



# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **SEDE LATACUNGA**

### **CARRERA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ECOLÓGICO DE CONTROL  
Y MONITOREO DEL PROCESO DE INYECCIÓN DE AGUA DE  
FORMACIÓN PARA PLATAFORMAS DE EXTRACCIÓN DE  
CRUDO”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
ELECTRÓNICO EN INSTRUMENTACIÓN**

**ELENA DEL ROCÍO PROAÑO OÑA  
WILMER GABRIEL QUISHPE ANDRADE**

**Latacunga, Febrero 2009**

## **CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente proyecto de grado fue desarrollado en su totalidad por los señores ELENA DEL ROCÍO PROAÑO OÑA y WILMER GABRIEL QUISHPE ANDRADE previo a la obtención del Título de Ingeniero Electrónico en Instrumentación, bajo nuestra supervisión.

---

Ing. José Bucheli  
DIRECTOR DE PROYECTO

---

Ing. Fausto Tapia  
CODIRECTOR DE PROYECTO

## AGRADECIMIENTO

A Dios.

Por permitirnos llegar a este momento tan especial en nuestras vidas. Por los triunfos y los momentos difíciles que nos han enseñado a valorarte cada día más.

A nuestras Madres.

Por habernos educado y soportado nuestros errores. Gracias a sus consejos, por el amor que siempre nos han brindado, por cultivar e inculcar ese sabio don de la responsabilidad.

¡Gracias por darnos la vida!

A nuestros Padres.

A quienes les debemos todo en la vida, les agradecemos el cariño, la comprensión, la paciencia y el apoyo que nos brindaron para culminar nuestra carrera profesional.

A nuestros Hermanos

Por que siempre hemos contado con ellos para todo, gracias a la confianza que siempre nos han tenido; por el apoyo y amistad.

¡Gracias!

A nuestros Familiares.

Gracias a todos nuestros sobrinos que directamente nos impulsaron para llegar hasta este lugar, a todos nuestros familiares que nos resulta muy difícil poder nombrarlos en tan poco espacio, sin embargo ustedes saben quienes son.

A nuestros maestros.

Gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que nos transmitieron en el desarrollo de nuestra formación profesional.

A nuestros amigos.

Que gracias al equipo que formamos logramos llegar hasta el final del camino y que hasta el momento, seguimos siendo amigos.

A la Escuela Politécnica de Ejército sede Latacunga y en especial a la Carrera de Ingeniería Electrónica que nos dieron la oportunidad de ser parte de ellas.

*Wilmer y Elena.*

## DEDICATORIA

A mis padres.

A quienes me han heredado el tesoro más valioso que puede dársele a un hijo: amor. A quienes sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme. A quienes la ilusión de su vida ha sido convertirme en persona de provecho. A quienes nunca podré pagar todos sus desvelos ni aún con las riquezas más grandes del mundo.

Por esto y más... Gracias.

*Elena del Rocío.*

A mis padres.

Porque gracias a su cariño, guía y apoyo he llegado a realizar uno de los anhelos más grandes de mi vida, fruto del inmenso apoyo, amor y confianza que en mi se depositó y con los cuales he logrado terminar mis estudios profesionales que constituyen el legado más grande que pudiera recibir y por lo cual les viviré eternamente agradecido, quiero que sientan que el objetivo logrado también es de ustedes y que la fuerza que me ayudo a conseguirlo fue su apoyo.

*Wilmer Gabriel.*

# CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
1. FUNDAMENTOS GENERALES.....	1
1.1. ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. PRINCIPIO DE OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL PROCESO...	2
1.2.1. Re-inyección del agua.....	3
1.2.2. AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.....	5
1.2.3. Razones para la automatización.....	5
1.2.4. Tipos de automatización industrial.....	6
1.2.5. Autómatas programables.....	7
1.2.6. Ventajas.....	8
1.2.7. Estructura interna.....	9
1.2.8. Software para la programación.....	17
1.2.9. Ciclo de funcionamiento.....	18
1.2.10. Lenguajes de programación.....	18
1.3. INSTRUMENTACIÓN.....	20
1.3.1. Elementos de medición y transmisión.....	21
1.3.2. Característica de los instrumentos.....	22
1.3.3. Clasificación de los instrumentos.....	23
1.3.4. Medidores de nivel.....	24
1.3.5. Medidores de Presión.....	31
1.3.6. Medidores de Caudal.....	34
1.4. INTERFAZ HMI/SCADA.....	40
1.4.1. Interfaz HMI.....	40
1.4.2. SCADA.....	40
1.4.3. Arquitectura de los Sistemas SCADA.....	41
1.4.4. Necesidad de un Sistema SCADA.....	41
1.4.5. Funciones de un Sistema SCADA.....	42
1.4.6. Conceptos asociados a un Sistema SCADA.....	42
1.5. REDES INDUSTRIALES.....	44
1.5.1. Niveles Jerárquicos del SCADA.....	45

1.5.2. Topologías de red.....	46
1.5.3. Protocolo.....	49
1.5.4. Modelo OSI.....	50
1.5.5. Buses de Comunicación Industrial.....	53
1.5.6. Algunos buses estandarizados.....	54
CAPÍTULO II.....	58
2. ANÁLISIS Y DISEÑO.....	58
2.1. ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DEL SISTEMA.....	59
2.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA.....	61
2.3. ARQUITECTURA DEL SISTEMA.....	64
2.4. SELECCIÓN DE COMPONENTES.....	66
2.4.1. Selección de motores eléctricos.....	66
2.4.2. Selección de transmisores.....	69
2.5. DISEÑO, CONFIGURACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL PLC.....	77
2.5.1. Diseño de la CPU.....	82
2.5.2. Diseño de los módulos de entradas discretas.....	83
2.5.3. Diseño de los módulos de salidas discretas.....	83
2.5.4. Diseño de los módulos de entradas analógicas.....	84
2.5.5. Diseño de la fuente de alimentación.....	85
2.6. DISEÑO DE LOS PLANOS ELÉCTRICOS Y DE INSTRUMENTACIÓN.....	85
2.6.1. Diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID).....	85
2.6.2. Plano de localización de instrumentos.....	86
2.6.3. Diagrama de bloques del panel eléctrico.....	86
2.6.4. Diseño del panel de control.....	87
2.6.5. Plano de localización de paneles.....	87
2.6.6. Diagrama de terminales eléctricos.....	88
2.6.7. Circuito eléctrico de potencia y control de motores.....	89
2.6.8. Diagrama de lazo de instrumentos.....	89
2.7. DISEÑO DEL SOFTWARE DE CONTROL.....	90
2.7.1. Alarmas.....	90

2.7.2. Permisivos de las bombas.....	92
2.7.3. Timers.....	92
2.7.4. Analog Input.....	92
2.7.5. Digital Input.....	92
2.7.6. Digital Output.....	93
2.7.7. Pumps.....	93
2.7.8. Tanks.....	93
2.8. DISEÑO DEL LAS INTERFASES HMI.....	94
2.8.1. Pantalla Principal.....	95
2.8.2. Pantalla de selección.....	95
2.8.3. Pantalla de fijación de alarmas de nivel.....	96
2.8.4. Pantalla de fijación de alarmas de presión.....	97
2.8.5. Pantalla de históricos.....	98
CAPITULO III.....	100
3. PRUEBAS EXPERIMENTALES .....	100
3.1. DETALLES DE CONSTRUCCIÓN.....	100
3.2. MEDICIÓN Y PRUEBAS EXPERIMENTALES.....	105
3.3. CALIBRACIÓN E INSTALACIÓN DE INSTRUMENTOS.....	113
3.4. PRUEBAS DE CONDUCTIVIDAD Y RESISTENCIA DE AISLAMIENTO	114
3.5. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	117
3.6. ANÁLISIS TÉCNICO FINANCIERO.....	118
CAPITULO IV.....	124
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	124
4.1. CONCLUSIONES.....	124
4.2. RECOMENDACIONES.....	126
BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES.....	128

## **ANEXOS**

- A. Glosario de términos
- B. Planos eléctricos y de instrumentación
  - B1. Diagramas de tuberías e instrumentación (P&ID)
  - B2. Plano de localización de instrumentos
  - B3. Diagrama de bloques del Panel Eléctrico
  - B4. Diseño del Panel de Control
  - B5. Plano de localización de Paneles
  - B6. Diagrama de terminales eléctricos
  - B7. Circuito eléctrico de Potencia y control de motores
  - B8. Diagramas de lazo de instrumentos
  - B9. Lista de componentes
- C. Listado del Programa del PLC
- D. Procedimiento Paso a Paso de arranque y operación de los equipos
- E. Hojas de especificaciones técnicas

# INTRODUCCIÓN

La Instrumentación y Control, como especialidad de Ingeniería, es aquella parte de la ingeniería que es responsable de definir el nivel de automatización de cualquier planta de proceso e instalación industrial, la instrumentación de campo y el sistema de control para un buen funcionamiento del proceso, dentro de la seguridad para los equipos y personas, de acuerdo a la planificación y dentro de los costos establecidos y manteniendo la calidad.

Los procesos industriales exigen el control de la fabricación de los diversos productos obtenidos. Los procesos son muy variados y abarcan muchos tipos de productos como pueden ser derivados del petróleo, agua, vapor, gases, ácidos, pasta para producir papel, etc. teniendo todos ellos la necesidad de ser medidos y controlados.

El presente proyecto constituye el diseño general para el sistema de control automático y monitoreo que se lleva a cabo para asegurar el proceso de inyección de agua de formación, que cumpla con los requerimientos establecidos desde que el agua ingresa a los tanques de almacenamiento hasta que ésta es inyectada al pozo de evacuación (pozo vacío de extracción anterior); con el objetivo de implementar un sistema ecológico en plataformas de extracción de crudo.

Para el efecto el proyecto se ha dividido en cuatro capítulos, que se describen a continuación:

En el capítulo I se describe el marco teórico referente a principios, leyes, definiciones y nomenclaturas propias del proceso existente en el sistema de inyección de agua de formación, y demás aspectos relacionados con proyectos de automatización industrial.

En el capítulo II se detalla el aporte de los autores, correspondiente al análisis y diseño del proyecto, acogida de la teoría de ingeniería conceptual, básica, y de detalle, caracterizándose por el diseño, implementación y construcción, involucrando el desarrollo de software.

En el capítulo III se detallan los resultados obtenidos y las pruebas experimentales a las que fue sometida la estación de inyección de agua, para ratificar el óptimo funcionamiento del sistema implementado.

Finalmente en el capítulo IV se exponen las conclusiones y recomendaciones obtenidas durante el desarrollo del proyecto, que podrán aportar con futuros trabajos de similares requerimientos.

En los anexos se describe el glosario de términos, los planos eléctricos y de instrumentación, listado de programa del PLC, procedimiento paso a paso de arranque y operación de los equipos y hojas de especificaciones técnicas de equipos.

# **CAPÍTULO I**

## **FUNDAMENTOS**

### **1.1.- ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Durante el proceso de extracción junto con el petróleo crudo salen además agua de formación (agua con sales y metales pesados tóxicos) y gas. Para reducir el impacto ambiental, el agua de formación puede ser devuelta al pozo, y así se queda donde estaba, debajo de la tierra. A este proceso se le llama "reinyectar el agua de formación". Los impactos ambientales se producen ya sea debido a derrames accidentales de esta agua o en un vertido irracional al medio ambiente. El agua de formación presente en los yacimientos de petróleo, una vez extraída a la superficie, resulta sumamente tóxica para el medio ambiente y para la salud humana.

La estación de inyección de agua en plataformas de producción de crudo está compuesta por dos tanques de almacenamiento de 500 barriles cada uno, 2 bombas booster y 2 bombas de inyección, las bombas están impulsadas por motores eléctricos que están

alimentados desde arrancadores ubicados en el MCC (Centro de Control de Motores), en estos arrancadores se tiene un selector manual automático (HoA) que permite seleccionar si el arranque es desde el campo (Manual) o desde un PLC (Automático).

La operación de la estación en la actualidad se la realiza sólo de forma manual, un operador cuida del funcionamiento de la planta, visualiza el nivel de líquido existente en los tanques mediante una regleta que se encuentra colocada en uno de estos, de acuerdo a esa medida el operador encenderá o apagará tanto las bombas booster como las bombas de inyección desde unos pulsadores ubicados en campo.

Dada la necesidad de preservar el medio ambiente, tener un registro del estado de las bombas, las presiones de cada una de ellas, el nivel de líquido existente en los tanques y las alarmas que este sistema puede dar, se hace necesario la utilización de instrumentación electrónica y el control de este proceso mediante una interfaz HMI que permita el manejo de la estación de forma automática y evite las fallas que pueden producirse por errores de visualización del operador.

## **1.2.- PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DEL PROCESO**

El petróleo es un líquido oleoso de origen natural compuesto por diferentes sustancias orgánicas. Se encuentra en grandes cantidades bajo la superficie terrestre y se emplea como combustible y materia prima para la industria química. El petróleo y sus derivados se emplean para fabricar medicinas, fertilizantes, productos alimenticios, objetos de plástico, materiales de construcción, pinturas o textiles y para generar electricidad<sup>1</sup>.

Generalmente, el fluido obtenido de los depósitos de petróleo mediante perforación, consiste en una mezcla de petróleo, gas natural, agua salada conteniendo tanto sólidos disueltos como en suspensión. Los sólidos en suspensión suelen consistir en arenas, arcillas, sales y minerales del depósito<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> <http://www.monografias.com/Quimica/index.shtml>.

<sup>2</sup> <http://www.w3c.org/TR/1999/REC-html401-19991224/loose.dtd>

Una vez en la superficie, el gas, petróleo y agua producidos desde los pozos de petróleo son separados en varias etapas. Por su composición el agua de formación presente en los yacimientos de petróleo, una vez extraída a la superficie, resulta sumamente tóxica para el medio ambiente. En la figura 1.1 se muestra el esquema básico de la extracción del petróleo.

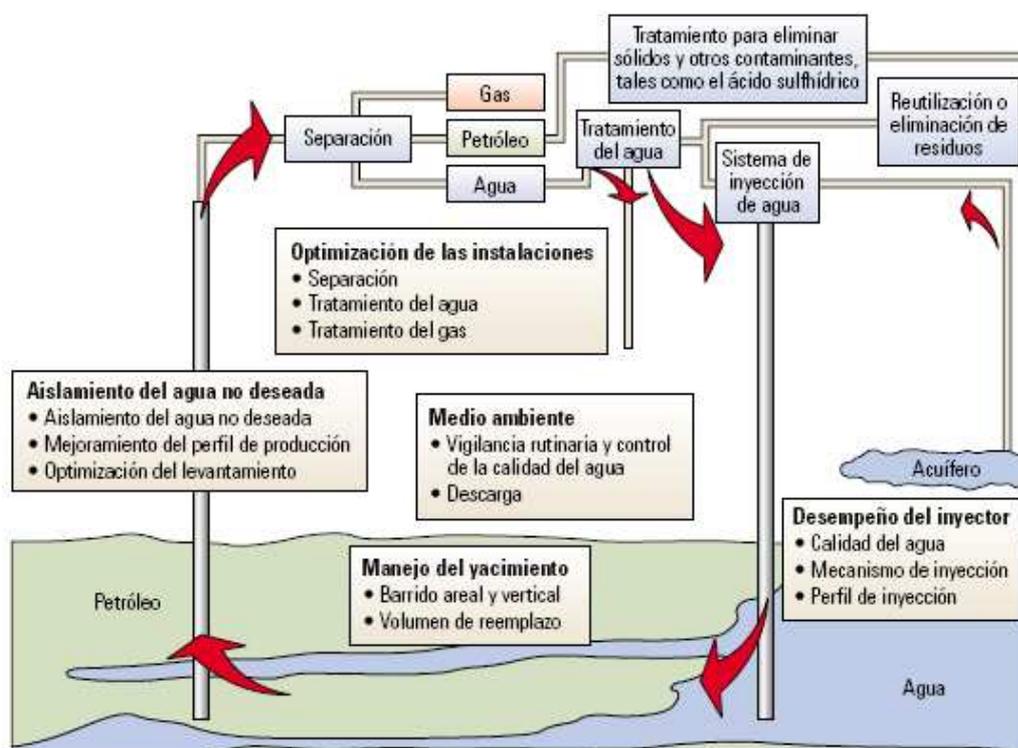


Figura 1.1. Esquema básico de la extracción de petróleo.

Los impactos ambientales se producen, ya sea debido a derrames accidentales de esta agua, o en un vertido irracional al medio ambiente que toman contacto con los terrenos y fuentes de agua dulce circundantes. Existen dos procedimientos para su eliminación: tratamiento y vertido a las aguas superficiales e inyección en una formación del subsuelo adecuada<sup>3</sup>.

### 1.2.1.- RE-INYECCIÓN DE AGUA

La totalidad del agua de formación, de proceso y aguas grises y negras, se reinyectarán a profundidad en la misma formación del reservorio, evitando la posibilidad de contaminación de aguas superficiales.

<sup>3</sup> <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=575>

El procedimiento operativo se da inicialmente con la llegada del agua, que pasa primero por dos tanques (pulmón vertical) que sirven de amortiguadores de las oscilaciones de presión, estabilizándola, aquí el flujo llega a una presión determinada, la bomba de inyección, la eleva venciendo la presión de la formación e inyectando el agua a través de los poros de la misma. La figura 1.2 muestra un esquema de reinyección de agua en campos petroleros. Los tanques cuentan con una regleta vertical que sirve para medir el nivel de líquido contenido en ellos.

El agua a reinyectar previamente llega a dos tanques de almacenamiento, al momento de que estos están con un nivel alto se procede a evacuar el agua, lo cual se lo realiza mediante dos bombas denominadas Booster que succionan el agua con una presión baja para después pasar por una de las dos bombas de inyección que incrementan dicha presión y dirige el líquido hacia los pozos destinados para la re-inyección de agua, las bombas de inyección trabajan alternadamente (una en operación y la otra en stand by), para mantener la presión en toda la línea desde la batería hasta el pozo, las bombas están impulsadas por motores eléctricos que están alimentados desde arrancadores ubicados en el MCC (Centro de Control de motores).

Se resalta que la operación de la estación en la actualidad se la realiza de forma manual, un operador cuida del funcionamiento de la planta, visualiza el nivel de líquido existente en los tanques mediante una regleta que se encuentra colocada en uno de estos, de acuerdo a esa medida el operador encenderá o apagará tanto las bombas booster como las bombas de inyección desde unos pulsadores ubicados en campo.

Después del proyecto se tendrá en forma automática, el sistema de inyección de agua será monitoreado por un HMI, cuando el nivel de los tanques de almacenamiento se encuentren en alto, una bomba de succión y una bomba de inyección se accionarán de esta forma descargando el agua hacia el pozo hasta que el nivel de los tanques sea bajo, cada bomba tendrá un transmisor tanto a la succión como a la descarga de sí mismo para sensor la presión.

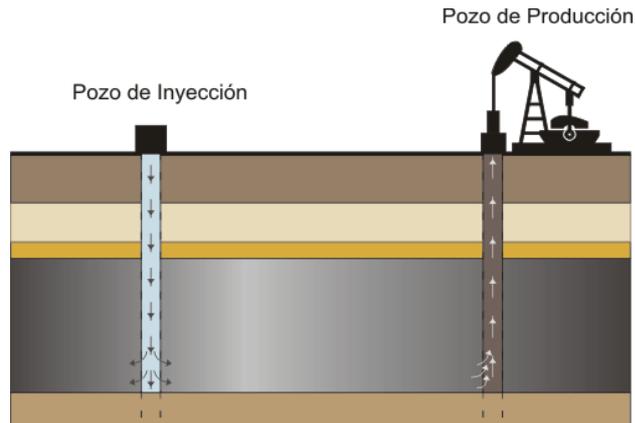


Figura 1.2. Esquema de reinyección de agua en campos petroleros.

### 1.3.- AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Es el uso de sistemas o elementos computarizados para controlar maquinarias y/o procesos industriales substituyendo a operadores humanos. El alcance va más allá que la simple mecanización de los procesos ya que ésta provee a operadores humanos mecanismos para asistirlos en los esfuerzos físicos del trabajo, la automatización reduce ampliamente la necesidad sensorial y mental del humano. La automatización como una disciplina de la ingeniería es más amplia que un mero sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores y transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistema de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.

En el contexto industrial, la automatización es una tecnología que está relacionada con el empleo de sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos, neumáticos, hidráulicos, basados en la informática, en la operación y control de la producción.

#### 1.3.1.- RAZONES PARA LA AUTOMATIZACIÓN<sup>4</sup>

Los aspectos más importantes que se deben tomar en cuenta para realizar una automatización industrial de cualquier proceso se detallan a continuación:

<sup>4</sup> [http://academic.uprm.edu/lrosario/page/4055\\_clases/automatico.htm](http://academic.uprm.edu/lrosario/page/4055_clases/automatico.htm)

- Reduce los gastos de mano de obra directos en un porcentaje alto según el grado de automatización.
- Puesto que los productos son más competitivos aumentan los beneficios; es decir, se reduce costes se puede fabricar más barato y por lo tanto aumentar las ventas.
- Aumenta la capacidad de producción de la instalación utilizando las mismas máquinas y los trabajadores.
- Aumenta la calidad de producción ya que las máquinas automáticas son más precisas.
- Mejora el control de la producción ya que pueden introducir sistemas automáticos de verificación.
- Permite programar la producción.
- A mediano y a largo plazo, y gracias a la constancia y a la uniformidad de la producción se garantizan plazos de entrega más fiables.
- Se reduce las incidencias laborales puesto que las máquinas automáticas realizan todo tipo de trabajos peligrosos para el hombre.

### 1.3.2.- TIPOS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL<sup>5</sup>

#### a. Fija

Se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto y por tanto se puede justificar económicamente el alto costo del diseño de equipo especializado para procesar el producto, con un rendimiento alto y tasas de producción elevadas, el inconveniente de la automatización fija es su ciclo de vida que va de acuerdo a la vigencia del producto en el mercado.

#### b. Programable

Se emplea cuando el volumen de producción es relativamente bajo y hay una diversidad de producción a obtener. En este caso el equipo de producción es diseñado para adaptarse a las variaciones de configuración del producto, ésta adaptación se realiza por medio de un programa (Software).

---

<sup>5</sup> <http://www.control-systems.net/recursos/glosario/a.htm>

### **c. Flexible**

Es más adecuada para un rango de producción medio. Estos sistemas flexibles poseen características de la automatización fija y de la automatización programada. Los sistemas flexibles suelen estar constituidos por una serie de estaciones de trabajo interconectadas entre sí por sistemas de almacenamiento y manipulación de materiales, controlados en su conjunto por una computadora.

### **1.3.3.- AUTÓMATAS PROGRAMABLES<sup>6</sup>**

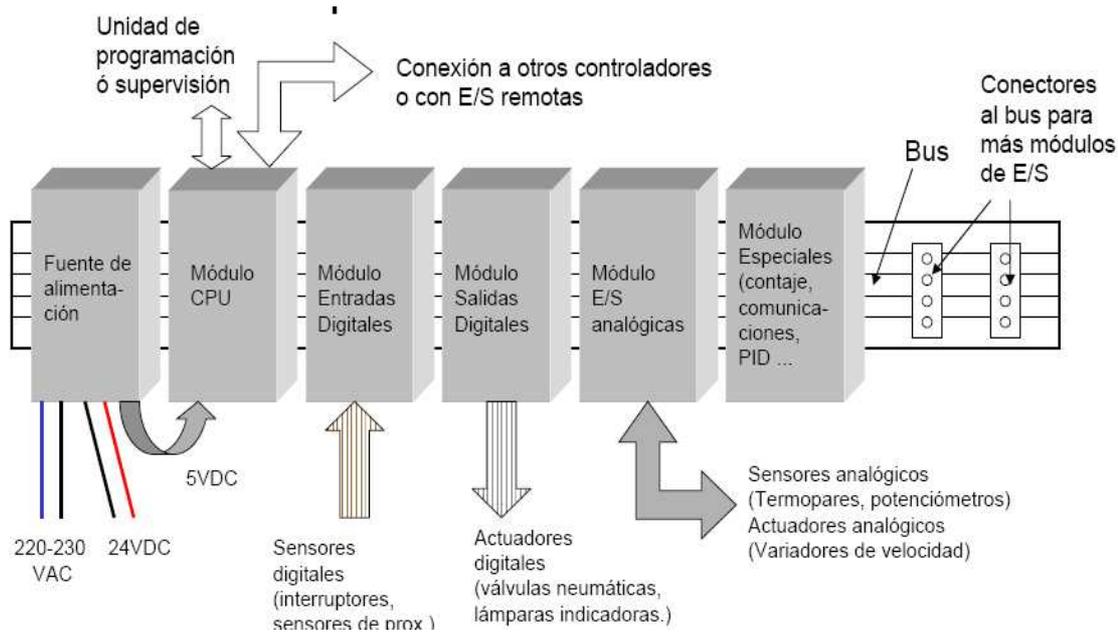
Los autómatas programables ya no se pueden definir solamente como los controladores de máquinas secuenciales, que ejecutan un programa en lenguaje de estados. En la última década en el campo de la Automatización Industrial se ha incorporado toda una gama de nuevas funcionalidades, que han superado el tradicional concepto de controlador secuencial, para pasar a realizar funciones especializadas como regulación de procesos continuos, comunicación mediante redes industriales, incorporar novedosos sistemas de cableado distribuido mediante los buses de campo. Realiza funciones lógicas: series, paralelos, temporizaciones, contajes y otras más potentes como cálculos, regulaciones, etc.

Otra definición de autómata programable sería una “caja” en la que existen, por una parte, unos terminales de entrada (o captadores) a los que se conectan pulsadores, finales de carrera, fotocélulas, detectores, etc.; y por otra, unos terminales de salida (o actuadores) a los que se conectarán bobinas de contactores, electroválvulas, lámparas, etc., de forma que la actuación de estos últimos está en función de las señales de entrada que estén activadas o desactivadas en cada momento según la evolución del programa almacenado.

La función básica de los autómatas programables es la de controlar los procesos; es decir, la relación entre las señales de entrada que se tienen que cumplir para activar cada salida, puesto que los elementos tradicionales (como relés auxiliares, de enclavamiento, temporizadores, contadores...) son internos.

---

<sup>6</sup> [http://pdf.rincondelvago.com/automatas-programables\\_2.html](http://pdf.rincondelvago.com/automatas-programables_2.html)



**Figura 1.3 Esquema de conexión del PLC.**

Los autómatas son equipos electrónicos de cableado interno independiente del proceso a controlar (hardware). Un autómata se integra a la máquina o instalación a controlar mediante un programa que define la solución de las operaciones que se desea (software) y de un cableado directo a los elementos de entrada y de salida del autómata (ver figura 1.3).

#### 1.3.4.- VENTAJAS DE LOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES<sup>7</sup>

- a) Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:
  - Debido a la alta capacidad de almacenamiento en el módulo de memoria, el PLC puede contener programas extensos.
  - La lista de materiales (contactores, relés, etc.) queda sensiblemente reducida y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega, etc.
- b) Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado y añadir aparatos.
- c) Mínimo espacio de ocupación.
- d) Economía de mantenimiento; además de aumentar la fiabilidad del sistema al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden detectar e indicar averías.
- e) Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.

<sup>7</sup> <http://www.oni.escuelas.edu.ar/2001/bs-as/hombre-vs-maquina/automa.htm>

- f) Menor tiempo para la puesta de funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado una vez realizada la programación.
- g) Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sería útil para otra máquina o sistema de producción.

### 1.3.5.- ESTRUCTURA INTERNA<sup>8</sup>

La configuración básica de un Controlador Lógico Programable ò PLC (ver figura 1.4) consta de las partes siguientes:

- Fuente de alimentación.
- Unidad Central de Procesamiento (CPU).
- Unidades de Entrada/Salida (E/S).
- Consola de programación e interfaces.

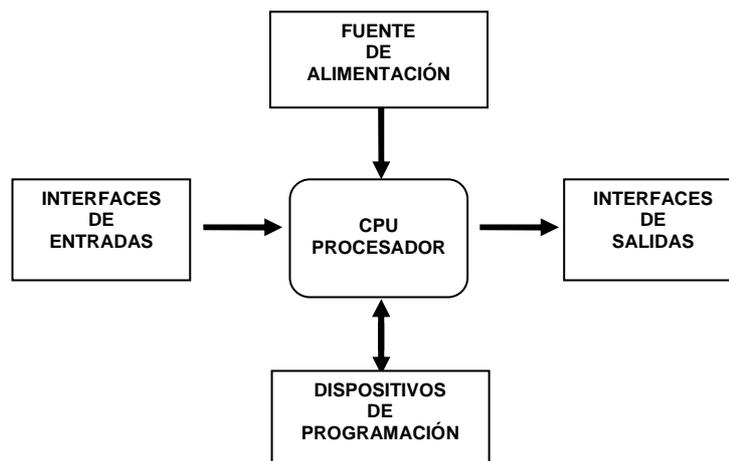


Figura 1.4 Diagrama de bloques de la estructura interna de un PLC.

#### a) Fuente de alimentación

La fuente de alimentación proporciona las tensiones necesarias para el funcionamiento de los distintos circuitos del Controlador Lógico Programable.

La alimentación a la CPU puede ser continua a 24 Vcc, tensión muy frecuente en cuadros de distribución o alterna a 110/220 Vca. En cualquier caso es la propia CPU la que alimenta las interfaces conectadas a través del bus interno.

<sup>8</sup> [http://www.grupo-maser.com/PAG\\_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC.htm](http://www.grupo-maser.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC.htm)

La fuente de alimentación del autómata puede incorporar una batería tampón, que se utiliza para el mantenimiento de algunas posiciones internas y del programa usuario en memoria RAM, cuando falla la alimentación o se apaga el autómata.

Con frecuencia, las fuentes son de tipo conmutadas, cuyas principales características son un peso y tamaño reducidos y un amplio rango de tensión de entrada. A esto se añade toda la electrónica que realiza las funciones de protección, regulación e inclusive gestión de alarmas y estado de la fuente.

#### **b) Unidad Central de Procesamiento (CPU)**

La CPU (Unidad Central de Procesamiento) es la parte inteligente del sistema. Interpreta las instrucciones del programa de usuario y consulta el estado de las entradas, dependiendo de dichos estados y del programa, ordena la activación de las salidas deseadas.

La CPU está constituida por los siguientes elementos:

- 1. Procesador.** Es por decirlo de alguna manera, el cerebro de la unidad, permite el procesamiento de información numérica, es decir, información ingresada en formato binario, así como la ejecución de instrucciones almacenadas en la memoria. El microprocesador es un circuito integrado, que realiza una gran cantidad de operaciones, que se puede agrupar en:
  - Operaciones de tipo lógico.
  - Operaciones de tipo aritmético.
  - Operaciones de control de la transferencia de información dentro del autómata.
  
- 2. Memoria monitor del sistema.** Es una memoria de tipo ROM; además, del sistema operativo del autómata contiene las siguientes rutinas, incluidas por el fabricante:
  - Inicialización tras puesta en tensión o reset.
  - Rutinas de test y de respuesta a error de funcionamiento.
  - Intercambio de información con unidades exteriores.
  - Lectura y escritura en las interfaces de entrada/salida.

**3. Memoria de usuarios.** La memoria es el almacén donde el autómata guarda todo cuanto necesita para ejecutar la tarea de control.

Datos del proceso:

- Señales de planta, entradas y salidas.
- Variables internas, de bit y de palabra.
- Datos alfanuméricos y constantes.

Datos de control:

- Instrucciones de usuario (programa).
- Configuración del autómata (modo de funcionamiento, número de E/S conectadas).

Existen varios tipos de memorias:

- **RAM.** Memoria de lectura y escritura. Se utiliza principalmente como memoria interna y únicamente como memoria de programa en el caso de que pueda asegurarse el mantenimiento de los datos con una batería exterior.
- **ROM.** Memoria de solo lectura, no reprogramable. Se utiliza para almacenar el programa monitor del sistema.
- **EPROM.** Memoria de solo lectura, reprogramables con borrado por ultravioletas. Se utilizan para almacenar el programa de usuario, una vez que ha sido convenientemente depurada.
- **EEPROM.** Memoria de solo lectura, alterables por medios eléctricos. Se emplean principalmente para almacenar programas, aunque en la actualidad es cada vez más frecuente el uso de combinaciones RAM + EEPROM, utilizando éstas últimas como memorias de seguridad que salvan el contenido de las RAM. Una vez reanudada la alimentación, el contenido de la EEPROM se vuelca sobre la RAM.
- **FLASH.** Son una evolución de las memorias EEPROM que permiten que múltiples posiciones de memoria sean escritas o borradas en una misma operación mediante impulsos eléctricos. Por esta razón, este tipo de memorias funcionan a velocidades muy superiores cuando los sistemas emplean lectura y escritura al mismo tiempo.

- 4. Memoria interna.** En un autómata programable, la memoria interna es aquella que almacena el estado de las variables que maneja el autómata: entradas, salidas, contadores, relés internos, señales de estado, etc. Esta memoria interna se encuentra dividida en varias áreas, cada una de ellas con un cometido y características distintas.

La clasificación de la memoria interna no se realiza atendiendo a sus características de lectura y escritura, sino por el tipo de variables que almacena y el número de bits que ocupa la variable, pueden ser consultadas y modificadas continuamente por el programa, cualquier número de veces.

#### **5. Memoria de programa**

La memoria de programa, normalmente externa y enchufable a la Unidad Central de Procesamiento, almacena el programa escrito por el usuario para su aplicación. Cada instrucción del usuario ocupa un paso o dirección del programa.

La ejecución del programa en el módulo es siempre prioritaria, de forma que si se da tensión al autómata con un módulo conectado, la Unidad Central de Procesamiento ejecuta su programa y no el contenido en memoria RAM interna.

### **c) Unidades de entrada y salida (E/S)**

#### **Módulos de entrada**

Es al que se unen los captadores (interruptores, finales de carrera, pulsadores, etc.). Cada cierto tiempo el estado de las entradas se transfiere a la memoria imagen de entrada. La información recibida en ella, es enviada a la Unidad Central de Procesamiento para ser procesada de acuerdo a la programación.

Se pueden diferenciar dos tipos de captadores conectables al módulo de entradas:

#### **1. Entradas digitales**

Los módulos de entrada digitales permiten conectar al autómata, captadores de tipo todo o nada como finales de carrera y pulsadores.

Los módulos de entrada digitales trabajan con señales de tensión, por ejemplo cuando por una vía llegan 24 V se interpreta como un "1" y cuando llegan 0 V se interpreta como un "0".

El proceso de adquisición de la señal digital consta de varias etapas:

- Protección contra sobretensiones.
- Filtrado.
- Puesta en forma de la onda.
- Aislamiento galvánico o por optoacoplador.

## **2. Entradas analógicas**

Los módulos de entrada analógicas permiten que los autómatas programables trabajen con accionadores de mando analógico y lean señales de tipo analógico como pueden ser la temperatura, la presión o el caudal.

Los módulos de entradas analógicas convierten una magnitud analógica en un número que se deposita en una variable interna del autómata. Lo que realiza es una conversión análogo/digital, puesto que el autómata sólo trabaja con señales digitales; esta conversión se realiza con una precisión o resolución determinada (número de bits) y cada cierto intervalo de tiempo (periodo muestreo). Los módulos de entrada analógica pueden convertir y digitalizar información de tensión o intensidad.

El proceso de adquisición de la señal analógica consta de varias etapas:

- Filtrado.
- Conversión A/D.
- Memoria interna.

## **Módulos de salida**

Son los encargados de activar y desactivar los actuadores (bobinas de contactores, lámparas, motores pequeños,...)

La información enviada por las entradas a la CPU, una vez procesada, se pasa a la memoria imagen de salidas, de donde se envía a la interface de salidas para que estas sean activadas y a la vez los actuadores que en ellas están conectados trabajen.

Se pueden diferenciar dos tipos de captadores conectables al módulo de salidas:

### **1. Salidas digitales**

Un módulo de salida digital permite al autómata programable actuar sobre los preaccionadores y accionadores que admitan órdenes de tipo todo o nada.

Según el tipo de proceso a controlar por el autómata se utiliza diferentes módulos de salidas. Existen tres tipos bien diferenciados:

- A relés: son usados en circuitos de corriente continua y corriente alterna. Están basados en la conmutación mecánica, por la bobina del relé, de un contacto eléctrico normalmente abierto.
- A triac: se utilizan en circuitos de corriente continua y corriente alterna que necesitan maniobras de conmutación muy rápidas.
- A transistores a colector abierto: son utilizados en circuitos que necesiten maniobras de conexión / desconexión muy rápidas. El uso de este tipo de módulos es exclusivo de los circuitos de corriente continua.

Los módulos de salidas estáticos al suministrar tensión, sólo pueden actuar sobre elementos que trabajan todos a la misma tensión, en cambio los módulos de salida electromecánicos, al ser libres de tensión, pueden actuar sobre elementos que trabajen a tensiones distintas.

El proceso de envío de la señal digital consta de varias etapas:

- Puesta en forma.
- Aislamiento.
- Circuito de mando.
- Protección electrónica.
- Tratamiento cortocircuitos.

## **2. Salidas analógicas**

Los módulos de salida analógica permiten que el valor de una variable numérica interna del autómata se convierta en tensión o intensidad.

Lo que realiza es una conversión digital/análogo, puesto que el autómata sólo trabaja con señales digitales. Esta conversión se realiza con una precisión o resolución determinada (número de bits) y cada cierto intervalo de tiempo (periodo muestreo).

Esta tensión o intensidad puede servir de referencia de mando para actuadores que admitan control analógico como pueden ser los variadores de velocidad, las etapas de los tiristores de los hornos, reguladores de temperatura, permitiendo al autómata realizar funciones de regulación y control de procesos continuos.

El proceso de envío de la señal analógica consta de varias etapas:

- Aislamiento galvánico.
- Conversión digital/análogo.
- Circuitos de amplificación y adaptación.
- Protección electrónica de la salida.

### **d) Terminal de programación**

El terminal o consola de programación es el que permite comunicar al operario con el sistema.

Las funciones básicas de éste son las siguientes:

- Transferencia y modificación de programas de usuario.
- Verificación de la programación.
- Información del funcionamiento de los procesos.

El sistema de programación permite, mediante las instrucciones del autómata, confeccionar el programa de usuario. Posteriormente el programa realizado, se transfiere a la memoria de programa de usuario.

La programación del autómata consiste en el establecimiento de una sucesión ordenada de instrucciones, escritas en un lenguaje de programación concreto. Estas instrucciones están disponibles en el sistema de programación y resuelven el control de un proceso determinado.

Las funciones específicas de los tipos de programación son las siguientes:

- Escritura del programa de usuario, directamente en la memoria del autómata o en la memoria auxiliar del mismo equipo.
- Edición y documentación del programa o aplicación.
- Almacenamiento y gestión del programa o bloques del programa.
- Transferencias de programas desde y hacia el Controlador Lógico Programable.
- Gestión de errores del Controlador Lógico Programable, con identificación de los mismos, ayudas para su localización y corrección y reinicialización del sistema.

Además, es muy frecuente encontrar funciones adicionales como:

- Puesta en marcha y detención del Controlador Lógico Programable.
- Monitorización del funcionamiento sobre variables seleccionadas.
- Forzado de variables binarias o numéricas y preselección de contadores, temporizadores y registros de datos.

#### **e) Periféricos**

Los periféricos facilitan la labor del operario sin intervenir directamente en el funcionamiento del Controlador Lógico Programable. Los más utilizados son:

- Grabadoras a casetes.
- Impresoras.
- Cartuchos de memoria.
- Visualizadores y paneles.
- Memorias EEPROM.

### **1.3.6.- SOFTWARE PARA LA PROGRAMACIÓN**

Los paquetes de software para programación de autómatas convierten un ordenador personal en un equipo de programación específico, aprovechando sus potentes recursos de interfaz con otros sistemas (impresoras, otros PC) y con el usuario (teclado, monitor). Esta opción (PC + software) constituye, junto con las consolas, prácticamente la totalidad de equipos de programación utilizados por los programadores de autómatas.

El paquete de programación se completa con la unidad externa de conexión que convierte y hace compatibles las señales físicas entre la salida serie estándar de PC (RS-232C, RS-422/485) y el puerto de conexión de la consola del autómata, canal usualmente utilizado también para la conexión con el PC.

### **1.3.7.- CICLO DE FUNCIONAMIENTO DEL AUTÓMATA PROGRAMABLE<sup>9</sup>**

El autómata está siempre repitiendo un ciclo, llamado ciclo de SCAN, que consiste en lo siguiente:

- Lee todas las entradas y almacena el estado de cada una de ellas.
- Ejecuta las operaciones del programa siguiendo el orden en que se han grabado.
- Escribe el resultado de las operaciones en las salidas.
- Una vez escritas todas las salidas (activando o desactivando las que el resultado de las operaciones así lo requieran) vuelve a repetir el ciclo.

Este ciclo de Scan (ver figura 1.5) se repetirá indefinidamente hasta que se coloque en la posición STOP el conmutador de la Unidad Central de Procesamiento o se apague.

---

<sup>9</sup> [http://www.unicrom.com/tut\\_PLC8.asp](http://www.unicrom.com/tut_PLC8.asp)

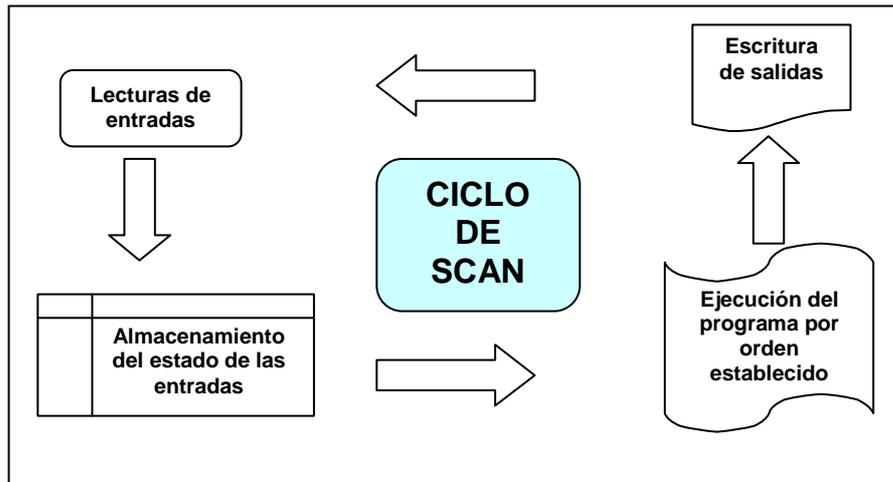


Figura 1.5 Ciclo de funcionamiento del Controlador Lógico Programable.

### 1.3.8.- LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN<sup>10</sup>

Cuando surgieron los autómatas programables, lo hicieron con la necesidad de sustituir a los enormes cuadros de maniobra contruidos con contactores y relés; por lo tanto, la comunicación hombre-máquina debería ser similar a la utilizada hasta ese momento. El lenguaje usado, debería ser interpretado con facilidad por los mismos técnicos electricistas que anteriormente estaban en contacto con la instalación.

Los software actuales permiten traducir el programa usuario de un lenguaje a otro, pudiendo así escribir el programa en el lenguaje que más convenga.

Existen varios tipos de lenguaje de programación:

#### a) Lenguajes por lista de instrucciones

Consiste en elaborar una lista de instrucciones o nemónicos que se asocian a los símbolos y su combinación en un circuito eléctrico a contactos. Este tipo de lenguaje es, en algunos los casos, la forma más rápida de programación e incluso la más potente.

Cada fabricante utiliza sus propios códigos y una nomenclatura distinta para nombrar las variables del sistema.

<sup>10</sup> <http://olmo.cnice.mecd.es/~jmarti50/automatas/auto3.htm>

## b) Esquema de contactos

Lenguaje Ladder, este lenguaje también llamado lenguaje de escalera permite crear programas con componentes similares a los elementos de un esquema de circuitos. Los programas se dividen en unidades lógicas pequeñas llamadas segmentos y el programa se ejecuta segmento a segmento, secuencialmente, también en un ciclo. El flujo de la señal va de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo.

Las operaciones se representan mediante símbolos gráficos, incluyen 3 formas básicas:

- **Contactos.-** representan condiciones lógicas de “entrada” o bits internos Ej.: interruptores, botones, condiciones internas, etc.
- **Bobinas.-** representan condiciones lógicas de “salida”, actuadores o bits internos.
- **Cuadros.-** representan operaciones adicionales tales como temporizadores, contadores u operaciones aritméticas.

## c) GRAFCET (Gráfico de Etapa Transición).

Ha sido especialmente diseñado para resolver problemas de automatismos secuenciales. Las acciones son asociadas a las etapas y las condiciones a cumplir a las transiciones. Este lenguaje resulta enormemente sencillo de interpretar por operarios sin conocimientos de automatismos eléctricos. Muchos de los autómatas que existen en el mercado permiten la programación en GRAFCET, tanto en modo gráfico o como por lista de instrucciones. También se puede utilizar para resolver problemas de automatización de forma teórica y posteriormente convertirlo a plano de contactos.

Está definido por unos elementos gráficos y unas reglas de evolución que reflejan la dinámica del comportamiento del sistema.

Todo automatismo secuencial o concurrente se puede estructurar en una serie de etapas que representan estados o subestados del sistema en los cuales se realiza una o más acciones, así como transiciones, que son las condiciones que deben darse para pasar de una etapa a otra.

Su principal ventaja es que los símbolos básicos están normalizados según normas NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos E.U.) y son empleados por todos los fabricantes.

**d) Diagramas de Funciones.**

Es una representación gráfica orientada a las puertas lógicas AND, OR y sus combinaciones. Las funciones individuales se representan con un símbolo, donde su lado izquierdo se ubica las entradas y en el derecho las salidas. Los símbolos usados son iguales o semejantes a los que se utilizan en los esquemas de bloques en electrónica digital. El estilo de representación en forma de puertas gráficas se adecúa especialmente para observar el flujo del programa.

**e) Texto Estructurado**

El Texto estructurado (ST), es un lenguaje poderoso de alto nivel, con sus raíces en Ada, Pascal y C. Contiene todos los elementos esenciales de un lenguaje de programación moderno, incluyendo selección del flujo de ejecución (IF-THENELSE y CASE OF) y lazos de iteración (FOR, WHILE y REPEAT), que pueden ser anidados. Este lenguaje resulta excelente para la definición de bloques de función complejos que pueden ser usados en cualquiera de los otros lenguajes.

## **1.4.- INSTRUMENTACIÓN<sup>11</sup>**

Se considera a la instrumentación como un conjunto de instrumentos o aquellas aplicaciones para el propósito de observación, medida, control o cualquier combinación de éstas. Además reconoce como instrumento a un dispositivo usado directa o indirectamente para medir y/o controlar una variable. Éste termino incluye elementos primarios, de control final, dispositivos eléctricos como switches y pulsadores<sup>12</sup>.

La instrumentación es el grupo de elementos que sirven para medir, controlar o registrar variables de un proceso con el fin de optimizar los recursos utilizados en éste. En otras

---

<sup>11</sup> [http://www.sapiensman.com/control\\_automatico/control\\_automatico7.htm](http://www.sapiensman.com/control_automatico/control_automatico7.htm)

<sup>12</sup> Definición Norma ISA 5.1-1984 "Instrument Symbol and Identification"

palabras, la instrumentación es la ventana a la realidad de lo que está sucediendo en determinado proceso, lo cual servirá para determinar si el mismo va encaminado hacia donde se desea y de no ser así, se utilizará la instrumentación para actuar sobre algunos parámetros del sistema y proceder de forma correctiva.

La instrumentación es lo que ha permitido el gran avance tecnológico de la ciencia actual, la automatización de los procesos industriales es solo posible a través de elementos que puedan sentir lo que sucede en el ambiente, para luego tomar una acción de control pre-programada que actúe sobre el sistema para obtener el resultado previsto.

#### **1.4.1.- ELEMENTOS DE MEDICIÓN Y TRANSMISIÓN**

Son los dispositivos que se encargan de transformar la variable de ingeniería (temperatura, por ejemplo) en una señal mecánica, eléctrica, etc. que puede ser usada por otros instrumentos (indicadores, controladores, registradores, etc.).

Estos dispositivos tienen dos partes:

- Elemento primario: es el que capta la variable a medir y produce cambios en propiedades físicas que luego puede transformarse en una señal.
- Elemento secundario: capta la señal elaborada por el elemento primario y la transforma en una salida (indicación por ejemplo) o genera una señal estandarizada que puede ser captada por otro instrumento en forma local o remota.

Estas dos partes pueden estar claramente separados como en el caso de un tubo Venturi (elemento primario) con transmisor de presión diferencial (elemento secundario) o bien ambos elementos están confundidos en un mismo dispositivo (medidor de presión tipo Bourdon con indicación de aguja).

Analizando las relaciones causa efecto, se puede representar a un medidor-transmisor como dos sistemas en serie tal como se representa en la figura 1.6.

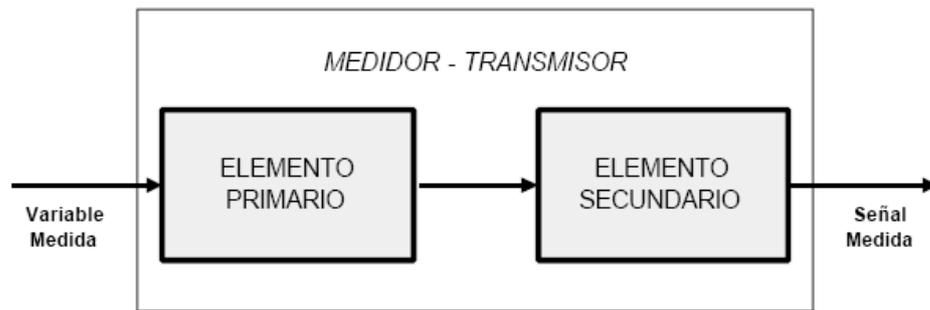


Figura 1.6 Esquema de un medidor - transmisor.

#### 1.4.2.- CARACTERÍSTICA DE LOS INSTRUMENTOS

De acuerdo con las normas SAMA (Scientific Apparatus Makers Association), Estándar PMC20.I-1973 “Process Measurement and Control Terminology”, las características de mayor importancia, para los instrumentos son:

- a. **Campo de medida o Rango.**- Es el conjunto de valores dentro de los límites superior e inferior de medida, en los cuales el instrumento es capaz de trabajar en forma confiable.
- b. **Alcance (Span).**- Es la diferencia entre el valor superior e inferior del campo de medida.
- c. **Error.**- Es la diferencia que existiría entre el valor que el instrumento indique que tenga la variable de proceso y el valor que realmente tenga esta variable en ese momento.
- d. **Precisión.**- Esto es la tolerancia mínima de medida que permitirá indicar, registrar o controlar el instrumento. En otras palabras, es la mínima división de escala de un instrumento indicador. Generalmente esta se expresa en porcentaje (%) del SPAN.
- e. **Zona muerta (Dead Band).**- Es el máximo campo de variación de la variable en el proceso real, para el cual el instrumento no registra ninguna variación en su indicación, registro o control.
- f. **Sensibilidad.**- Es la relación entre la variación de la lectura del instrumento y el cambio en el proceso que causa este efecto.
- g. **Repetitividad.**- Es la capacidad de un instrumento de repetir el valor de una medición, de un mismo valor de la variable real en una única dirección de medición.

- h. Histéresis.-** Similar a la repetibilidad, pero en este caso el proceso de medición se efectuara en ambas direcciones
- i. Campo de medida con supresión de cero.-** Es aquel rango de un instrumento cuyo valor mínimo se encuentra por encima del cero real de la variable.
- j. Campo de medida con elevación de cero.-** Es aquel rango de un instrumento cuyo valor mínimo se encuentra por debajo de cero de las variables.
- k. Campo de medida con elevación de cero.-** Es aquel rango de un instrumento cuyo valor mínimo se encuentra por debajo de cero de las variables.

#### 1.4.3.- CLASIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS

- a. Instrumentos indicadores:** son aquellos que indican directamente el valor de la variable de proceso. Ejemplos: manómetros, termómetros, etc.
- b. Instrumentos ciegos:** son los que cumplen una función reguladora en el proceso, pero no muestran nada directamente. Ejemplos termostatos, presostatos, etc.
- c. Instrumentos registradores:** realizan el histórico de la variable de proceso.
- d. Elementos primarios:** algunos elementos entran en contacto directo con el fluido o variable de proceso que se desea medir, con el fin de recibir algún efecto de este (absorben energía del proceso), y por este medio pueden evaluar la variable en cuestión. (placa orificio)
- e. Transmisores:** estos elementos reciben la variable de proceso a través del elemento primario, y la transmiten a algún lugar remoto. Estos transmiten las variables de proceso en forma de señales proporcionales a esas variables.
- f. Transductores:** son instrumentos fuera de línea (no en contacto con el proceso), que son capaces de realizar operaciones lógicas y/o matemáticas con señales de uno o más transmisores.
- g. Convertidores:** en ciertos casos, la señal de un transmisor para ser compatible con lo esperado por el receptor de esa señal, en ese caso se utilizara un elemento convertidor para lograr la antes mencionada compatibilidad de señal.
- h. Receptores:** son los instrumentos que generalmente son instalados en el panel de control, como interfase entre el proceso y el hombre. Estos reciben la señal de los transmisores o de un convertidor.

- i. Controladores:** este es uno de los elementos más importante, ya que será el encargado de ejercer la función de comparar lo que esta sucediendo en el proceso, con lo que realmente se desea que suceda en él, para posteriormente, en base a la diferencia, envíe una señal al proceso que tienda a corregir las desviaciones.
- j. Elemento final de control:** será este elemento quien reciba la señal del controlador y quien estando en contacto directo con el proceso en línea, ejerza un cambio en este, de tal forma que se cambien los parámetros hacia el valor deseado. Ejemplo: válvulas de control, compuertas, etc.

También interesa en la industria de procesos ciertas características físicas (densidad, viscosidad, etc.) y químicas (composición, conductividad, pH, etc.) que también se miden y controlan, pero en mucha menor escala.

#### **1.4.4.- MEDIDORES DE NIVEL<sup>13</sup>**

La medición de nivel se realiza con dos propósitos fundamentales: control de los márgenes de operación y seguridad, y determinación de la cantidad de producto contenida en un recipiente con propósitos de inventario.

Los medidores de nivel de líquidos trabajan midiendo, bien directamente la altura de líquido sobre una línea de referencia, bien la presión hidrostática, bien el desplazamiento producido en un flotador por el propio líquido contenido en el tanque del proceso, o bien aprovechando características eléctricas del líquido.

En la industria, la medición de nivel es muy importante, tanto desde el punto de vista del funcionamiento del proceso como de la consideración del balance adecuado de materias primas o de productos finales.

#### **Tipos de medidores de nivel**

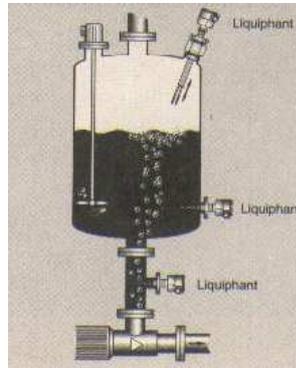
##### **a. Vibrante**

Es un sensor con forma de horquilla (figura 1.7), que vibra a su frecuencia de resonancia por un cristal piezoeléctrico. Esta frecuencia cambia cuando la horquilla se

---

<sup>13</sup> <http://www.w3.org/TR/REC-html40>

pone en contacto con el sólido o líquido contenido en el recipiente. El cambio de frecuencia es evaluado y convertido en una señal. Sirve para mediciones discretas

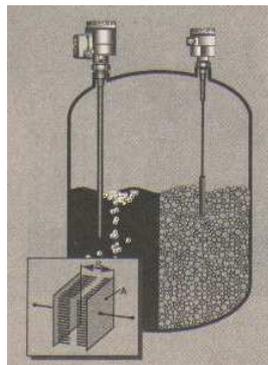


**Figura 1.7. Medidor de nivel vibrante.**

#### **b. Capacitancia/admitancia RF**

La sonda de capacitancia y la pared del recipiente forman las dos placas de un capacitor (figura 1.8), la capacidad estará determinada por su área superficial, la distancia entre ellas, así como el tipo y propiedades dieléctricas del producto que se está midiendo. A medida de que el recipiente se llena, la capacidad aumenta.

La capacidad se mide y una señal proporcional al nivel es generada por un circuito electrónico que posee la sonda. La señal es evaluada por otra unidad electrónica conectada al sistema.



**Figura 1.8. Medidor de nivel de capacitancia/admitancia.**

### c. Conductímetro

Se utiliza en líquidos que sean conductores de corriente y están diseñados para soportar líquidos agresivos. Es un interruptor de nivel que suministra una pequeña corriente alterna entre dos sondas, el circuito se cierra por medio del fluido y se indica así el nivel cuando el líquido 'toca' ambas sondas (figura 1.9). Se utiliza en mediciones discretas.

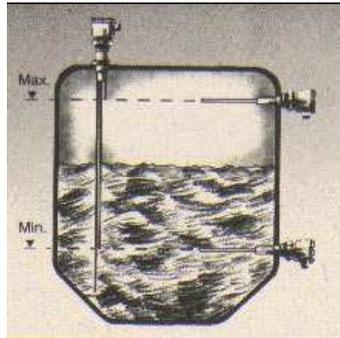


Figura 1.9. Medidor de Nivel conductímetro.

### d. Hidrostático

Es utilizado para medición continua de nivel en tanques que contengan líquidos. El peso de una columna de líquido genera una presión hidrostática (ver figura 1.10). A densidad constante, la presión hidrostática es solamente función de la altura de la columna de líquido:

$$P_{hidrostática} = \rho \cdot g \cdot h \quad \text{Ec. 1.1}$$

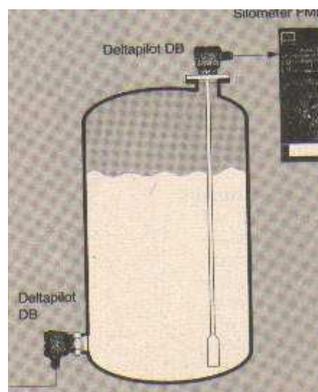
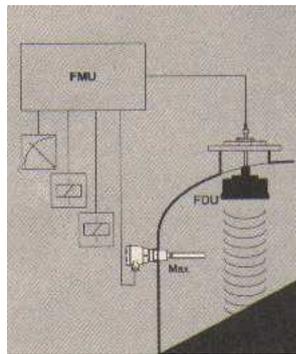


Figura 1.10. Medidor de nivel hidrostático.

**e. Ultrasonico**

Se usan para la medición continua de nivel, suelen montarse a través de la parte superior del recipiente o tanque (figura 1.11). Consiste en emitir un pulso de energía que viaja a la velocidad del sonido en el espacio de vapor que se encuentra por encima del líquido o polvo. La señal es reflejada por la superficie del líquido o polvo y va de vuelta al receptor. Se mide el tiempo entre la señal emitida y la señal recibida. A partir de esa medición de tiempo y con la velocidad del sonido en el vapor se calcula la distancia desde el receptor a la superficie del líquido o polvo.

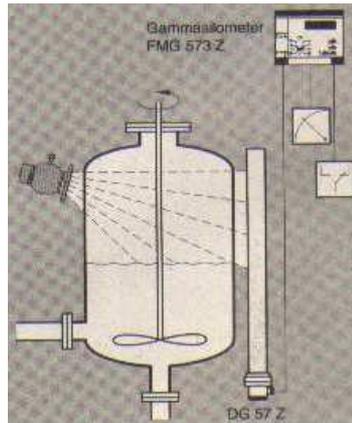


**Figura 1.11. Medidor de nivel ultrasónico.**

**f. Radiométrico**

Se utiliza tanto para medición continua o discreta. El transmisor no entra en contacto con el material ni con el recipiente, tanto fuera o dentro de él (figura 1.12). Debido a que la fuente sola emite rayos gamma, el material y el tanque pueden ser contaminados radiactivamente.

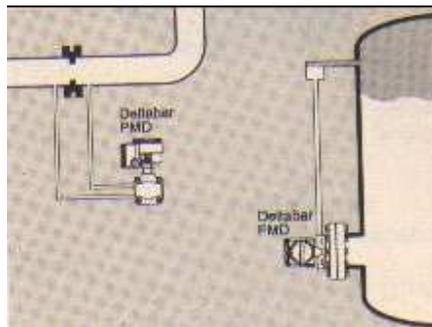
La fuente de rayos gamma, tanto de componentes de cesio o cobalto, emite radiación que es atenuada a medida que pasa a través de los materiales. Un detector, montado en el lado opuesto del recipiente, convierte esta radiación en una señal eléctrica. La amplitud de la señal es determinada por la distancia entre la fuente gamma y el detector y también por el ancho y la densidad del material. El ancho y las paredes del recipiente, cuya atenuación de la radiación es constante, se tienen en cuenta en el cálculo de la señal. La determinación del nivel, se basa en la absorción de radiación por el producto que contiene el tanque.



**Figura 1.12. Medidor de nivel radiométrico.**

**g. De presión diferencial**

Consiste en un diafragma en contacto con el líquido del tanque, que mide la presión hidrostática en un punto del fondo del tanque. En un tanque abierto esta presión es proporcional a la altura del líquido en ese punto y a su peso específico. El diafragma forma parte de un transmisor neumático o electrónico de presión diferencial. La precisión de los instrumentos de presión diferencial es bastante buena. El material del diafragma debe ser compatible con el fluido que se encuentra en el tanque. Este método es el más común en la medición de nivel para tanques abiertos o cerrados (figura 1.13). Si la densidad del líquido se conoce, la señal será directamente el nivel.



**Figura 1.13. Medidor de nivel de presión diferencial.**

**h. Celdas de carga o extensométricos**

Las celdas de carga determinan el nivel pesando el tanque y su contenido (figura 1.14). En la actualidad, las celdas de carga pueden soportar el tanque o bien se pueden fijar extensómetros a un miembro de soporte de la estructura del tanque para medir la acción

del peso cambiante. Tienen la ventaja de ser externos al contenido del tanque. Dan una medición continua de nivel.



**Figura 1.14. Medidor de nivel de celdas de carga o extensométricos.**

**i. Método de burbujeo**

Los sistemas de burbujeo o de purga continua, realizan la medición de nivel midiendo la presión requerida para que un flujo constante de aire venza la presión hidrostática de un líquido, al salir el aire lo hace a manera de burbujeo, de ahí el nombre del sistema.

"La presión en el tubo es igual a la presión hidrostática causada por el nivel, si se mide la presión dentro del tubo se obtiene la medición del nivel", este método se puede utilizar en recipientes abiertos o cerrados, la entrada del manómetro se monta por encima del nivel máximo del recipiente para que los sedimentos no se acumulen en el tubo de conexión.

**j. Medidores a flotador**

Uno de los primeros métodos para medir nivel de líquidos empleaba un flotador (ver figura 1.15) dentro de un tanque conectado por medio de un cable a un contrapeso en el exterior del tanque.

Una escala graduada sobre el tanque permite obtener lecturas continuas y directas del nivel del líquido, en este sistema abundan las inexactitudes y solo es apto para indicación.



**Figura 1.15. Medidor de nivel a flotador.**

#### **k. Óptico**

El sistema sensor óptico permite la monitorización del nivel de líquido de uno o varios depósitos (figura 1.16).

Se basa en el uso de fibras ópticas, de forma que la electrónica necesaria se encuentra suficientemente alejada del punto de medida. Ello permite su uso seguro en entornos críticos: atmósferas inflamables, explosivas, contaminadas electromagnéticamente, sin necesidad de recubrimientos especiales que encarecen su coste final.

De la cabeza transductora sale un haz luminoso que se refleja en la superficie del medio cuyo nivel se desea medir. La señal luminosa reflejada posee información dependiente de la distancia recorrida por el haz, permitiendo la medida continua de nivel.



**Figura 1.16. Medidor de nivel óptico.**

### **1. Por paleta rotatoria**

Detecta la presencia o ausencia de sólidos secos a granel. La paleta rotativa es accionada por un motor de engranaje (figura 1.17), y detecta el material cuando el nivel alcanza el sensor. Cuando el material entra en contacto con la paleta se detiene la vibración. Esta vibración provoca el cambio de estado del relé. Cuando la paleta está libre, se reanuda la vibración y el relé vuelve a su condición normal.



**Figura 1.17. Medidor de nivel por paleta rotatoria.**

### **1.4.5.- MEDIDORES DE PRESION<sup>14</sup>**

El control de la presión en los procesos industriales da condiciones de operación seguras. Cualquier recipiente o tubería posee cierta presión máxima de operación y de seguridad variando este, de acuerdo con el material y la construcción. Las presiones excesivas no solo pueden provocar la destrucción del equipo, si no también puede provocar la destrucción del equipo adyacente y ponen al personal en situaciones peligrosas, particularmente cuando están implícitas, fluidos inflamables o corrosivos.

#### **Tipos de sensores de presión<sup>15</sup>**

##### **a. Tubo de Bourdon**

Es un tubo cerrado en un extremo que puede ser de tres formas: helicoidal, espiral y en forma de C (figura 1.18); los cuales al recibir una presión por su parte abierta tienden a enderezarse ocasionando un movimiento.

<sup>14</sup> <http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd>

<sup>15</sup> [http://mx.geocities.com/lita\\_ciicap/Instrumentacion/sensores.pdf](http://mx.geocities.com/lita_ciicap/Instrumentacion/sensores.pdf)

Los tubos de Bourdon están hechos generalmente de acero inoxidable, aleaciones de cobre, hastelloy y monel. El tubo de Bourdon en C tiene un rango de 0.5 a 6000 bar, el de espiral esta diseñado para trabajar entre 0.5 y 2500 bar y el helicoidal 0.5 y 5000 bar. Ambos con una precisión de 0.5 a 1%.

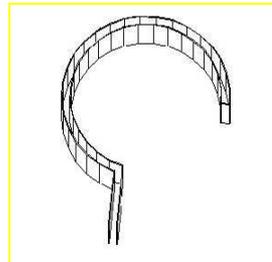


Figura 1.18. Sensor de presión tubo de Bourdon.

### b. Diafragmas

Son áreas de material elástico (figura 1.19) que al recibir la presión ocasionan un movimiento proporcional a la presión y a la capacidad de deformación del área de recepción de la misma; consiste en una o varias cápsulas circulares conectadas rígidamente entre si por una soldadura, esta diseñado para bajas presiones, desde 50 mm cdea a 2 bar, con una precisión de 0.5-1%.

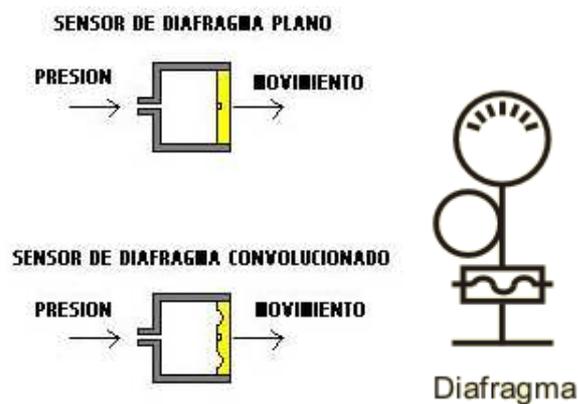


Figura 1.19. Sensor de presión por diafragmas.

### c. Fuelle

Es parecido al diafragma compuesto, pero de una sola pieza flexible axialmente (figura 1.20), y puede dilatarse o contraerse con un desplazamiento considerable.

El material empleado para el fuelle es usualmente bronce fosforoso, se emplea para pequeñas presiones, 100mm cdea - 2 bar.

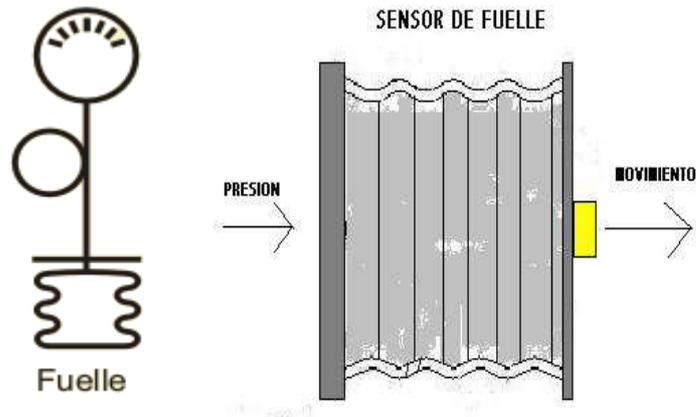


Figura 1.20. Sensor de presión de fuelle.

#### d. De Cápsula

Consta, esencialmente, de una placa delgada circular ondulada, que está sujeta en su periferia (figura 1.21). El gran uso que se hace de estos diafragmas en los transductores de presión se debe a su alta precisión y excelente respuesta dinámica, pudiendo responder a unos valores de unos pocos milímetros de columna de agua.

La cápsula, consiste en dos diafragmas ondulados anulares, con las curvaturas de la ondulación en oposición y selladas por su periferia.

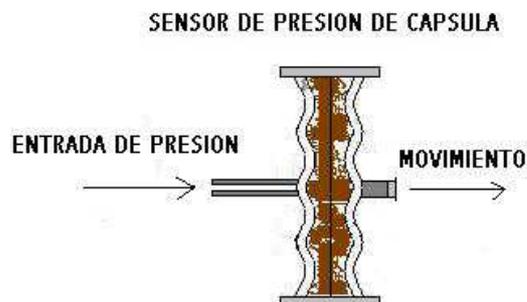


Figura 1.21. Sensor de presión de cápsula.

#### 1.4.6.- MEDIDORES DE CAUDAL<sup>16</sup>

En la actualidad la medición del flujo es la variable más importante en la operación de una planta, sin esta medida el balance de materia, el control de calidad y la operación misma de un proceso continuo serían casi imposibles de realizar.

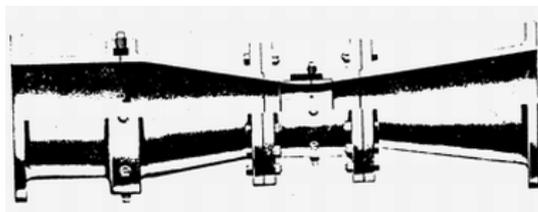
Existen muchos métodos confiables para la medición de flujo, uno de los más comunes es el que se basa en la medición de las caídas de presión causadas por la inserción, en la línea de flujo, de algún mecanismo que reduce la sección; al pasar el fluido a través de la reducción aumenta su velocidad y su energía cinética.

##### **Medidores de cabeza variable**

El principio básico de estos medidores es que cuando una corriente de fluido se restringe, su presión disminuye por una cantidad que depende de la velocidad de flujo a través de la restricción, por lo tanto la diferencia de presión entre los puntos antes y después de la restricción puede utilizarse para indicar la velocidad del flujo. Los tipos más comunes de medidores de cabeza variable son el tubo Vénturi, la placa orificio y el tubo de flujo.

##### **a. Tubo de Vénturi**

El Tubo de Venturi (ver figura 1.22) es un dispositivo que origina una pérdida de presión al pasar por él un fluido. En esencia, éste es una tubería corta recta, o garganta, entre dos tramos cónicos. La presión varía en la proximidad de la sección estrecha; así, al colocar un manómetro o instrumento registrador en la garganta se puede medir la caída de presión y calcular el caudal instantáneo.



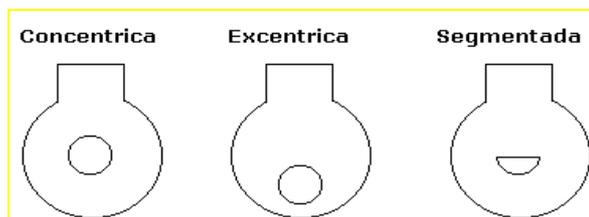
**Figura 1.22. Tubo de Vénturi.**

<sup>16</sup> <http://www.w3c.org/TR/1999/REC-html401-19991224/loose.dtd>

La principal ventaja del Vénturi estriba en que sólo pierde un 10 - 20% de la diferencia de presión entre la entrada y la garganta. Esto se consigue por el cono divergente que desacelera la corriente.

#### **b. Placa orificio**

Son dispositivos que consisten en una reducción en la sección de flujo de una tubería, esta produce que el flujo se contraiga conforme se aproxima al orificio y después se expande al diámetro total de la tubería. La corriente que fluye a través del orificio forma una vena contracta y la rápida velocidad del flujo resulta en una disminución de presión hacia abajo desde el orificio. La figura 1.23 muestra tipos de placas orificio.



**Figura 1.23. Tipos de placa orificio.**

El uso de la placa de orificio es inadecuado en la medición de fluidos con sólidos en suspensión pues estas partículas se pueden acumular en la entrada de la placa. Las mayores desventajas de este medidor son su capacidad limitada y la pérdida de carga ocasionada tanto por los residuos del fluido como por las pérdidas de energía que se producen cuando se forman vórtices a la salida del orificio.

#### **c. Boquilla o tobera de flujo**

Es una contracción gradual de la corriente de flujo seguida de una sección cilíndrica recta y corta. La tobera de flujo (figura 1.24), es un instrumento de medición que permite medir diferencial de presiones cuando la velocidad del flujo es mucho mayor y las pérdidas empiezan a hacerse notorias.

Luego, al instalar un medidor de este tipo se logran mediciones mucho más exactas. Además este tipo de medidor es útil para fluidos con muchas partículas en suspensión o sedimentos, su forma hidrodinámica evita que sedimentos transportados por el fluido queden adheridos a la tobera.

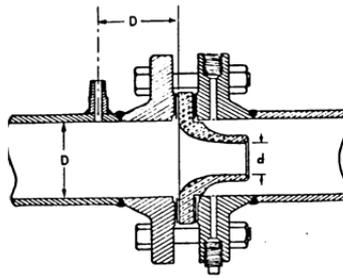


Fig. B1699

Figura 1.24. Boquilla o tobera de flujo.

## Medidores de área variable

### a. Rotámetro

El fluido entra por la parte inferior del tubo y ejerce una fuerza ascendente sobre la base del flotador (figura 1.25); al subir el flotador permite que pase una determinada cantidad de flujo por el área anular, área formada entre el flotador y la pared del tubo y será tal que la caída de presión en ese estrechamiento baste para equilibrar la fuerza de gravedad y el peso del flotador, en ese momento el flotador permanece estacionario en algún punto del tubo.

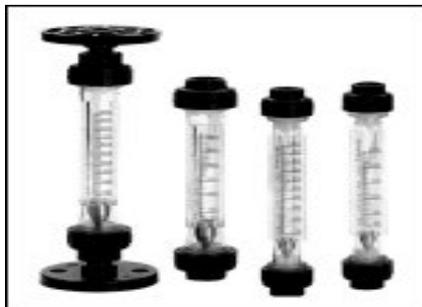


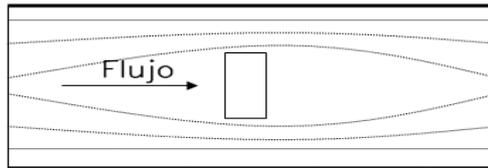
Figura 1.25. Rotámetros.

### b. Fluxómetro de turbina

El fluido provoca que el rotor de la turbina gire a una velocidad que depende de la velocidad de flujo. Conforme cada una de las aspas de rotor pasa a través de una bobina magnética, se genera un pulso de voltaje que puede alimentarse de un medidor de frecuencia, un contador electrónico u otro dispositivo similar cuyas lecturas puedan convertirse en velocidad de flujo. Velocidades de flujo desde 0.02 l/min hasta algunos miles de l/min se pueden medir con fluxómetros de turbina de varios tamaños.

**c. Fluxómetro de vórtice**

Una obstrucción plana colocada en la corriente del flujo provoca la creación de vórtices y se derrama del cuerpo a una frecuencia que es proporcional a la velocidad del flujo. Un sensor en el fluxómetro detecta los vórtices y genera una indicación en la lectura del dispositivo medidor.



**Figura 1.26. Principio de funcionamiento del fluxómetro de vórtice.**

El fluido cerca del cuerpo tiene una velocidad baja en relación con la correspondiente en las líneas de corrientes principales. Los medidores de vórtice pueden utilizarse en una amplia variedad de fluidos incluyendo líquidos sucios y limpios, así como gases y vapor. En la figura 1.26 se muestra el principio de funcionamiento del fluxómetro de vórtice.

**d. Fluxómetros de velocidad**

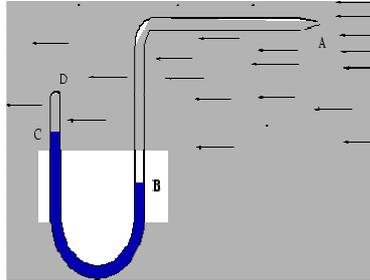
Algunos dispositivos disponibles comercialmente miden la velocidad de un fluido en un lugar específico más que una velocidad promedio.

**e. Tubo pitot**

Cuando un fluido en movimiento es obligado a pararse debido a que se encuentra un objeto estacionario, se genera una presión mayor que la presión de la corriente del fluido. La magnitud de esta presión incrementada se relaciona con la velocidad del fluido en movimiento.

El tubo pitot es un tubo hueco puesto de tal forma que los extremos abiertos apuntan directamente a la corriente del fluido (ver figura 1.27). La presión en la punta provoca que se soporte una columna del fluido. El fluido en o dentro de la punta es estacionario o estancado llamado punto de estancamiento.

Solo se requiere la diferencia entre la presión estática y la presión de estancamiento para calcular la velocidad, que en forma simultánea se mide con el tubo pitot estático.



**Figura 1.27. Tubo Pitot.**

**f. Fluxómetro electromagnético**

Está formado por un tubo, revestido interiormente con material aislante (figura 1.28). Sobre dos puntos diametralmente opuestos de la superficie interna se colocan dos electrodos metálicos, entre los cuales se genera la señal eléctrica de medida. En la parte externa se colocan los dispositivos para generar el campo magnético, y todo se recubre de una protección externa, con diversos grados de seguridad.

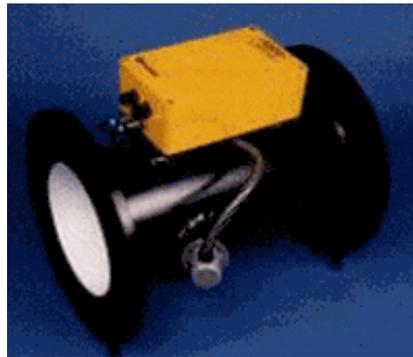
El flujo completamente sin obstrucciones es una de las ventajas de este medidor. El fluido debe ser ligeramente conductor debido a que el medidor opera bajo el principio de que cuando un conductor en movimiento corta un campo magnético, se induce un voltaje.



**Figura 1.28. Fluxómetro electromagnético.**

**g. Fluxómetro de ultrasonido**

Consta de unas sondas, que trabajan por pares, como emisor y receptor (ver figura 1.29). La placa piezo-cerámica de una de las sondas es excitada por un impulso de tensión, generándose un impulso ultrasónico que se propaga a través del medio líquido a medir, esta señal es recibida en el lado opuesto de la conducción por la segunda sonda que lo transforma en una señal eléctrica.



**Figura 1.29. Fluxómetro de Ultrasonido.**

El convertidor de medida determina los tiempos de propagación del sonido en sentido y contrasentido del flujo en un medio líquido y calcula su velocidad de circulación a partir de ambos tiempos. Y a partir de la velocidad se determina el caudal que además necesita alimentación eléctrica.

Hay dos tipos de medidores de flujo por ultrasonidos:

- **DOPPLER:** Miden los cambios de frecuencia causados por el flujo del líquido. Se colocan dos sensores cada uno a un lado del flujo a medir y se envía una señal de frecuencia conocida a través del líquido. Sólidos, burbujas y discontinuidades en el líquido harán que el pulso enviado se refleje, pero como el líquido que causa la reflexión se está moviendo la frecuencia del pulso que retorna también cambia y ese cambio de frecuencia será proporcional a la velocidad del líquido.
- **TRÁNSITO:** Tienen transductores colocados a ambos lados del flujo. Su configuración es tal que las ondas de sonido viajan entre los dispositivos con una inclinación de 45 grados respecto a la dirección de flujo del líquido.

## **1.5.- INTERFAZ HMI/SCADA**

### **1.5.1.- INTERFAZ HMI**

Una interfaz Humano-Máquina, HMI (Human-Machine Interface), es un mecanismo que le permite a un operador humano interactuar con una máquina o proceso y determinar el estado (prendido/apagado) o magnitud de los dispositivos y/o variables físicas que están presentes en una planta o proceso industrial y realizar control por supervisión.

La interfaz puede ser tan simple como una lámpara indicadora del estado de un aparato y pulsadores hasta una o varias pantallas desarrolladas en una computadora que llegan a mostrar en la pantalla del monitor representaciones esquemáticas de todo el proceso bajo supervisión, incluyendo valores reales de las variables presentes en ese momento en la planta. Un ejemplo común de una HMI es el cajero automático que posibilita al usuario ejecutar una serie de transacciones bancarias.

### **1.5.2.- SCADA**

SCADA viene de las siglas: "*Supervisory Control And Data Acquisition*", es decir: hace referencia a un sistema de adquisición de datos y control supervisor. Se trata de un sistema que permite controlar y/o supervisar una planta o proceso por medio de una estación central (generalmente una PC) que hace de Master (llamada también estación maestra o unidad terminal maestra (MTU) y una o varias unidades cercanas o remotas (generalmente RTUs) por medio de las cuales se hace el control/adquisición de datos hacia/desde el campo. La supervisión significa que un operador humano es el que al final tiene la última decisión sobre operaciones de una planta industrial.

Para manejar esta arquitectura generalmente se recurre a un paquete de software especializado, que funciona en la computadora central, por medio del cual se desarrolla una o varias "pantallas" que actúan como una interfaz gráfica entre el hombre y la máquina (HMI) o un proceso. De esta forma es posible supervisar el proceso por medio de acciones ingresadas por el operador en la computadora. Además, estos paquetes tienen opciones que

permiten proveer a un nivel superior administrativo toda la información que se genera en el proceso productivo.

### **1.5.3.- ARQUITECTURA DE LOS SISTEMAS SCADA**

Tal como ya se definió, en los sistemas SCADA usualmente existe una computadora central que efectúa tareas de supervisión y gestión de alarmas, así como tratamiento de datos y control de procesos. Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real, y están diseñados para dar al operador de planta la posibilidad de supervisar y controlar sus procesos. Es en estas computadoras donde se diseñan las HMIs compuestas de una o varias pantallas que, sobre todo, tienen el objetivo de facilitar la comunicación entre el usuario y el proceso, dando origen a los sistemas denominados “amigables (user friendly)”.

La comunicación a nivel de campo se realiza mediante redes de campo que, tal como se verá más adelante, funcionan bajo protocolos de campo tales como: HART o MODBUS. Protocolos más sofisticados como PROFIBUS, FIELDBUS, constituyen las redes industriales. Las redes administrativas trabajan, por otro lado, en la forma de redes LAN que se adhieren a sus propios protocolos, siendo las redes Ethernet las más populares.

### **1.5.4.- NECESIDAD DE UN SISTEMA SCADA**

Para evaluar si un sistema SCADA es necesario para manejar una instalación dada, el proceso a controlar debe cumplir las siguientes características:

1. Que el número de variables del proceso que se necesita monitorear sea alto.
2. El proceso debe tener transmisores y actuadores geográficamente distribuidos. Esta condición no es limitativa, ya que puede instalarse un SCADA para la supervisión y control de un proceso concentrado en una localidad.
3. La información del proceso se necesita en el momento en que los cambios se producen en el mismo, o, en otras palabras, la información se requiere en tiempo real.
4. Que exista la necesidad de optimizar y facilitar las operaciones de la planta, así como la toma de decisiones, tanto gerenciales como operativas.

5. Que los beneficios obtenidos en el proceso a ser controlado justifiquen la inversión en un sistema SCADA. Estos beneficios pueden reflejarse en aumento de la producción, de la confiabilidad, de los niveles de seguridad, etc.
6. La complejidad del proceso requiere que la mayoría de las acciones de control sean iniciadas por un operador. En caso contrario, se podría optar por un Sistema de Control Automático, el cual puede constituir o ser parte de un Sistema de Control Distribuido, que contaría con PLCs, Controladores o una combinación de ellos.

#### **1.5.5.- FUNCIONES DE UN SISTEMA SCADA**

Dentro de las funciones básicas realizadas por un sistema SCADA están las siguientes:

1. **Automatización:** Recabar, almacenar y mostrar información, en forma continua y confiable, desde los equipos de campo: estados de dispositivos, magnitud de variables.
2. **Supervisión:** Por medio de la HMI mostrar y / o 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). Basados en los datos enviados, el operador podrá iniciar acciones de control, tales como: abrir o cerrar válvulas, arrancar o parar bombas, etc.
3. **Manejo de alarmas:** Disparar alarmas en forma automática para que el usuario pueda ejecutar acciones de control que controlen las situaciones anómalas que las generaron.
4. **Generación de reportes:** Basadas en la información obtenida por el sistema es posible generar: reportes, gráficos de tendencia, historia de variables, cálculos, predicciones, etc.

#### **1.5.6.- CONCEPTOS ASOCIADOS A UN SISTEMA SCADA**

##### **a. Tiempo real**

Resumidamente hablando, “en tiempo real” significa que un dispositivo de medida es capaz de mostrar el valor de una variable en el instante preciso en que la misma efectivamente tiene ese valor. Cuando se emplea computadoras, controladores o cualquier dispositivo que funciona en base a un programa de computación para

procesar información de campo, aparece un desfase en el tiempo, un retardo, que puede incidir en la exactitud instantánea del valor mostrado. Esta falta de exactitud puede pasar desapercibida, particularmente en la medición de variables “lentas” o puede ser considerable si se trata de variables “rápidas”.

En ciertas aplicaciones se llega a definir el retardo que puede ser tolerado por el proceso y en este contexto "estrictamente en tiempo real" significa que un sistema reacciona a los eventos externos dentro de ese tiempo especificado en un 100% de los casos. Además si se habla de “tiempo real” el sistema debe responder en tiempos concretos también en un 100% de los casos. Si los tiempos concretos de reacción llegan a superarse sin causar problemas irreversibles, como en sistemas no críticos, se habla de "tiempo real suave".

#### **b. Estructura Abierta**

Vale indicar que aún no se ha establecido un estándar para las extensiones en tiempo real en cuanto a los sistemas operativos. Así que la principal ventaja de un sistema basado en PC - su estructura abierta – puede llegar a ser un inconveniente.

No obstante, la estructura abierta, permite a la empresa o al desarrollador más libertad en la elección de la herramienta adecuada para el diseño, programación e implementación del sistema SCADA. La solución comienza a ser propietaria nuevamente (cada empresa ofrece su solución) y la conversión a futuras generaciones de sistemas operativos se hace más difícil.

#### **c. Unidad Remota de Telemetría (RTU)**

La Unidad Remota de Telemetría (Remote Telemetry Unit, RTU) es parte importante de un sistema SCADA, a tal punto que muchos no conciben un SCADA sin ellas.

Una RTU es un equipo instalado en una localidad remota que recopila datos y luego la codifica en un formato que le permita transmitirlos hacia una estación central (Master

Terminal Unit, MTU) u otra RTU. Una RTU también recibe información desde la estación central, decodifica los datos enviados y posibilita la ejecución de órdenes enviadas desde la misma. Una RTU está equipada de canales de entrada para detección o medición de las variables de un proceso y de canales de salida para control o activación de alarmas, y un puerto de comunicaciones.

## **1.6.- REDES INDUSTRIALES<sup>17</sup>**

Una red de comunicación industrial es aquella red de tiempo real que permite recopilar (adquisición de datos) y/o supervisar (controlar), generalmente desde un mismo sitio (panel / cuarto de control), las variables de una planta o proceso industrial. Las comunicaciones a nivel de campo deben poseer características particulares para responder a las necesidades de intercomunicación en tiempo real que se deben producir y ser capaces de resistir un ambiente hostil donde existe gran cantidad de ruido electromagnético y condiciones ambientales duras.

En el uso de comunicaciones industriales se pueden separar dos áreas principales, una comunicación a nivel de campo y una comunicación hacia el SCADA. En ambos casos la transmisión de datos se realiza en tiempo real, o por lo menos con una demora que no es significativa respecto de los tiempos de proceso, pudiendo ser crítico para el nivel de campo.

Los valores acerca de temperatura, humedad, estado (abierto / cerrado) de válvulas, velocidad de giro de un motor, etc., son enviados al centro de control por dispositivos tales como transductores y/o principalmente transmisores en donde se despliegan, registran, procesan y son enviadas al PLC para realizar el control. Con esta información se toman decisiones, sea en forma supervisada o automática, para comandar los actuadores que lograrán activar/desactivar dispositivos de campo que procuran mantener trabajando al proceso dentro de los parámetros definidos por el usuario.

---

<sup>17</sup> <http://redesindustriales0.tripod.com/sitiosrecomendados.htm>

Al referirse a tiempo real, implica que el sistema de comunicación debe proveer servicios bajo restricciones temporales y está constituido por protocolos capaces de gestionar estas restricciones, por lo cual garantiza que las restricciones de tiempo serán respetadas con cierta probabilidad.

### 1.6.1.- NIVELES JERÁRQUICOS DEL SCADA.

Las redes de campo constituyen ahora la infraestructura de los sistemas SCADA y DCS, que poco a poco han ganado aceptación como una herramienta confiable y útil en la administración técnico administrativa de una planta industrial. Ver figura 1.30.

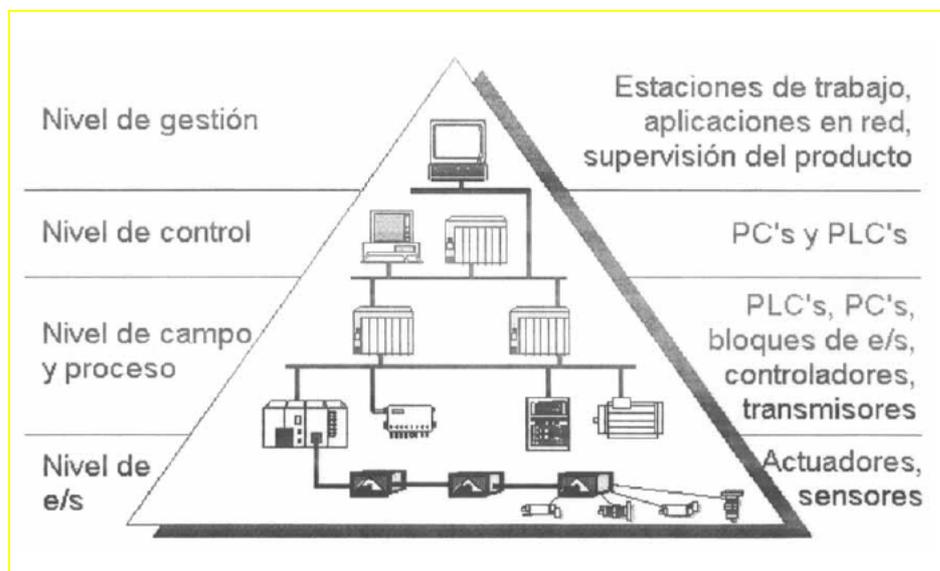


Figura 1.30. Niveles jerárquicos de un sistema SCADA.

- a. **Nivel de Gestión**<sup>18</sup>: Se encarga de integrar los niveles inferiores a una estructura organizada y jerárquica. Las máquinas en este nivel sirven de enlace entre el proceso productivo y el área de gestión, en la cual se requiere información sobre ventas, tiempos de producción, repuestos en bodega, etc. Emplean redes tipo LAN y WAN que funcionan bajo protocolos como Ethernet, por dar un ejemplo.

---

<sup>18</sup> [http://www.uv.es/rosado/sid/Capitulo3\\_rev0.pdf](http://www.uv.es/rosado/sid/Capitulo3_rev0.pdf)

- b. **Nivel de Control:** Se encarga de enlazar y controlar los distintos procesos, líneas de producción de una planta industrial. A este nivel se sitúan los PLCs de gran desempeño y poder, así como computadoras destinadas a diseño, control de calidad, programación. Suelen emplear redes tipo LAN que funcionan bajo el protocolo Ethernet.
- c. **Nivel de Campo y Proceso:** Aquí se realiza la integración de la información generada y requerida por los procesos de campo automáticos y controlados que utilizan PLCs y Controladores, multiplexores de Entrada / Salida (I/O), controladores PID, etc., conectados en sub – redes. Aquí es frecuente encontrar uno o varios autómatas modulares, actuando como maestros. En este nivel se emplean los buses o redes industriales de campo que funcionan bajo protocolos como Fieldbus, Profibus, por mencionar algunos.
- d. **Nivel de I/O:** Es el nivel más próximo a las variables físicas de la planta. Aquí se hallan los sensores (transmisores) y actuadores encargados de medir y controlar los procesos productivos, respectivamente. Basados en la información que se recoge en este nivel, aplicaciones de control toman las decisiones necesarias que garanticen una correcta automatización y supervisión. En este nivel se emplean protocolos como: Seriplex, Hart, CanBus, etc.

### 1.6.2.- TOPOLOGÍAS DE RED<sup>19</sup>

Una topología de red describe la manera en que los diferentes dispositivos en una red están interconectados entre sí. Existen varias topologías que difieren entre si de acuerdo a tres criterios: disponibilidad, redundancia y expansibilidad. Las tres básicas son estrella, anillo y bus.

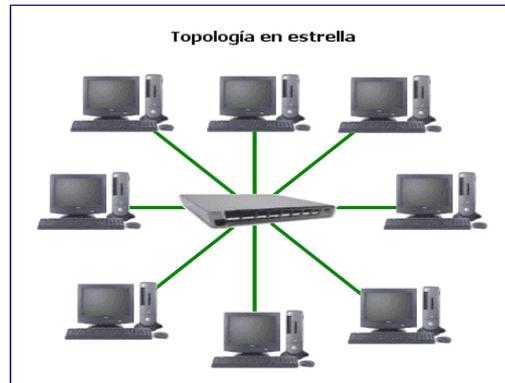
#### a. Estrella

Todas las estaciones de trabajo están conectadas directamente al servidor y todas las comunicaciones se han de hacer necesariamente a través de él. Este método de topología permite añadir o quitar máquinas fácilmente. Ver figura 1.31.

---

<sup>19</sup> <http://mx.geocities.com/alfonsoaraujocardenas/topologias.html>

Si se produce un fallo en alguna de las estaciones, no repercutirá en el funcionamiento general de la red, pero si el servidor falla, toda la red se vendrá abajo. El coste e implementación de este tipo de red de computadoras es caro debido a la gran cantidad de cableado y lo complejo de su estructura.



**Figura 1.31. Topología de red en estrella.**

#### **b. Topología de red en anillo**

En ella todas las estaciones están conectadas entre sí formando un anillo, de forma que cada estación sólo tiene contacto directo con otras dos. Ver figura 1.32.

En las primeras redes de este tipo los datos se movían en una única dirección, de manera que toda la información tenía que pasar por todas las estaciones hasta llegar a la de destino donde se quedaba. Las redes más modernas disponen de dos canales y transmiten en direcciones diferentes por cada uno de ellos. Actualmente podemos encontrar este entorno en redes Token Ring de IBM.

Este tipo de redes permite aumentar o disminuir el número de ordenadores sin dificultad, pero a medida que aumenta el flujo de información, será menor la velocidad de respuesta de la red. Un fallo en una estación puede dejar bloqueada la red, pero un fallo en un canal de comunicaciones la dejará bloqueada en su totalidad, siendo difícil localizar el fallo.



Figura 1.32. Topología de red en anillo.

c. **Topología de red en bus**

En ella todas las estaciones comparten el mismo canal de comunicaciones, toda la información circula por ese canal y cada una de ellas recoge la información que le corresponde (ver figura 1.33). Es una de las más utilizadas y la podemos encontrar en las llamadas redes Ethernet.

La topología de bus permite que todos los dispositivos de la red puedan ver todas las señales de todos los demás dispositivos, lo que puede ser ventajoso si desea que todos los dispositivos obtengan esta información. Sin embargo, puede representar una desventaja, ya que es común que se produzcan problemas de tráfico y colisiones, que se pueden paliar segmentando la red en varias partes. Es la topología más común en pequeñas LAN, con hub o switch final en uno de los extremos.

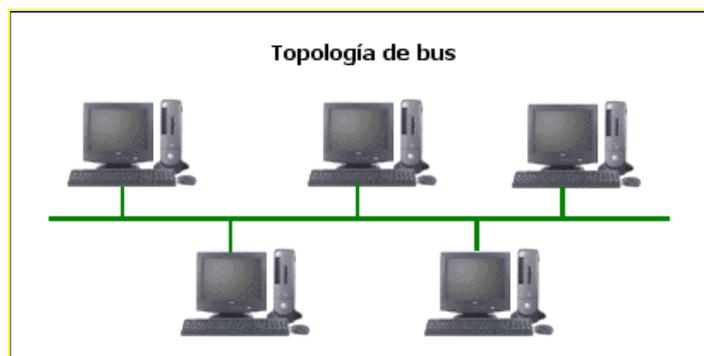


Figura 1.33. Topología de red en bus.

### 1.6.3.- PROTOCOLO<sup>20</sup>

Un protocolo es la formalización de la comunicación de datos, que se rige por normas y convenciones entre los dispositivos en el arreglo o red. El protocolo se asegura mediante ésta normalización una comunicación bilateral entre los componentes, identificándolos a cada uno.

Los protocolos responden a diferentes tipos de intereses de diseño, en su mayoría establecidos por el fabricante, para su respectivo hardware. Por ejemplo Profibus, perteneciente a Siemens, Modbus de Schneider o Device Net de Allen Bradley. También existen protocolos abiertos a los usuarios, para una determinada adecuación o mejora. Los protocolos abiertos son accesibles al público con tan solo solicitarlos. El hardware también asegura que los equipos serán eléctricamente compatibles pues así el software logrará comunicarse de forma correcta con los demás dispositivos de la red.

Un protocolo describe los requisitos para que se pueda establecer una comunicación. Usualmente hace referencia a las siguientes características:

- Requerimientos hardware: Tipo de interfase, medio, velocidad.
- Estructura de la señal: códigos de control y de datos, su secuencia de transmisión y formas de detectar y/o corregir errores
- Servicios presentes: Codificación/decodificación de la señal, presentación de los resultados, otros.

Existen protocolos “propietarios” o cerrados, los cuales son elaborados por un fabricante para uso exclusivo de sus productos.

Esto tiene la desventaja de que el usuario no puede adquirir soluciones de otras empresas y por lo tanto, debe hacer uso de un solo proveedor. Otros protocolos son “libres” o abiertos, cuyas especificaciones son disponibles para todas las personas. Esto permite que varios fabricantes produzcan equipo compatible fácilmente integrable en el sistema.

---

<sup>20</sup> <http://mx.geocities.com/lemt78/modeloOsi.doc>

#### 1.6.4.- MODELO OSI<sup>21</sup>

Para estandarizar la comunicación entre sistemas, la ISO creó en 1978 el modelo de referencia para la comunicación entre sistemas abiertos (OSI), el cual consta de siete capas o protocolos que gobiernan la transmisión de datos entre diferentes sistemas o dentro de un solo sistema con redes heterogéneas. La figura 1.34 muestra las capas del modelo OSI.

El modelo se puede dividir básicamente en dos partes. Las capas bajas (1/4) gobiernan la comunicación entre procesadores. Por medio de ellas las conexiones son realizadas. Las capas altas (5/7) gobiernan la comunicación entre aplicaciones. Las capas son:

##### a. Capa física

Se encarga de las conexiones físicas entre los distintos dispositivos hacia la red, tanto en lo que se refiere al medio físico (medios guiados o cables; medios no guiados o inalámbricos); características del medio (por ejemplo tipo de cable o calidad del mismo; tipo de conectores normalizados o en su caso tipo de antena; etc.) y la forma en la que se transmite la información (codificación de señal, niveles de tensión/intensidad de corriente eléctrica, modulación, tasa binaria, etc.)

Como resumen de los cometidos de esta capa, podemos decir que se encarga de transformar un paquete de información binaria en una sucesión de impulsos adecuados al medio físico utilizado en la transmisión. Estos impulsos pueden ser eléctricos (transmisión por cable), electromagnéticos (transmisión Wireless) o luminosos (transmisión óptica). Cuando actúa en modo recepción el trabajo es inverso, se encarga de transformar estos impulsos en paquetes de datos binarios que serán entregados a la capa de enlace.

##### b. Capa de enlace

Puede decirse que esta capa traslada los mensajes hacia y desde la capa física a la capa de red. Especifica como se organizan los datos cuando se transmiten en un medio

---

<sup>21</sup> <http://www.monografias.com/trabajos29/modelo-osi/modelo-osi.shtml#intro>

particular. Esta capa define como son los cuadros, las direcciones y las sumas de control de los paquetes de datos.

Además del direccionamiento local, se ocupa de la detección y control de errores ocurridos en la capa física, del control del acceso a dicha capa y de la integridad de los datos y fiabilidad de la transmisión. Para esto agrupa la información a transmitir en bloques, e incluye a cada uno una suma de control que permitirá al receptor comprobar su integridad. Los datagramas recibidos son comprobados por el receptor. Si algún datagrama se ha corrompido se envía un mensaje de control al remitente solicitando su reenvío.

#### **c. Capa de Red**

Esta capa se ocupa de la transmisión de los datagramas (paquetes) y de encaminar cada uno en la dirección adecuada tarea esta que puede ser complicada en redes grandes como Internet, pero no se ocupa para nada de los errores o pérdidas de paquetes. Define la estructura de direcciones y rutas de Internet. A este nivel se utilizan dos tipos de paquetes: paquetes de datos y paquetes de actualización de ruta.

#### **d. Capa de Transporte**

Esta capa se ocupa de garantizar la fiabilidad del servicio, describe la calidad y naturaleza del envío de datos. Esta capa define cuando y como debe utilizarse la retransmisión para asegurar su llegada. Para ello divide el mensaje recibido de la capa de sesión en trozos (datagramas), los numera correlativamente y los entrega a la capa de red para su envío.

Durante la recepción, si la capa de red utiliza el protocolo **IP**, la capa de transporte es responsable de reordenar los paquetes recibidos fuera de secuencia. También puede funcionar en sentido inverso multiplexando una conexión de transporte entre diversas conexiones de datos. Este permite que los datos provenientes de diversas aplicaciones compartan el mismo flujo hacia la capa de red.

**e. Capa de Sesión**

Es una extensión de la capa de transporte que ofrece control de diálogo y sincronización entre dos aplicaciones. Administra el control de flujo entre comunicaciones de datos y aplicación.

**f. Capa de Presentación**

Esta capa se ocupa de garantizar la fiabilidad del servicio, describe la calidad y naturaleza del envío de datos. Esta capa define cuando y como debe utilizarse la retransmisión para asegurar su llegada. Para ello divide el mensaje recibido de la capa de sesión en trozos (datagramas), los numera correlativamente y los entrega a la capa de red para su envío.

Convierte datos localmente codificados a datos entendidos por el receptor. En otras palabras se encarga de manejar las estructuras de datos abstractas y realizar las conversiones necesarias para la correcta interpretación de los mismos. También cifra y comprime los datos.

**g. Capa de Aplicación**

Esta capa describe como hacen su trabajo los programas de aplicación (navegadores, clientes de correo, terminales remotos, transferencia de ficheros etc.). Esta capa implementa la operación con ficheros del sistema. Por un lado interactúan con la capa de presentación y por otro representan la interfaz con el usuario, entregándole la información y recibiendo los comandos que dirigen la comunicación.



**Figura 1.34. Capas del Modelo OSI.**

### 1.6.5.- BUSES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL<sup>22</sup>

Los buses de comunicación industrial o conocidos generalmente como buses de campo, son redes de comunicación diseñadas para transmitir pequeñas cantidades de datos en tiempo real. Por lo general, estas redes están diseñadas para ofrecer características como alta compatibilidad electromagnética, fácil configuración, protocolos simples y limitados, bajos costes de conexión, consistentes con el modelo OSI. En este último sentido, usualmente estas redes hacen uso generalmente de tres capas del modelo: física, enlace de datos y aplicación.

Los buses de comunicación industrial reducen costos de cableado en la instalación, facilitan la ampliación o reducción de elementos y permiten integrar dispositivos menos inteligentes.

En general se pueden dividir en tres subgrupos dependiendo de la complejidad de datos y operaciones que pueden realizar.

---

<sup>22</sup> <http://insintel.files.wordpress.com/2008/05/redes-de-comunicacion-industrial.pdf>

### **1. Buses de sensores**

Fueron originalmente diseñados para administración de dispositivos con E/S digital y sus transmisiones normalmente se hacen a nivel de bits. Tienen las ventajas de poseer ciclos de trabajo pequeños y constantes, una alta fiabilidad en la transmisión de datos de pequeño tamaño, alta eficiencia del protocolo. Se transmiten datos de E/S y mensajes sin influencia mutua. Algunos ejemplos de este tipo de red son ASi y FlexIO.

### **2. Buses de dispositivos**

El siguiente nivel son los buses de dispositivos, los cuales proveen soporte análogo/digital para instrumentos más complejos, y sus transmisiones normalmente se hacen a nivel de bytes. Su principal función es compartir dispositivos de campo entre varios equipos de control y comando. Algunos ejemplos de este tipo de red son CAN y DeviceNet.

### **3. Buses de campo**

Un bus de campo es el nivel más complejo de buses de comunicación industrial. Se diferencian en la capacidad de transmitir mayor cantidad de información, usualmente en forma de paquetes o tramas. Algunos ejemplos de este tipo de red son: Profibus y ControlNet.

## **1.6.6.- ALGUNOS BUSES ESTANDARIZADOS**

### **a. Profibus**

- Profibus DP (Decentralized Periphery). Orientado a sensores / actuadores enlazados a procesadores (PLCs) o terminales.
- Profibus PA (Process Automation). Para control de proceso y cumpliendo normas especiales de seguridad para la industria.
- Profibus FMS (Fieldbus Message Specification). Para comunicación entre células de proceso o equipos de automatización.

Las distancias potenciales de bus van de 100m a 24Km (con repetidores y fibra óptica). La velocidad de comunicación puede ir de 9600 bps a 12 Mbps. Utiliza mensajes de hasta 244 bytes de datos.

**b. Interbus**

Utiliza una topología en anillo y comunicación mediante un registro de desplazamiento en cada nodo. Se pueden enlazar buses periféricos al principal.

Capa física basada en RS-485. Cada dispositivo actúa como repetidor. Así se puede alcanzar una distancia entre nodos de 400m para 500Kbps y una distancia total de 12Km. Es posible utilizar también enlaces de fibra óptica.

**c. DeviceNet**

Es posible la conexión de hasta 64 nodos con velocidades de 125 Kbps a 500 Kbps en distancias de 100 a 500m.

Utiliza una definición basada en orientación a objetos para modelar los servicios de comunicación y el comportamiento externo de los nodos. Define mensajes y conexiones para funcionamiento maestro-esclavo, interrogación cíclica, "strobing" o lanzamiento de interrogación general de dispositivos, mensajes espontáneos de cambio de estado, comunicación uno-uno, modelo productor-consumidor, carga y descarga de bloques de datos y ficheros etc.

**d. Foundation fieldbus**

Un bus orientado sobre todo a la interconexión de dispositivos en industrias de proceso continuo. Presta especial atención a las versiones que cumplen normas de seguridad intrínseca para industrias de proceso en ambientes combustibles o explosivos. Se soporta sobre par trenzado y es posible la reutilización de los antiguos cableados de instrumentación analógica 4-20 mA.

La capa de aplicación utiliza un protocolo sofisticado, orientado a objetos con múltiples formatos de mensaje. Distingue entre dispositivos con capacidad de

arbitración (Link Master) y normales. En cada momento un solo Link master arbitra el bus, puede ser sustituido por otro en caso de fallo. Utiliza diversos mensajes para gestionar comunicación por paso de testigo, comunicación cliente-servidor, modelo productor-consumidor etc. Está basado en Ethernet de alta velocidad (100 Mbps) y orientado al nivel de control de la red industrial.

**e. Modbus**

En su definición inicial Modbus era una especificación de tramas, mensajes y funciones utilizada para la comunicación con los PLCs Modicon. Modbus puede implementarse sobre cualquier línea de comunicación serie y permite la comunicación por medio de tramas binarias o ASCII con un proceso interrogación-respuesta simple.

Modbus Plus define un completo bus de campo basado en técnica de paso de testigo. Se utiliza como soporte físico el par-trenzado o fibra óptica.

**f. Industrial ethernet**

La norma IEEE 802.3 basada en la red Ethernet de Xerox se ha convertido en el método más extendido para interconexión de computadores personales en redes de proceso de datos. En la actualidad se vive una auténtica revolución en cuanto a su desplazamiento hacia las redes industriales. Es indudable esa penetración. Diversos buses de campo establecidos como Profibus, Modbus etc. han adoptado Ethernet como la red apropiada para los niveles superiores. En todo caso se buscan soluciones a los principales inconvenientes de Ethernet como soporte para comunicaciones industriales:

- El intrínseco indeterminismo de Ethernet se aborda por medio de topologías basadas en conmutadores. En todo caso esas opciones no son gratuitas.
- Se han de aplicar normas especiales para conectores, blindajes, rangos de temperatura etc. La tarjeta adaptadora Ethernet empieza a encarecerse cuando se la dota de robustez para un entorno industrial

Parece difícil que Ethernet tenga futuro a nivel de sensor, aunque puede aplicarse en nodos que engloban conexiones múltiples de entrada-salida.

**g. ASI**

AS-I (Actuator Sensor Interface) es un bus de campo desarrollado inicialmente por Siemens, para la interconexión de actuadores y sensores binarios.

La red puede adoptar cualquier tipo de topología: estructura en bus, en árbol, en estrella o en anillo. Permite la interconexión de un máximo de 31 esclavos. La longitud máxima de cada segmento es de 100 metros. Dispone de repetidores que permiten la unión de hasta tres segmentos, y de puentes hacia redes Profibus. Como medio físico de transmisión, emplea un único cable que permite tanto la transmisión de datos como la alimentación de los dispositivos conectados a la red. El cable consta de dos hilos sin apantallamiento.

Cada esclavo dispone de hasta 4 entradas/salidas, lo que hace que la red pueda controlar hasta 124 E/S digitales.

**h. Hart**

Es un protocolo para bus de campo soportado por la HART Communication Foundation y la Fieldbus Foundation, su campo de aplicación básico es la comunicación digital sobre las líneas analógicas clásicas de los sistemas de instrumentación, manteniendo éstas en servicio. Sus prestaciones como bus de campo son reducidas.

Utiliza el bus analógico estándar 4-20 mA sobre el que transmite una señal digital modulada en frecuencia. Transmite a 1200 bps manteniendo compatibilidad con la aplicación analógica inicial y sobre distancias de hasta 3Km.

Normalmente funciona en modo maestro-esclavo.

## **CAPÍTULO II**

### **ANÁLISIS Y DISEÑO**

La Instrumentación y Control, como especialidad de Ingeniería, es aquella parte de la ingeniería que es responsable de definir el nivel de automatización de cualquier planta de proceso e instalación industrial, la instrumentación de campo y el sistema de control para un buen funcionamiento del proceso, dentro de la seguridad para los equipos y personas, de acuerdo a la planificación y dentro de los costos establecidos y manteniendo la calidad.

Siendo nuestro objetivo automatizar ciertos procesos, parece claro que primero hemos de saber como funcionan esos procesos. El tipo de automatización a implantar depende del tipo de proceso a automatizar, pero no es suficiente con aprender a automatizar cada proceso. En una moderna industria todos los procesos están conectados entre sí y desde la gestión de la empresa se pueden controlar y supervisar algunos o todos los procesos, a través de redes locales y buses de comunicación. También pueden estar en conexión los diferentes departamentos de la empresa, e incluso empresas diferentes a través de redes propias o de Internet.

Respecto a instrumentación de control, los tres elementos básicos capaces de llevar a cabo el control secuencial o la regulación continua dentro del control de procesos industriales son el llamado autómatas programables PLC, el ordenador industrial y los reguladores industriales (tanto en versión analógica como digital).

Desde el punto de vista de los autores, para las acciones de automatización se propone el siguiente proceso:

- a) Identificación del problema.
- b) Selección de la plataforma de automatización.
- c) Análisis y diseño
- d) Montaje e instalaciones industriales.
- e) Puesta en marcha.

## **2.1. ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DEL SISTEMA.**

El alcance de este trabajo considera que se realice la Ingeniería Básica, desarrollo de la Ingeniería de Detalle, Instalación, Montaje y Puesta en Marcha de:

- 1 Transmisor de presión y flujo en la línea de inyección de agua de formación.
- 2 Transmisores de nivel y presión al ingreso de los tanques de almacenamiento.
- 8 Transmisores de presión en la succión y descarga de las bombas booster y de inyección de agua de formación.
- Monitoreo y control de las bombas del sistema de inyección.

Todas las señales serán integradas en una caja de borneras (Junction Box), y de ahí a un Panel de Control con un PLC del tipo ControlLogix ubicado en el cuarto de control (Control Room), estas señales serán monitoreadas desde el centro de control ubicado en la Estación Central donde se implementará un sistema HMI con fines de mantenimiento y monitoreo del estado de la estación, lo que implicará el establecimiento de una comunicación entre dispositivos entrada/salida y control.

Haciendo analogía con la Ingeniería de Software, para el diseño bajo el estándar IEEE 830, se estimó conveniente realizar para este proyecto de automatización y puesta en marcha, el documento de especificación de requisitos del sistema, consistente en la fijación del alcance, prestaciones, seguridades, es decir, un acuerdo fijado con el cliente; con el propósito de evaluar el progreso y los resultados finales, en base al mencionado documento.

Para el efecto, se acordó que la automatización se lleve a cabo en los siguientes términos:

- El Consorcio Petrolero entregará únicamente un PLC ControlLogix de Allen Bradley completo con un chasis de 10 slots y los instrumentos que serán instalados en la estación de reinyección.
- Ensamblaje del PLC en un panel de acero inoxidable y su cableado interno en donde se incluyan borneras, portafusibles, relés, y demás consumibles, este panel se lo instalará en el cuarto de control de la estación de reinyección.
- Provisión del cableado de fuerza y control hacia campo, para llegar a una caja de paso que también será de acero inoxidable para intemperie en donde se debe incluir soportes.
- Incluye el cableado desde la caja de paso hacia cada uno de los instrumentos y al cuarto eléctrico para el arranque y monitoreo remoto de los motores de las bombas.
- Se deberá construir dos mallas para tierra de instrumentación, una en el sector del cuarto de control y otra el sector de las bombas.
- Se proveerá de un UPS marca: Powerware capacidad 3KVA el cual mantendrá como manejo de carga eléctrica el PLC y la instrumentación de campo.
- La comunicación entre la estación de inyección y la estación central será vía Ethernet, para lo cual se asignará una dirección IP. INCOPRO S.A debe proveer el conexionado del cable que se encuentra tendido entre el cuarto de control y el shelter<sup>23</sup> debajo de la antena de comunicaciones ubicada en la estación de reinyección para la comunicación entre el PLC y la estación central.
- Instalación de todos los instrumentos entregados por el consorcio petrolero, previa calibración en sitio.

---

<sup>23</sup> Cuarto de protección y conexión de instrumentos de la antena de comunicaciones.

- Tender cables hacia cada instrumento y cuarto eléctrico para el control, monitoreo y arranque local/remoto de las bombas booster y de inyección instaladas que actualmente se encuentran trabajando en modo manual.
- Instalación de relés y pruebas de arranque y parada remota desde PLC hacia arrancadores de bombas en el cuarto de control.
- Los instrumentos a instalarse son:
  - a) 2 instrumentos de presión diferencial para la medición de nivel en los tanques.
  - b) 10 instrumentos de presión manométrica.
  - c) 1 instrumento de flujo (ya se encuentra instalado).
- Pruebas de lazo.
- Pruebas punto a punto.
- Respaldo de la aplicación existente de Intouch en estación de trabajo ubicada en la estación central. Para realizar esta actividad no necesita licencias nuevas.
- Pruebas de arranque y operación, de los equipos en sitio, análisis de resultados e informe de pruebas.
- Elaboración y entrega de la filosofía de operación y del procedimiento paso a paso de arranque y operación de los equipos.
- Se entregará la documentación AS-BUILT (como quedó instalado) tanto del panel de control así como de las instalaciones realizadas, diagramas de lazo, diagramas de conexionado interno, rutas de cables, típicos de montaje, filosofía de operación y control.

## **2.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA.**

Para la realización del proyecto, los autores han estimado conveniente plantear la solución del problema, representado en el diagrama de bloques de la figura 2.1.

**B1.-** Representa al PLC que se emplea en el proyecto. Por cuestiones de homologación tecnológica se utiliza la plataforma escalable CONTROLLOGIX 5000. Éste se encargará de controlar el funcionamiento de la estación inyectora con los estados provenientes de los sensores que ingresan al mismo, gestionar las alarmas y comunicar el estado del proceso a un computador.

**B2.-** Transmisores. Son instrumentos que captan la variable de proceso y la transmiten a distancia a un instrumento receptor indicador, registrador, controlador o una combinación de estos (PLC), para cumplir las diferentes secuencias del proceso.

**B3.-** Botoneras. Son el conjunto de pulsadores de marcha y paro, con contactos normalmente abiertos (NO) y normalmente cerrados (NC), respectivamente; y los interruptores de seguridad o paradas de emergencia, que permiten la operación segura del proceso.

**B4.-** Contactores. Aún cuando en un proceso de automatización industrial, se reduce a la mínima expresión el uso de relés o contactores, estos son imprescindibles para comandar a los elementos de fuerza del proceso.

**B5.-** Corresponde al conjunto de bombas tanto de succión como de inyección que llevan acoplados motores que en su mayoría son asíncronos de corriente alterna. Se utilizan para generar una mayor presión del fluido.

**B6.-** Es la representación de una PC convencional o de una computadora de campo, a través de ésta, con el empleo del software RSLINK 5000, se puede entre otras cosas: configurar el hardware, programar y monitorear en línea al PLC, simular un programa, configurar una red, etc.

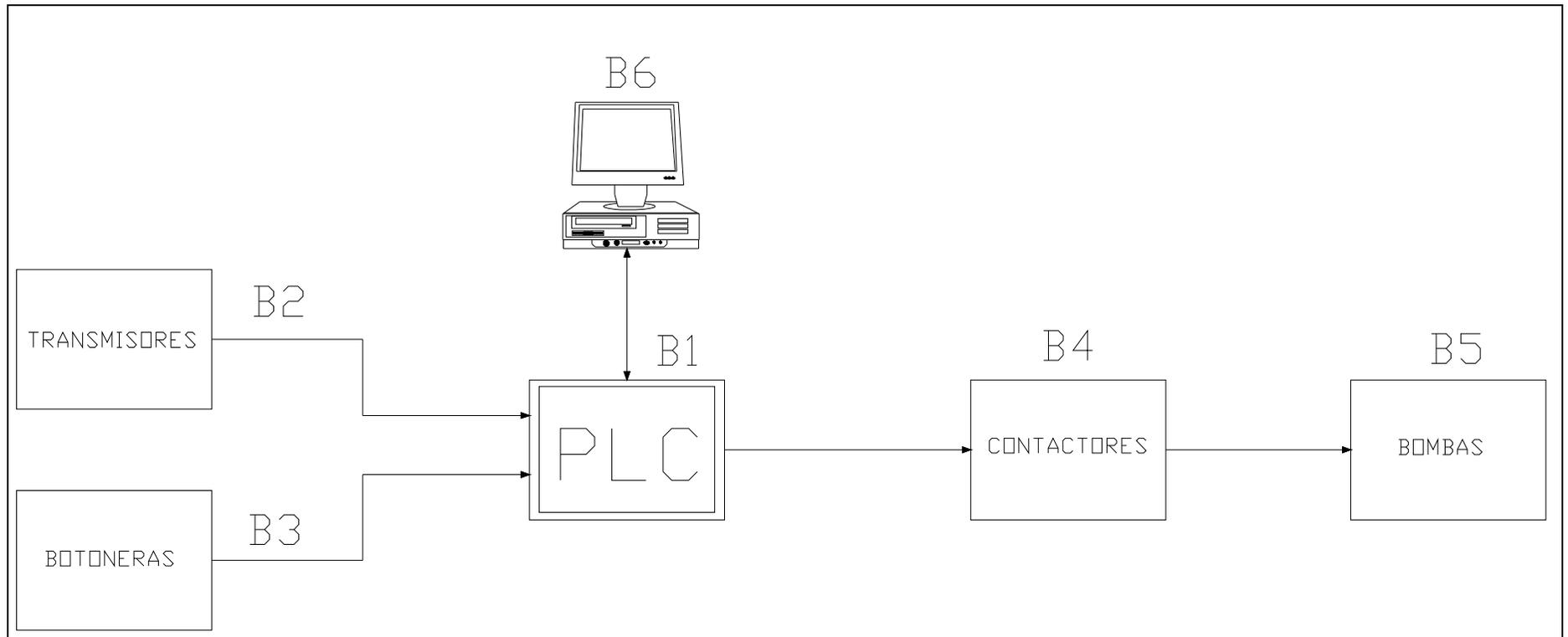


Figura 2.1. Diagrama de Bloques del Sistema

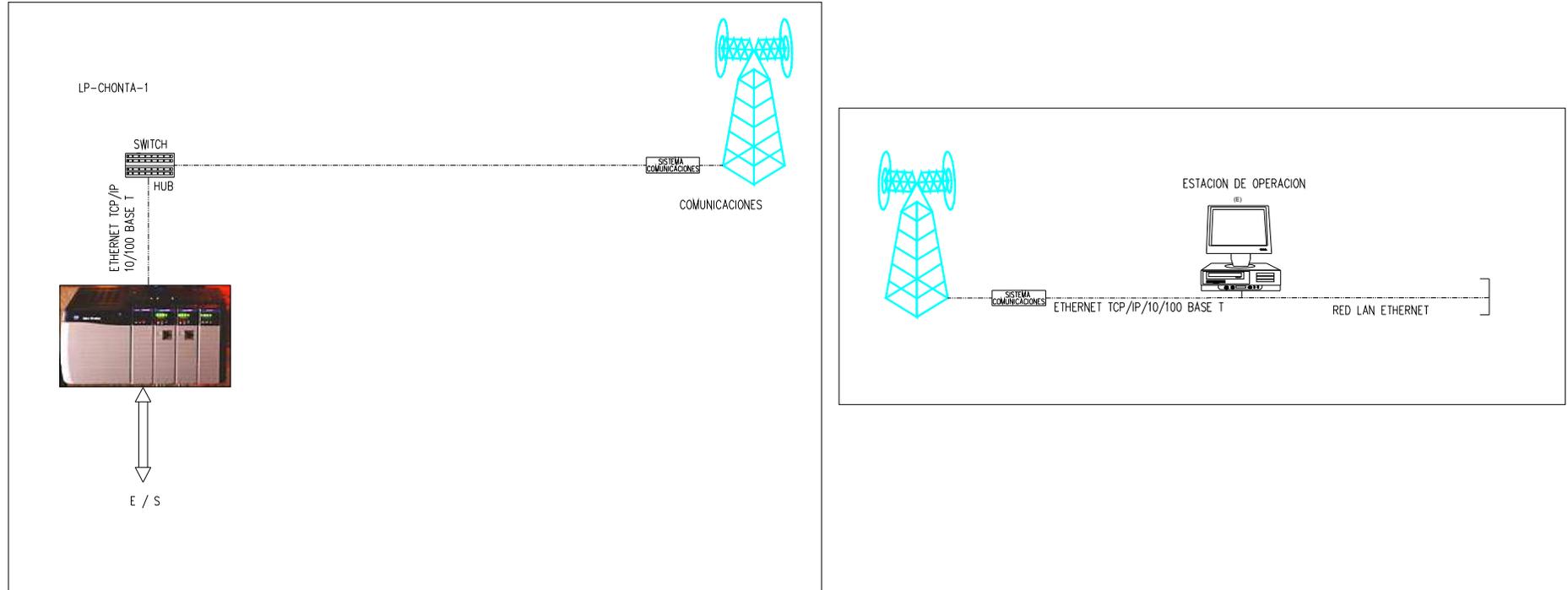
### **2.3. ARQUITECTURA DEL SISTEMA.**

La decisión de qué software y qué hardware se utilizará es fundamental. Deberá seleccionarse de acuerdo a las expectativas de crecimiento y a los servicios que se quieren ofrecer, tratando de apegarse a los estándares internacionales y a las tendencias en los sistemas y servicios de información.

El controlador debe estar en la capacidad de procesar lazos de control para ajustar los parámetros a esta aplicación y realizar una comunicación con la sala de control en la estación central con una red inalámbrica. La arquitectura del sistema se encuentra representada en la figura 2.2.

ESTACIÓN INYECTORA

ESTACIÓN CENTRAL



**Figura 2.2. Arquitectura del Sistema**

## **2.4. SELECCIÓN DE COMPONENTES.**

Como se ha comentado anteriormente, los Ingenieros de Instrumentación y Control son los responsables de definir y aplicar el nivel de automatización de las plantas de proceso e instalaciones industriales, la instrumentación de campo y el sistema de control, para el buen funcionamiento del proceso, dentro de la mayor seguridad para los equipos y personas, y con el mínimo coste.

Para los fines de una mejor identificación y codificación de los componentes, se asigna la nomenclatura que se empleará posteriormente en los planos definitivos del proyecto. Ver anexo B9, Lista de componentes.

### **2.4.1 SELECCIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS.**

Los motores eléctricos en la industria, son los actuadores más empleados e importantes, puesto que son la primera fuente de movimiento mecánico. El proceso de selección de un motor conlleva aspectos tales como: características de accionamiento; aspectos constructivos; potencia, calentamiento y refrigeración; medio ambiente; sistema aislante; aspectos de instalación, mantenimiento y protecciones.

De los antes mencionados, a más de los parámetros mecánicos, que no aparecen en el proceso de selección, dado que para los motores eléctricos, se trata de un proceso de upgrade y no de un proceso de diseño, se han tomado en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Potencia y dimensiones mecánicas requeridas
- b) Tensión y frecuencia de alimentación
- c) Velocidad requerida
- d) Tipo de mando

Analizando la expresión de la eficiencia de los motores eléctricos:

$$\eta(\%) = \frac{P_M}{P_E} * 100\% \quad (9)$$

Siendo:

$n$  = eficiencia o rendimiento en %.

$P_M$  = Potencia mecánica o de salida

$P_E$  = Potencia eléctrica o de entrada

Partiendo del conocimiento de la potencia mecánica requerida en el eje, y considerando la eficiencia típica de los motores eléctricos del 95%, se despeja  $P_E$  y se aplica la ecuación (10), para la selección de la potencia eléctrica de los motores:

$$P_E = \frac{P_M}{\eta(\%)} * 100\% \quad (10)$$

El valor de potencia obtenido, se ajusta a los valores estándares de los fabricantes de motores. En casos de aproximación, se escogerá el valor inmediato superior.

#### **a) Motor Bomba Booster P518-A.**

Potencia Mecánica: 3HP

Tensión de Alimentación: 208-230/460

Frecuencia: 60 Hz

Velocidad: 1725 rpm

Tipo de Mando: Arranque directo.

#### **Características del motor seleccionado:**

<b>Voltaje</b>	208-230/460 V
<b>Corriente</b>	9 – 8.6/4.3 A
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Velocidad</b>	1725 rpm
<b>Potencia</b>	3 HP
<b>Cos <math>\phi</math></b>	0.75

**b) Motor Bomba Booster P518-B.**

Potencia Mecánica: 3 HP

Tensión de Alimentación: 208-230/460

Frecuencia: 60 Hz

Velocidad: 1725 rpm

Tipo de Mando: Arranque directo.

**Características del motor seleccionado:**

<b>Voltaje</b>	208-230/460 V
<b>Corriente</b>	9 – 8.6/4.3 A
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Velocidad</b>	1725 rpm
<b>Potencia</b>	3 HP
<b>Cos <math>\phi</math></b>	0.75

**c) Motor Bomba de Inyección P519-A.**

Potencia Mecánica: 60 HP

Tensión de Alimentación: 230/460

Frecuencia: 60 Hz

Velocidad: 3540 rpm

Tipo de Mando: Arranque directo.

**Características del motor seleccionado:**

<b>Voltaje</b>	230/460 V
<b>Corriente</b>	132/66 A
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Velocidad</b>	3540 rpm
<b>Potencia</b>	60 HP
<b>Cos <math>\phi</math></b>	0.92

#### **d) Motor Bomba de Inyección P519-B.**

Potencia Mecánica: 60 HP

Tensión de Alimentación: 230/460

Frecuencia: 60 Hz

Velocidad: 3540 rpm

Tipo de Mando: Arranque directo.

#### **Características del motor seleccionado:**

<b>Voltaje</b>	230/460 V
<b>Corriente</b>	132/66 A
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Velocidad</b>	3540 rpm
<b>Potencia</b>	60 HP
<b>Cos <math>\varphi</math></b>	0.92

#### **2.4.2 SELECCIÓN DE TRANSMISORES**

La selección adecuada de los equipos y materiales, y sobre todo de los transmisores en un proceso industrial es un paso importante, puesto que definirá el buen funcionamiento del proceso y fundamentalmente garantiza la seguridad de los equipos y personas.

Los transmisores son instrumentos que captan la variable de proceso y la transmiten a distancia a un instrumento receptor indicador, registrador, controlador o una combinación de estos.

Toda la instrumentación de campo debe ser a prueba de agua (resistente a la corrosión y adecuada para operar en ambientes con alta precipitación y humedad) y compatibles con el servicio y condiciones ambientales existentes en el área (presencia de insectos, aves y roedores).

Para la selección de los instrumentos se deberá considerar:

- El rango
- La precisión
- La estabilidad
- La alimentación

Todos los instrumentos deberán estar identificados, la identificación debe ser resistente a las condiciones climáticas y de proceso. En la cual se señalará como mínimo lo siguiente:

- Número de identificación del instrumento “tag number”
- Fabricante
- Modelo
- Número de serie
- Rango de operación
- Datos específicos del instrumento

**a) Transmisores de Presión.**

Los transmisores de presión serán usados para el sistema de control y monitoreo remoto, los instrumentos están seleccionados con un rango de protección de la presión máxima permisible para que no sufran cambios en la calibración.

Como medida de seguridad para la selección del rango del equipo nunca deberá estar por debajo de la máxima presión ocurrida durante una situación de emergencia tal como, falla de servicios, cierre inadvertido de una válvula de bloqueo, falla de un componente del sistema, falla de señal del instrumento o de instrumentos, etc.

Según el estudio realizado se llega a determinar que es necesario colocar transmisores de presión en:

- La tubería de entrada a la estación de inyección PIT-522, encontrando la máxima presión de operación en 50 psi. Para la selección del instrumento se da un valor del

50% de la presión máxima, dando como resultado 100 psi, localizándose dentro del rango de 0 a 300 psi en la selección del instrumento.

- La entrada de las bombas booster PIT-518A-1 y PIT-518B-1, encontrando la máxima presión de operación en 5 psi. Para la selección del instrumento se da un valor del 50% de la presión máxima, dando como resultado 10 psi, localizándose dentro del rango de 0 a 200 psi en la selección del instrumento.
- La salida o descarga de las bombas booster PIT-518A-2 y PIT-518B-2, encontrando la máxima presión de operación en 25 psi. Para la selección del instrumento se da un valor del 50% de la presión máxima, dando como resultado 50 psi, localizándose dentro del rango de 0 a 300 psi en la selección del instrumento.
- La entrada de las bombas de inyección PIT-519A-1 y PIT-519B-1, encontrando la máxima presión de operación en 25 psi. Para la selección del instrumento se da un valor del 50% de la presión máxima, dando como resultado 50 psi, localizándose dentro del rango de 0 a 300 psi en la selección del instrumento.
- La salida o descarga de las bombas de inyección PIT-518A-2 y PIT-518B-2, encontrando la máxima presión de operación en 800 psi. Para la selección del instrumento se da un valor del 50% de la presión máxima, dando como resultado 1600 psi, localizándose dentro del rango de 0 a 2000 psi en la selección del instrumento.
- La entrada al pozo inyector PT-520, encontrando la máxima presión de operación en 800 psi. Para la selección del instrumento se da un valor del 50% de la presión máxima, dando como resultado 1600 psi, localizándose dentro del rango de 0 a 2000 psi en la selección del instrumento.

La tabla 2.1 muestra los datos del proceso y los requerimientos para selección del transmisor adecuado. En la tabla 2.4 se resume los resultados del proceso de selección. Las especificaciones técnicas de los transmisores de presión se muestran en el anexo E, Hojas de especificaciones técnicas.

**Tabla 2.1a. Selección de transmisores de presión.**

	PRESION DE ENTRADA A ESTACIÓN DE INYECCION DE AGUA	PRESION DE ENTRADA DE LA BOMBA P518-A	PRESION DE DESCARGA DE LA BOMBA P518-A	PRESION DE ENTRADA DE LA BOMBA P518-B	PRESION DE DESCARGA DE LA BOMBA P518-B
<b>DATOS DEL PROCESO</b>					
FLUIDO	Agua de formación	Agua de formación	Agua de formación	Agua de formación	Agua de formación
PRESION	50 PSI	5 PSI	25 PSI	5 PSI	25 PSI
TEMP. MAX/NORMAL	21 °C	21 °C	21 °C	21 °C	21 °C
<b>DATOS DEL TRANSMISOR</b>					
ALIMENTACION	24Vcc	24Vcc	24Vcc	24Vcc	24Vcc
SEÑAL DE SALIDA	4-20mA	4-20mA	4-20mA	4-20mA	4-20mA
PRECISION	≤ 1% SPAN	≤ 1% SPAN	≤ 1% SPAN	≤ 1% SPAN	≤ 1% SPAN
TIPO SENSOR	Por fabricante	Por fabricante	Por fabricante	Por fabricante	Por fabricante
RANGO TRANSMISOR	0-300 PSI	0-200 PSI	0-300 PSI	0-200 PSI	0-300 PSI
RANGO CALIBRACION	0-300 PSI	0-200 PSI	0-300 PSI	0-200 PSI	0-300 PSI
SOBREPRESION	100% del MAX. SPAN	100% del MAX. SPAN	100% del MAX. SPAN	100% del MAX. SPAN	100% del MAX. SPAN
SPAN	300 PSI	200 PSI	300 PSI	200 PSI	300 PSI
TIPO INSTRUMENTO	Presión relativa	Presión relativa	Presión relativa	Presión relativa	Presión relativa

**Tabla 2.1b. Selección de transmisores de presión.**

	PRESION DE ENTRADA AL POZO INYECTOR DE AGUA	PRESION DE ENTRADA DE LA BOMBA P519-A	PRESION DE DESCARGA DE LA BOMBA P519-A	PRESION DE ENTRADA DE LA BOMBA P519-B	PRESION DE DESCARGA DE LA BOMBA P519-B
<b>DATOS DEL PROCESO</b>					
FLUIDO	Agua de formación	Agua de formación	Agua de formación	Agua de formación	Agua de formación
PRESION MAX/NORMAL	800 PSI	25 PSI	800 PSI	25 PSI	800 PSI
TEMP. MAX/NORMAL	21 °C	21 °C	21 °C	21 °C	21 °C
<b>DATOS DEL TRANSMISOR</b>					
ALIMENTACION	24Vcc	24Vcc	24Vcc	24Vcc	24Vcc
SEÑAL DE SALIDA	4-20mA	4-20mA	4-20mA	4-20mA	4-20mA
PRECISION	≤ 1% SPAN	≤ 1% SPAN	≤ 1% SPAN	≤ 1% SPAN	≤ 1% SPAN
TIPO SENSOR	Por fabricante	Por fabricante	Por fabricante	Por fabricante	Por fabricante
RANGO TRANSMISOR	0-2000 PSI	0-300 PSI	0-2000 PSI	0-300 PSI	0-2000 PSI
RANGO CALIBRACION	0-2000 PSI	0-300 PSI	0-2000 PSI	0-300 PSI	0-2000 PSI
SOBREPRESION	100% del MAX. SPAN	100% del MAX. SPAN	100% del MAX. SPAN	100% del MAX. SPAN	100% del MAX. SPAN
SPAN	2000 PSI	300 PSI	2000 PSI	300 PSI	2000 PSI
TIPO INSTRUMENTO	Presión relativa	Presión relativa	Presión relativa	Presión relativa	Presión relativa

**b) Transmisores de Nivel**

Los transmisores de nivel serán usados para el sistema de control y monitoreo remoto, los instrumentos están seleccionados con un rango de protección de la presión máxima permisible para que no sufran cambios en la calibración.

Para el control de nivel en los tanques T-522A y T-522B se utilizará transmisores de nivel PT-522A y PT-522B respectivamente, para establecer el rango del transmisor se selecciona tal que la presión normal de operación se encuentre entre un 50% y 75% del rango, y la presión diferencial máxima no exceda el tope del rango de operación del transmisor.

**Tabla 2.2. Selección de transmisores de nivel.**

	NIVEL DEL TANQUE DE AGUA T 522A	NIVEL DEL TANQUE DE AGUA T 522B
<b>DATOS DEL PROCESO</b>		
FLUIDO	Agua de formación	Agua de formación
NIVEL MIN/NORMAL	0-160 inH <sub>2</sub> O	0-160 inH <sub>2</sub> O
PRESION MAX/NORMAL	5 PSI	5 PSI
TEMP. MAX/NORMAL	21 °C	21 °C
<b>DATOS DEL TRANSMISOR</b>		
ALIMENTACION	24Vcc	24Vcc
SEÑAL DE SALIDA	4-20mA	4-20mA
PRECISION	≤ 1% SPAN	≤ 1% SPAN
APLICACION	PRESION	PRESION
TIPO ELEMENTO	DIAFRAGMA	DIAFRAGMA
RANGO TRANSMISOR	0-1000 inH <sub>2</sub> O	0-1000 inH <sub>2</sub> O
RANGO CALIBRACION	0-1000 inH <sub>2</sub> O	0-1000 inH <sub>2</sub> O
SPAN	1000 inH <sub>2</sub> O	1000 inH <sub>2</sub> O
INDICADOR LOCAL	NO	NO

En la tabla 2.4 se resume los resultados del proceso de selección. Las especificaciones técnicas de los transmisores se muestran en el anexo E, Hojas de especificaciones técnicas.

**c) Transmisores de Caudal.**

Para el control de flujo de agua que ingresa al pozo de inyección se utiliza preferentemente un medidor de tipo ultrasónico PIT-520, de acuerdo a los requerimientos de precisión y las características del fluido.

**Tabla 2.3. Selección de transmisores de caudal.**

		CAUDAL DE ENTRADA AL POZO INYECTOR DE AGUA
<b>DATOS DEL PROCESO</b>		
FLUIDO	Agua de formación	
CAUDAL MAX/NORMAL	300 m <sup>3</sup> /h	
PRESION MAX/NORMAL	800 PSI	
TEMP. MAX/NORMAL	21°C	
DENSIDAD	0.49 CP	
VISCOCIDAD	61.38 lb/ft <sup>3</sup>	
<b>SENSOR</b>		
PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	Ultrasonido	
PRECISION	≤ 1% SPAN	
<b>DATOS DEL TRANSMISOR</b>		
ALIMENTACION	24Vcc	
SEÑAL DE SALIDA	4-20mA	
PRECISION	≤ 1% SPAN	
RANGO TRANSMISOR	0-2 MBPD	

Como se mencionó anteriormente el transmisor de caudal ya se encuentra instalado en la estación de reinyección por lo que simplemente se tomará las señales para su posterior visualización dentro del sistema HMI.

**Tabla2.4. Resultados del proceso de selección de transmisores.**

<b>N°</b>	<b>TAG N°</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>CALIBRACIÓN</b>	<b>MODELO</b>
1	LT-522 A	Transmisor de nivel	TK-522 A	0-160 inH <sub>2</sub> O	3051L3AB0GD21AAK5L5F7Q4
2	LT-522 B	Transmisor de nivel	TK-522 B	0-160 inH <sub>2</sub> O	3051L3AB0GD21AAK5L5F7Q4
3	PIT-522	Transmisor de presión	Presión de entrada a la estación	0-300 psi	3051CGA4A23A1A
4	PIT-518A-1	Transmisor de presión	Succión de bomba booster P-518A	0-200 psi	3051CG4A22A1AB4M5
5	PIT-518A-2	Transmisor de presión	Descarga de bomba booster P-518A	0-300 psi	3051HG4A22AD21AM5B6K5Q4
6	PIT-518B-1	Transmisor de presión	Succión de bomba booster P-518B	0-200 psi	3051CG4A22A1AB4M5
7	PIT-518B-2	Transmisor de presión	Descarga de bomba booster P-518B	0-300 psi	3051S2CG4A2E11A1AE5M5
8	PIT-519A-1	Transmisor de presión	Succión de bomba de inyección P-519A	0-300 psi	3051HG4A22AD21AM5B6K5Q4
9	PIT-519A-2	Transmisor de presión	Descarga de bomba de inyección P-519A	0-2000 psi	3051HG5A22AD21AM5B6K5Q4
10	PIT-519B-1	Transmisor de presión	Succión de bomba de inyección P-519B	0-300 psi	3051HG4A22AD21AM5B6K5Q4
11	PIT-519B-2	Transmisor de presión	Descarga de bomba de inyección P-519B	0-2000 psi	3051HG5A22AD21AM5B6K5Q4
12	PIT-520	Transmisor de presión	Presión de inyección a pozo	0-2000 psi	3051CG5A22A1AE5M5T1Q8

## **2.5. DISEÑO, CONFIGURACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL PLC.**

La configuración del autómata es un proceso mediante el que se determina como y donde se sitúan los distintos componentes del sistema de control. La configuración dependerá de la tarea de control propiamente dicha y del tipo de control que se haya decidido y contempla tanto los elementos del autómata como sus periféricos.

Durante la elaboración del algoritmo de control, se han determinado las entradas y salidas, tanto discretas como analógicas, y estas se han relacionado mediante diagramas o esquemas lógicos: la cantidad y tipo de las E/S determina qué componentes son necesarios.

La mejor manera de realizar la configuración es confeccionar un mapa de direccionado, en el que mediante una representación de las estructuras de E / S se indica qué componentes se ubican en el local junto a la unidad central y cuáles se sitúan en posiciones remotas. Concluida la configuración del sistema, pueden comenzar simultáneamente dos trabajos: la programación y la instalación.

Dadas las características constructivas y de diseño de los autómatas programables, su instalación es viable en prácticamente cualquier ambiente industrial siempre que no se sobrepasen las especificaciones dadas por el fabricante. No obstante, existen ciertas recomendaciones prácticas para asegurar un correcto funcionamiento del sistema, que atañen principalmente a las condiciones de temperatura y humedad y a la inmunidad frente a interferencias eléctricas.

En general el autómata se montará en un armario de maniobra de dimensiones adecuadas para contener con holgura los componentes del equipo y el resto de elementos, como interruptores / seccionadores y fuentes de alimentación, circuitos de protección, conductos de cableado, etc. se recomienda el empleo de armarios metálicos ya que minimizan los efectos de la radiación electromagnética generada por equipos de conmutación instalados en las inmediaciones. Para la instalación, se seguirán las normas y reglamentos vigentes de aplicación habitual en cualquier instalación eléctrica de control.

La convección natural es suficiente ya que la mayoría de los fabricantes preparan los autómatas para que trabajen a una temperatura máxima de 60°.

#### **a. Ubicación de los componentes**

Los componentes del PLC se montarán siguiendo las recomendaciones del fabricante y en todo caso se pueden seguir las siguientes pautas de aplicación general:

- Es recomendable el montaje vertical de los componentes para facilitar la convección y disipación del calor.
- Las fuentes de alimentación deberán ocupar una posición por encima del resto de componentes y en la parte superior del armario, ya que son generadores de calor.
- La CPU ocupará una posición adyacente o por debajo de las fuentes de alimentación, en la zona superior del armario, quedando a una altura que facilite su inspección.
- Los módulos de E/S estarán dispuestos de la forma más conveniente para el acceso y cableado en el espacio libre.
- Se dejarán espacios suficientes entre ellos para una adecuada disipación del calor.
- Para el resto de componentes del sistema, se recomienda su instalación en posiciones lo más alejadas posible del equipo, principalmente si se trata de componentes electromecánicos, para minimizar las interferencias electromagnéticas.

#### **b. Cableado**

Siempre que sea posible, en la configuración del sistema se intentará agrupar los módulos por categorías en cuanto a entradas/salidas, tensión alterna o continua, señales discretas o analógicas.

Una configuración por grupos permite un cableado racional y una necesaria segregación de los cables de señal débil respecto a los que alimentan cargas, y de los de comunicaciones. Siempre que sea posible se separan los cables de corriente directa con respecto de los de corriente alterna, tal como lo recomienda la directiva de compatibilidad electromagnética de la Comunidad Europea CE 89/336, para minimizar

las interferencias producidas por la conmutación de cargas y también los cables de interconexión de bastidores (racks) y de comunicaciones se separan completamente de otros.

**c. Puesta a tierra**

Se seguirá lo especificado en la normativa vigente EN50178 y las recomendaciones de los fabricantes, pero hay que recordar que cada uno de los bastidores del PLC, deben estar unidos mediante un cable independiente de sección adecuada, a la platina de tomas de tierra del armario. Nunca deben compartirse circuitos de tierra entre bastidores con otros componentes del sistema.

**d. Circuitos de seguridad**

Los dispositivos de parada de emergencia se instalarán con independencia del PLC, para permitir la parada del sistema aún en caso de avería del mismo; en general, deben actuar sobre un contactor de maniobra que corta la alimentación a las cargas de la instalación.

**e. Circuitos de disposición de E/S**

En general, o por lo menos para los dispositivos de salida, es deseable que exista un contactor de maniobra que permita cortar la alimentación de esos elementos y que hará posible trabajar con seguridad en la puesta a punto o investigación de averías, con el PLC alimentado.

**f. Alimentación**

Se emplearán transformadores separadores de alimentación ya que proporcionan una buena protección frente a interferencias introducidas en las líneas por la conmutación de cargas importantes existentes en la instalación.

En caso de que se prevea la existencia de variaciones de tensión en la línea de alimentación que puedan superar los márgenes de trabajo especificados para el equipo, se deberá instalar transformadores estabilizadores para alimentar a los circuitos de control.

**g. Consideraciones sobre la instalación de E/S.**

Cuando se emplean dispositivos electrónicos de detección como elementos de entrada, hay que tener en cuenta la corriente residual de los mismos (sensores de 2 hilos de corriente alterna). En general, el problema se reduce a que el indicador de entrada se ilumina tenuemente, pero en ocasiones, cuando la corriente residual es elevada, o dependiendo de los umbrales de disparo del circuito de entrada, pueden darse señales falsas.

Los circuitos de salida controlan habitualmente cargas inductivas (relés o contactores), que provocan la aparición de picos de tensión cuando se interrumpe el circuito de alimentación (descarga del circuito inductivo). Estas crestas, que pueden alcanzar varios centenares de voltios, deben ser suprimidas, ya que pueden averiar los circuitos de salida (estáticos) y provocar interferencias en todo el sistema. Los fabricantes suelen incorporar supresores de transitorios en los circuitos de los módulos de salida pero a veces no son suficientes para evitar anomalías. En el caso de los relés de estado sólido se incorporan varistores en el lado de la carga.

En general los módulos de salida incorporan circuitos de protección dimensionados adecuadamente a las características nominales de la salida (transistor, triac); sin embargo, se redunda esta protección a través de fusibles instalados en la regleta de borneras, dimensionados de acuerdo a la corriente de la carga.

**h. Puesta a punto**

Una vez montado e instalado el equipo y cargado el programa en la memoria de la CPU, hay que poner en marcha el sistema para comprobar que responde adecuadamente a la descripción de la tarea de control original, y en su caso realizar las correcciones y mejoras oportunas.

Antes de energizar hay que realizar una serie de comprobaciones rutinarias pero importantes:

- Comprobar que todos los componentes del PLC están en su lugar perfectamente insertados y asegurados en sus conectores.

- Comprobar que la línea de alimentación está conectada a los correspondientes terminales de la fuente de alimentación del equipo, y que se distribuye adecuadamente a los módulos de entrada y salida.
- Verificar que los cables de interconexión entre bastidores están correctamente instalados.
- Verificar que los cables de conexión a periféricos están correctamente instalados.
- Verificar que las conexiones de las borneras están firmes y corresponden al esquema de cableado.
- Verificar que las conexiones a los módulos de E/S están firmes y corresponden al esquema de conexiones.

Previo al ensayo de funcionamiento según lo programado, hay que comprobar que los dispositivos de E/S funcionan correctamente:

- Con el equipo en PARO (STOP) aplicar tensión al sistema.
- Verificar que los indicadores de diagnóstico de la CPU reflejan una situación correcta.
- Comprobar que los paros de emergencia actúan correctamente.
- Accionar los dispositivos de entrada manualmente y verificar que su estado es registrado por el PLC; el funcionamiento se puede seguir en los indicadores de los módulos y también se puede seguir visualizando la tabla de E/S mediante un equipo de programación.

Para la comprobación de los dispositivos de salida, hay que cortar la alimentación de las cargas que pudieran dar lugar a situaciones peligrosas y verificar con el PLC en MARCHA (RUN) que las salidas se activan. Esta comprobación resulta más fácil si se utiliza un terminal de programación en el modo "forzado de E/S" para activar o desactivar las salidas una a una. En el caso del PLC CONTROLLOGIX 5000, se lo realiza a través de una PC, a través del programa RSlogix 5000, previamente instalado.

Una vez finalizadas todas las comprobaciones anteriores, hay que introducir el programa en la memoria de la CPU y energizar el sistema. Se recomienda, siempre que

sea posible, que las pruebas de funcionamiento se realicen por áreas, particularmente si se trata de sistemas grandes, dejando fuera de servicio los componentes de las áreas que no se prueban; esto puede realizarse cortando la alimentación de campo de los módulos de E/S o inhibiendo su funcionamiento, incluyendo las oportunas instrucciones en el programa MCR (Master Control Relay) que se eliminarán una vez concluidas las pruebas.

Verificadas y corregidas las distintas secuencias, el sistema puede arrancar en automático debiendo funcionar correctamente si todas las comprobaciones se han efectuado con éxito. Las correcciones efectuadas, tanto en la instalación como en el programa deben ser documentadas inmediatamente, y se obtendrán copias del programa definitivo.

El diseño del hardware del PLC se basará en la plataforma CONTROLLOGIX, la cual dispone de una gran variedad de CPUs, módulos estándar y especiales para la configuración del PLC.

### 2.5.1 DISEÑO DE LA CPU

Se recalca que por motivo de homologación tecnológica, se planteó la solución del problema utilizando el PLC CONTROLLOGIX 5000. Las necesidades de automatización con el PLC, se resumen a continuación:

<b>Descripción</b>	<b>Requerimiento</b>
Entradas discretas	Mayor o igual a 13
Salidas discretas	Mayor o igual a 4
Entradas analógicas	Mayor o igual a 14
Memoria de programa	Mayor o igual a 32 Kb
Temporizadores	Mayor o igual a 4
Contadores	Mayor o igual a 10
Funciones de programa	Mayor o igual a 10
Función de test y puesta en marcha	Sí

Por disponibilidad y cumplimiento de los parámetros técnicos deseados, se utiliza la CPU 1756-L55M12. Adicional para la comunicación entre el PLC y la estación central será Ethernet por lo que se utilizará el Módulo de Comunicaciones 1756-ENBT/ETH.

Las especificaciones de la CPU seleccionada se detallan en el anexo E, Hojas de especificaciones técnicas.

### **2.5.2 DISEÑO DE LOS MÓDULOS DE ENTRADAS DISCRETAS**

El sistema de inyección requiere eminentemente entradas discretas, por lo tanto, los parámetros considerados para la selección de los módulos de entradas son:

<b>Descripción</b>	<b>Requerimiento</b>
Número de entradas	9
Tipo de entrada	DC NPN
Tensión de entrada	24 Vdc
Corriente de entrada	Menor a 10 mA
Longitud del cable	Mayor a 100 m

La familia RSLOGIX 5000 provee de módulos que agrupan 8, 16 ó 32 entradas discretas. Por lo tanto, se seleccionó un módulos de 32 entradas que cumplen con las necesidades del proyecto, y que corresponden al modelo 1756-IB32/B ID, cuyas características se detallan en el anexo E, Hojas de especificaciones técnicas.

### **2.5.3 DISEÑO DE LOS MÓDULOS DE SALIDAS DISCRETAS**

En lo que se refiere a las salidas discretas a utilizarse en el proyecto, los parámetros considerados para la selección de los módulos de salidas discretas son:

<b>Descripción</b>	<b>Requerimiento</b>
Número de salidas	4
Tipo de salida	A Relé
Tensión de carga nominal	24Vdc
Corriente de carga	Mayor a 500 mA
Longitud del cable	Mayor a 60 m

La familia de RSLOGIX 5000 dispone de módulos de salida discretas de 8, 16 ó 32 salidas discretas. Por lo tanto, se seleccionó dos módulos de 16 salidas que cumplen con las necesidades del proyecto, y que corresponden al modelo 1756-OW16I ORELAY, cuyas características se detallan en el anexo E, Hojas de especificaciones técnicas.

#### **2.5.4 DISEÑO DE LOS MÓDULOS DE ENTRADAS ANALÓGICAS**

El sistema de inyección requiere eminentemente entradas analógicas, por lo tanto, los parámetros considerados para la selección de los módulos de entradas son:

<b>Descripción</b>	<b>Requerimiento</b>
Número de entradas	14
Tipo de entrada	AC
Corriente de entrada	4-20mA
Longitud del cable	Mayor a 50 m

La familia RSLOGIX 5000 provee de módulos que agrupan 8, 16 ó 32 entradas discretas. Por lo tanto, se seleccionó un módulo de 16 entradas que cumplen con las necesidades del proyecto, y que corresponden al modelo 1756IF16AI, cuyas características se detallan en el anexo E, Hojas de especificaciones técnicas.

### 2.5.5 DISEÑO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN DEL PLC

La fuente de alimentación se diseña tomando en cuenta el consumo de corriente de cada uno de los componentes del PLC, a continuación se muestra el cálculo respectivo de la corriente total:

<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Corriente (A)</b>
CPU 1756-L55M12	1	0.7
Entradas digitales 1756-IB32/B	1	0.15
Salidas digitales 1756-OW16I	2	0.3
Entradas Analógicas 1756-IF16 AI	1	0.15
Módulos adicionales Modbus y Ethernet	2	1
Corriente total		2.3

Por lo tanto, se selecciona una fuente de alimentación de 24V de corriente continua con una capacidad de 5A, cuyas características se detallan en el anexo E, hojas de especificaciones técnicas. Adicionalmente se dejará instalada una fuente de alimentación adicional por motivos de seguridad.

## 2.6 DISEÑO DE LOS PLANOS ELÉCTRICOS Y DE INSTRUMENTACIÓN.

El diseño de los planos eléctricos se los realizó tomando como base los planos originales proveídos por la empresa petrolera, los cuales fueron la base inicial para el reconocimiento de las partes eléctricas; así como para efectuar los cambios respectivos en los circuitos de control y potencia del proceso. Ver anexo B, planos eléctricos y de instrumentación.

### 2.6.1. DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN (P&ID).

En el proceso de reinyección de agua se emplea un sistema especial de símbolos con el objeto de interpretar de una forma más fácil y específica el proceso.

La simbología a ser utilizada, en los planos de diagramas de tuberías e instrumentación (P&ID's), será de acuerdo a la norma ISA S 5.1 "Instrument Symbols and Identification".

El diagrama de tuberías e instrumentación describe de forma simplificada el sentido de flujo hacia las diferentes áreas del proceso en la estación de reinyección; se tiene los tanques de almacenamiento de agua, las bombas de succión y de inyección, Mostrándose claramente los sentidos de flujo así los componentes que intervienen en este proceso como son: Tanques de almacenamiento, bombas, transmisores. Ver anexo B1, diagramas de tuberías e instrumentación.

### **2.6.2. PLANO DE LOCALIZACIÓN DE INSTRUMENTOS.**

En estos planos se representa la localización física de los diferentes componentes, como son: (Ver anexo B2, planos de localización de instrumentos)

- Motores eléctricos
- Transmisores
- Paradas de Emergencia.

### **2.6.3 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PANEL ELÉCTRICO.**

En el diagrama de bloques del panel eléctrico se detalla la distribución de instrumentos dependiendo de su ubicación, paquetes o equipos según el tipo, sean estos analógicos o digitales; hay ocasiones en que las empresas tienen cajas de borneras (JB), una sola para señales digitales y otras solo para señales analógicas. Ver anexo B3, diagrama de bloques del panel eléctrico.

En general en el diagrama de bloques del panel eléctrico se detalla:

- Instrumentos (transmisores, botoneras)
- El cableado de instrumentos y JB's hasta el PLC.
- Tipos de cables (pares, conductores).
- Comunicaciones (redes) que se utilizan para la conexión entre Plc – computador.

#### **2.6.4 DISEÑO DEL PANEL DE CONTROL.**

Para seleccionar el tablero de control se debe considerar la ubicación, distancias, número de instrumentos y señales a concentrar (entradas/salidas analógicas y digitales).

Se seleccionó un tablero para control el cual permitirá realizar el control y monitoreo de todas las señales de campo, éste estará situado en el cuarto de control, además existe una caja de conexión para concentrar las señales.

El dimensionamiento del panel se lo hace en base a la cantidad de señales a controlar y considerando espacios de reserva para una futura ampliación del control, para seleccionar el PLC se considera el número de entradas y salidas analógicas, tarjetas de comunicación.

Según lo considerado anteriormente se obtiene un sistema un PLC CONTROLlogix, tiene un chasis de 10 slot, 2 fuentes. Ver anexo B4, diseño del panel de control.

Para instalar el panel de control es necesario la inspección de cada uno de los instrumentos, debidamente calibrados y configurados, además para la instalación se debe registrar las conexiones eléctricas de todos los instrumentos, así como del panel de control local, se debe mantener un correcto registro de las actividades de montaje, pruebas FAT (Pruebas de aceptación en fábrica), SAT (Pruebas de aceptación en sitio) realizadas al panel mediante un registro.

Adicionalmente se deberá incluir los detalles para la construcción de soportes para el panel de control y las cajas de conexión instaladas para todos los equipos incorporados al sistema.

#### **2.6.5 PLANO DE LOCALIZACIÓN DE PANELES.**

En estos planos se representa la localización física de diferentes componentes, como son:

- Caja de Bornes.
- Paneles de Control.

Ver anexo B5, plano de localización de paneles.

### **2.6.6 DIAGRAMA DE TERMINALES ELÉCTRICOS.**

En este diagrama se detallan todos los terminales de entrada y salida tanto del PLC, de relés, de los paneles de control y cajas de borneras.

A cada terminal y a cada grupo de terminales se le asigna un nombre para su identificación, el grupo de terminales dependerá del tipo de señal pudiendo ser esta analógica, digital, señales de entrada, señales de salida, etc. Ver anexo B6, diagrama de terminales eléctricos.

Se tiene diferentes terminales eléctricos como son:

- **TB-0** almacena todas las señales analógicas de entrada, es alimentada con 24 Vdc desde el TB-DC conteniendo 16 señales con un grupo de 32 borneras y 16 fusibles de 0.5 A de protección para instrumentos.
- **TB-01** almacena todas las señales digitales de entrada, es alimentada con 24 Vdc desde el TB-DC conteniendo 32 señales con un grupo de 64 borneras y 32 fusibles de 0.5 A de protección para instrumentos.
- **TB-02** almacena todas las señales digitales de salida, es alimentada con 24 Vdc desde el TB-DC conteniendo 16 señales con un grupo de 32 borneras y 16 fusibles de 0.5 A de protección para instrumentos.
- **TB-04** almacena todos los relés que van con cada salida del módulo de salidas digitales que pasan primeramente por TB-02 para protección, es alimentada con 24 Vdc desde el TB-DC conteniendo 16 señales.

**TB-DC** se utiliza como suministro de energía de 24 Vdc la alimentación de estas borneras provienen de la fuente de poder dimensionada para contener 6 señales con su respectivo fusible obteniendo un bloque de 12 borneras.

**TB-AC** para suministro de energía de 110 VAC, conforma un bloque de 7 puntos, cada punto contiene 2 borneras de 110 VAC y una bornera de tierra obteniendo un bloque de 21

borneras, la tierra de todas las borneras son direccionadas a la tierra de instrumentos por seguridad.

Para el sistema de tierra de instrumentos se realizó una barra de cobre donde se concentran todas las señales de tierra de instrumentos por seguridad esta barra debe estar aislada del doble fondo, la conexión de esta barra esta aterrizada a una malla de tierra de instrumentos con una resistencia menor a 1 ohm.

### **2.6.7 CIRCUITO ELÉCTRICO DE POTENCIA Y CONTROL DE MOTORES.**

Esta parte muestra las conexiones eléctricas de los elementos de potencia como son:

- Motores eléctricos
- Protecciones eléctricas
- Circuitos de alimentación auxiliar

Ver anexo B7, circuito eléctrico de potencia y control de motores.

### **2.6.8 DIAGRAMA DE LAZO DE INSTRUMENTOS.**

Para la elaboración de los diagramas de lazo de los instrumentos se aplica la norma ISA 5.4 “Instrument Loop Diagram”, esta norma cubre el contenido para el dibujo de un diagrama de lazo, y no produce ninguna nueva definición para el proceso. Esta norma proporcionará los lineamientos para la preparación y utilización de diseño de diagramas de lazo de instrumentos, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y modificación en sistemas de instrumentación.

Los diagramas de lazo realizados están clasificados de acuerdo al área de localización de instrumentos y actuadores, ver Anexo B8, Diagramas de Lazo de Instrumentos, como se observa una división en tres zonas que se detallan a continuación:

1. Localización de instrumento en campo: se muestra las borneras de conexión del instrumento, modelo, rango y tag del instrumento.

2. Borneras de conexionado (Caja de conexión): se muestra el terminal de bloques de bornera, tag de la bornera e identificación del cable.
3. Borneras en el Panel de Control: se indica el tipo de señal, slot a ser conectado, terminal de bloque de las borneras, tag de la bornera y el canal del controlador y control mediante el PLC.

## **2.7 DISEÑO DEL SOFTWARE DE CONTROL**

Partiendo de la estructura de programación de los PLCs de la familia CONTROLLOGIX 5000 que emplea el software RSLOGIX 5000, se tiene cuatro formas de programación:

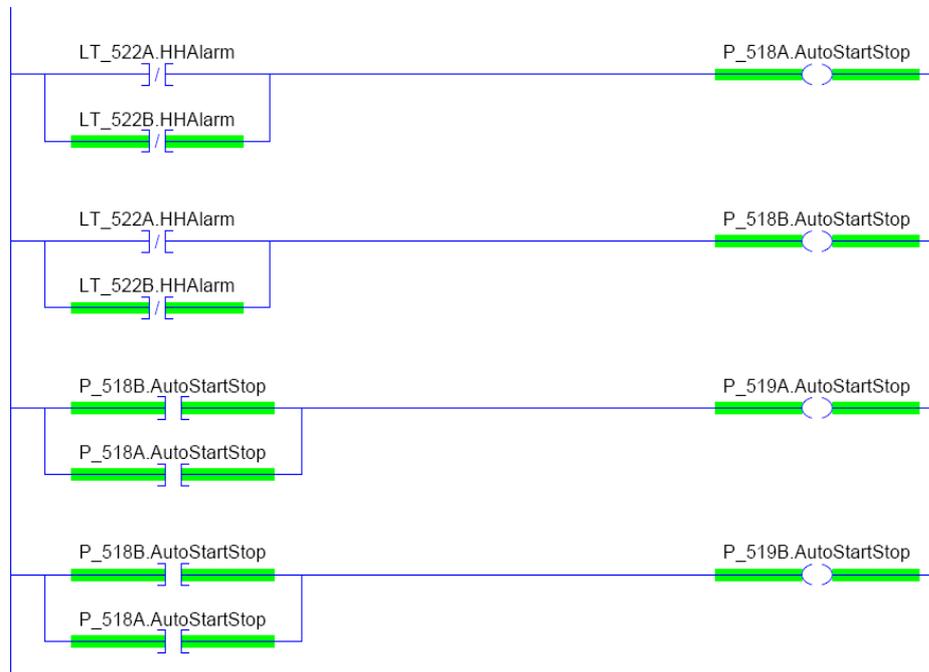
- Lógica de escaleras a relé o diagrama de contactos en escalera o ladder. Se aplica cuando el desarrollador está familiarizado con diagramas eléctricos.
- Diagrama de bloques o funciones lógicas, utilizan la estructura compatible con la programación gráfica.
- Texto estructurado, para programación de funciones matemáticas complejas.
- Diagramas de funciones secuenciales, para administrar la administración de programas y rutinas.

Para el desarrollo del software de control del presente proyecto se empleó el lenguaje de diagrama de contactos por ser la técnica de programación más compatible con los circuitos de control industrial caracterizados por el predominio de señales discretas de entrada y salida.

Para la mejor comprensión del software de control del PLC, se divide en ocho funciones:

### **2.7.1. ALARMAS**

La función Alarmas del proceso se encarga de la gestión de las condiciones de emergencia que pudieran provocarse durante el funcionamiento del proceso, para lo cual la lógica de control se muestra en la figura 2.3.



**Figura 2.3. Lógica para la gestión de alarmas del proceso.**

La marca auxiliar ("AutoStartStop") establece la condición de emergencia. La activación de esta marca responde a los estados de nivel de los tanques y de presión de las bombas.

En el momento que se activan las alarmas de nivel HH (alto alto) de los tanques, en el caso de operación automática se apagan automáticamente las bombas, y en caso de operación manual el operador deberá apagarlas.

En el momento que se activan las alarmas de nivel LL (bajo bajo) de los tanques, en el caso de operación automática se activarán automáticamente las bombas, y en operación manual el operador deberá activarlas.

Cada una de las emergencias gestionadas en la función activan una marca auxiliar diferente, que es monitoreada en el HMI de la estación inyectora.

El detalle de esta función se muestra en el anexo D, Listado del programa del PLC: "ALARMAS"

### **2.7.2. PERMISIVOS DE LAS BOMBAS**

Esta función permite proteger a las bombas de inyección; en el proceso es recomendable arrancar primero las bombas booster (succión) y después de un poco tiempo las bombas de inyección debido a que si no se lo hace de esta manera las bombas de inyección se sobrecalentarían por no tener un líquido para poder inyectar.

Verificar siempre que las bombas booster posean permisivo para el arranque automático ya sea en el modo Secuencia o en el modo Operador, de no poseerlo proceder a reconocer y resetear las fallas. Esta función se muestra en el anexo C, Listado del programa del PLC: PERMISIVOS.

### **2.7.3. TIMERS**

Esta función permite retardar el arranque de las bombas de inyección para protegerlas de esta manera, su tiempo de retardo es de 20 segundos al encendido de las bombas booster. Si se trabaja en modo operador (manual) verificar siempre que las bombas de inyección posean permisivo para el arranque, de no poseerlo proceder a reconocer y resetear las fallas. Esta función se muestra en el anexo C, Listado del programa del PLC: TIMERS.

### **2.7.4. ANALOG INPUT**

Esta función permite aceptar las señales análogas que ingresan de los transmisores y asignarlas una dirección dentro del PLC para de esta manera redireccionarlas para visualizarlas dentro del programa HMI. Esta función se muestra en el anexo C, Listado del programa del PLC: ANALOG INPUT.

### **2.7.5. DIGITAL INPUT**

Esta función permite aceptar las señales digitales que ingresan de los instrumentos (botoneras, estado de los motores) y asignarlas una marca dentro del PLC para de esta manera visualizarlas dentro del programa HMI. Esta función se muestra en el anexo C, Listado del programa del PLC: DIGITAL INPUT.

### **2.7.6. DIGITAL OUTPUT**

Esta función se encarga de asignar una salida para poder controlar el encendido y apagado de los motores, además se visualiza y se controla su funcionamiento dentro del programa HMI. Esta función se muestra en el anexo C, Listado del programa del PLC: DIGITAL OUTPUT.

### **2.7.7. PUMPS**

Esta función se encarga del funcionamiento de los motores de las bombas tanto de succión como de inyección en los siguientes aspectos:

- Comandos de bloqueo o desbloqueo por alarmas de nivel alto o bajo dentro de los tanques.
- Comandos de bloqueo o desbloqueo por alarmas de nivel alto o bajo de los transmisores.
- Operación de las bombas en modo automático.

La activación de los motores de las bombas se encuentra bajo las siguientes condiciones:

- Pulsantes de emergencia.
- Alto o bajo nivel del agua de los tanques.
- Alta o baja presión en las bombas.
- Alta o baja presión en las el pozo.

Esta función se muestra en el anexo C, Listado del programa del PLC: PUMPS.

### **2.7.8. TANKS**

Esta función se encarga del funcionamiento de:

- Aceptación de alarmas.
- Reseteo de alarmas.

- Verificación del estado de bombas y pulsadores.
- Fijación de alarmas L, LL, H, HH de todos los transmisores.

Esta función se muestra en el anexo C, Listado del programa del PLC: TANKS.

## **2.8. DISEÑO DE LAS INTERFACES HMI**

Uno de los objetivos planteados en este proyecto, es el de crear HMIs para el proceso, que brinden las siguientes funciones:

- Visualización y Control del estado de funcionamiento del proceso, a través del estado de los sensores.
- Indicación y gestión de alarmas: tiempo en el que se produjo, aceptación. Esta función permitirá detectar y corregir rápidamente tales eventos.

Para el diseño de las interfaces HMI, se utilizó la metodología empleada en la programación visual, que consiste en los siguientes pasos:

1. Diseño de las interfaces gráficas de cada página, utilizando botones, íconos, y figuras que ayuden a deducir y facilitar la operación. Además, de acuerdo a los principios de la ingeniería de la usabilidad, que recomienda entre otros aspectos: utilizar colores de fondo de tonos pasteles, no exagerar el uso de colores, controles e imágenes, incluir solo la información necesaria y estandarizar los botones de comando en todas las páginas.
2. Vincular los controles con las variables de control internas y provenientes del PLC, comúnmente conocidas como tags internas y externas, respectivamente.
3. Incluir las líneas de código que sean necesarias para las interfaces HMI. Se debe tener muy claro, que éstas no deben incluir por ningún motivo líneas de programa que sean parte de la lógica de control del proceso, aún cuando esto sea posible. El paradigma de un HMI correcto, es que el proceso debe funcionar aún cuando el HMI se encuentre fuera de funcionamiento. En cambio, si es válido incluir acciones de parametrización y encendido/apagado, cuya lógica será validada por el controlador del proceso.

## 2.8.1. PANTALLA PRINCIPAL.

La pantalla principal visualiza el estado de funcionamiento de los transmisores, sensores y dispositivos de mando de la estación de reinyección, para lo cual se relaciona cada elemento con su respectivo nombre o tag, además cada imagen esta enlazada con su respectivo dispositivo de control o sensor, ayudando con esto a la familiarización de la pantalla con el proceso. La figura 2.4. muestra la vista general de la estación de reinyección.

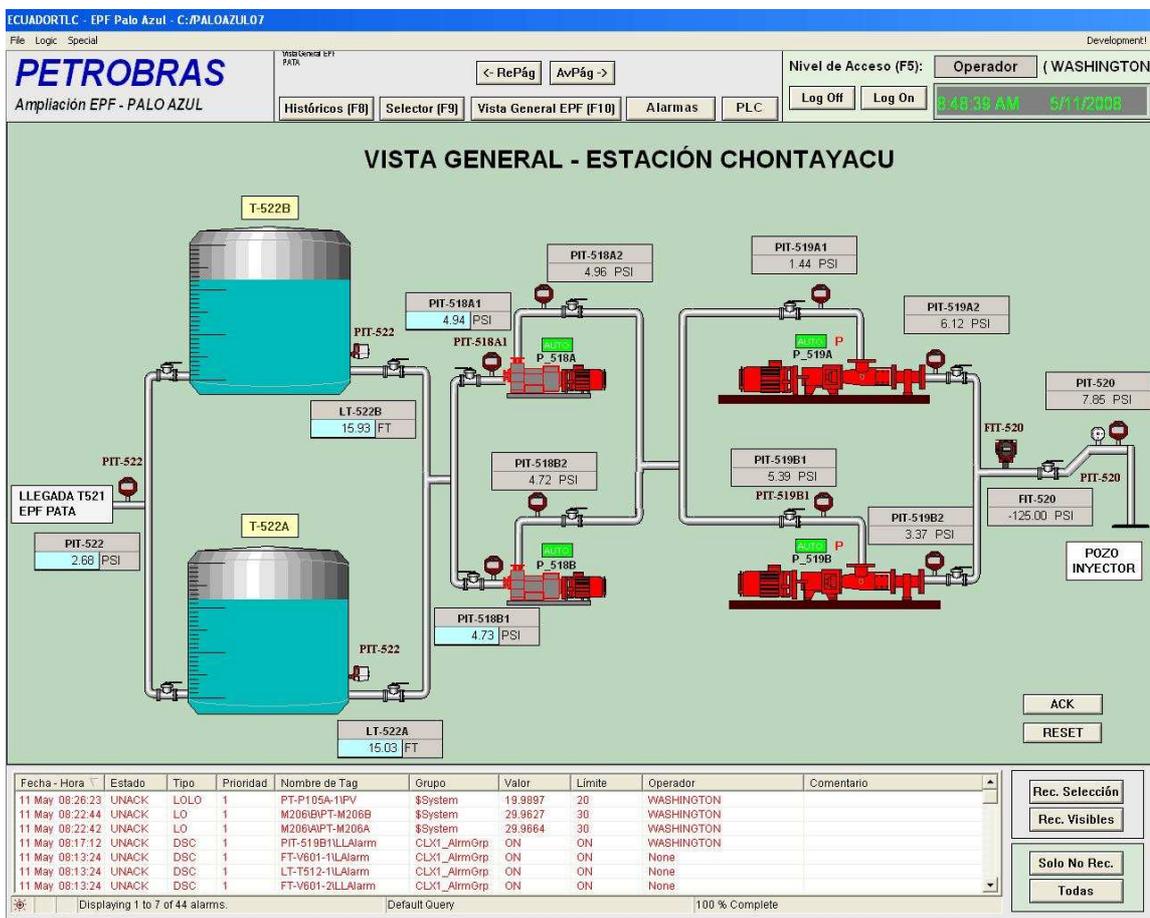


Figura 2.4. Pantalla principal de la estación de reinyección de agua.

## 2.8.2. PANTALLA DE SELECCIÓN.

La Pantalla de selección como su nombre lo indica selecciona el modo en el que se desea operar, este puede ser en modo Operador o en modo secuencial. Ver figura 2.5.

Cuando se trabaja en modo Secuencia las bombas serán controladas por los niveles de los tanques Alto Alto para arrancar y Bajo Bajo para parar la bomba. Los sets a los cuales se encuentra ubicadas las alarmas de Bajo Bajo, Bajo, Alto y Alto Alto pueden ser cambiados siempre y cuando se apruebe dicho cambio por los supervisores de las áreas ligadas a producción.

En modo Operador la acción de paro y arranque de las bombas deben ser controladas por el operador.

Además existen iconos de reconocimiento (Rec.) y Reseteo (Reset) de alarmas.



**Figura 2.5. Pantalla de selección de modo operador y modo secuencial.**

### **2.8.3. PANTALLA DE FIJACIÓN DE ALARMAS DE NIVEL.**

En esta pantalla se visualiza el tag y el nivel del tanque, además se puede variar el set de las alarmas. Ver figura 2.6.

Existen protecciones para cada una de los tanques (Alarma de Alta Alta y Baja Baja presión), las mismas que apagarán el equipo al cual se encuentra asociado indiferente del modo en el cual se encuentre operando.

Los niveles bajo bajo de los T-522 A/B y Alta presión en la línea de descarga apagarán el sistema de inyección, además existen íconos de reconocimiento (Rec.) y Reseteo (Reset) de alarmas.

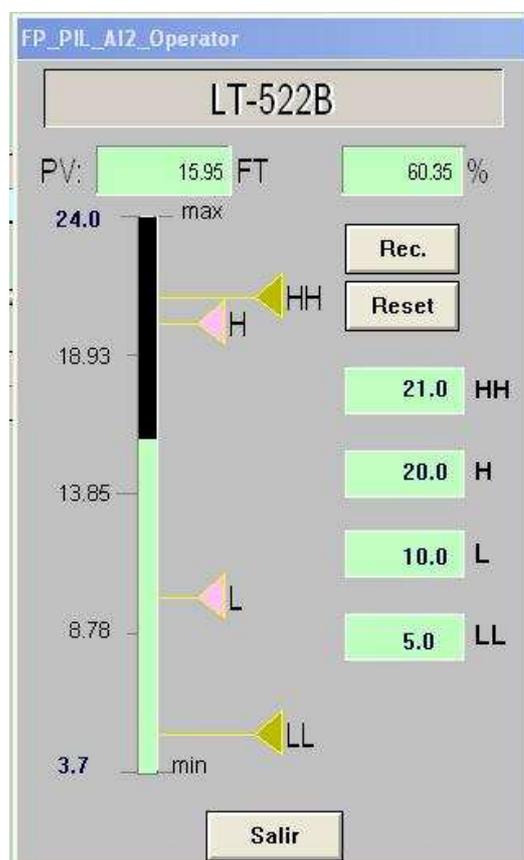


Figura 2.6. Pantalla de Fijación de alarmas de nivel.

#### 2.8.4. PANTALLA DE FIJACIÓN DE ALARMAS DE PRESIÓN.

En esta pantalla se visualiza el tag y la presión tanto a la entrada como a la salida de la Bomba, además se puede variar el set de las alarmas. Ver figura 2.7.

Existen protecciones para cada una de las bombas (Alarma de Alta Alta y Baja Baja presión), las mismas que apagarán el equipo al cual se encuentra asociado indiferente del modo en el cual se encuentre operando.

Los niveles bajo bajo de los T-522 A/B y Alta presión en la línea de descarga apagarán el sistema de inyección. Además existen iconos de reconocimiento (Rec.) y Reseteo (Reset) de alarmas.

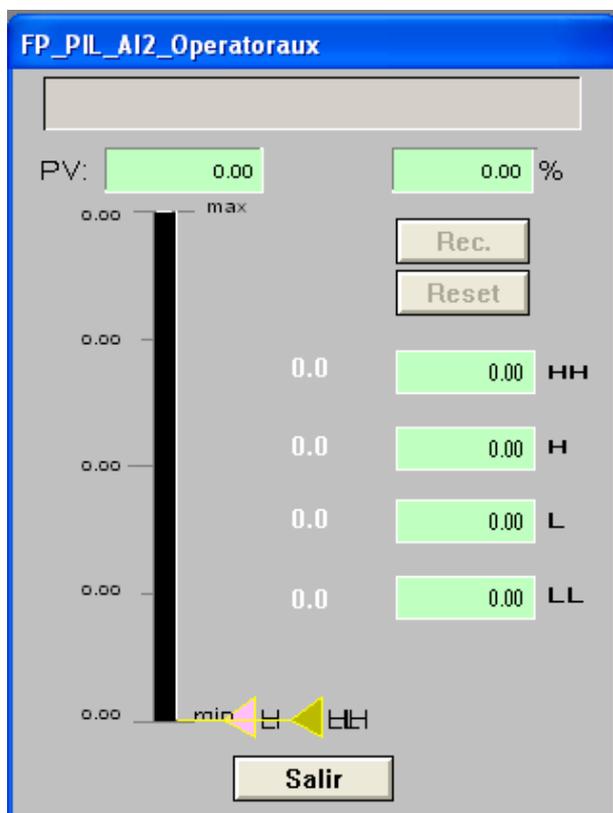


Figura 2.7. Pantalla de Fijación de alarmas de presión.

### 2.8.5. PANTALLA DE HISTÓRICOS.

Las curvas históricas permiten visualizar la evolución con respecto al tiempo de un dato en forma de curva o tendencia. En esta pantalla se muestra los datos históricos de los niveles de los tanques de almacenamiento de agua, además se encuentra el ícono que permite retornar a la pantalla principal de la estación de reinyección. Ver figura 2.8.



**Figura 2.8. Pantalla de Fijación históricos de la estación de reinyección.**

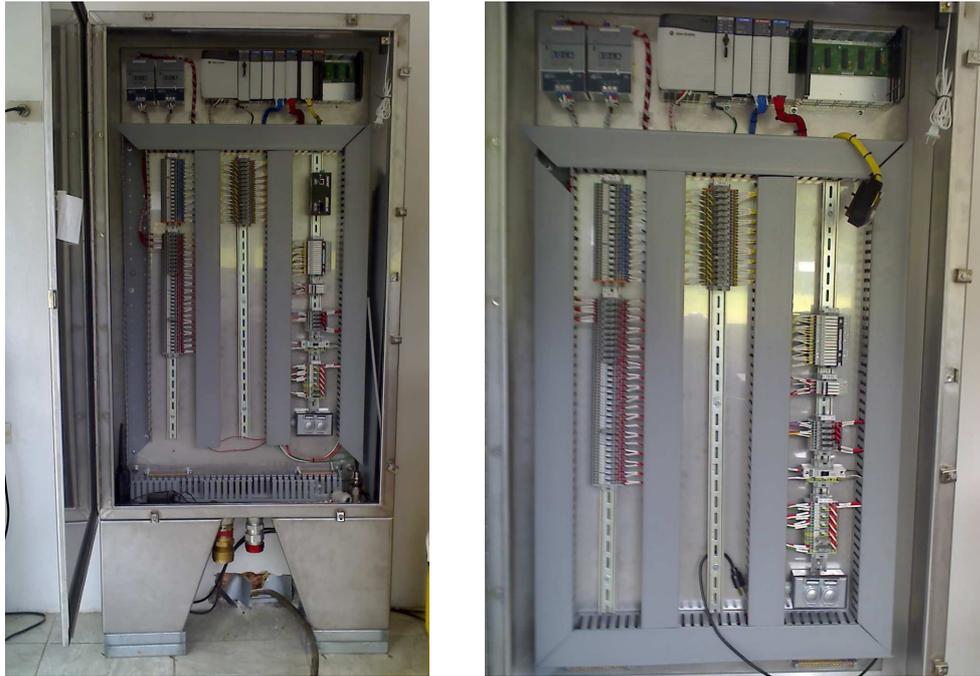
## **CAPÍTULO III**

### **PRUEBAS EXPERIMENTALES**

#### **3.1. DETALLES DE CONSTRUCCIÓN.**

El sistema diseñado fue implementado en base a los criterios de optimización de procesos, máximo uso de las instalaciones, máximo rendimiento y calidad del producto, minimización en el tamaño requerido de nuevas instalaciones.

Todas las señales se encuentran centralizadas en un panel de control local LCP-001, estas señales vienen desde una caja de conexión denominada JB-001, la misma que contiene un doble fondo, con sus respectivas protecciones como se muestra en la figura 3.1. Panel de control.



**Figura 3.1. Panel de control (LCP).**

La conexión de los instrumentos se encuentra ubicada en una caja de conexión, la cual se encuentra debidamente dimensionada, conectada y con su respectiva protección (Malla de Tierra). La figura 3.2 muestra la caja de conexiones.



**Figura 3.2. Caja de conexiones (JB).**

En la figura 3.3 se observa los diferentes transmisores instalados en las distintas áreas para el sistema de inyección del agua de formación como son:

- Entrada a los tanques (transmisor de presión PIT-522).
- Nivel de los tanques (transmisores de nivel LT-522A y LT-522B).
- Bombas de succión (transmisores de presión PIT-518A-1/2 y PIT-518B-1/2).
- Bombas de inyección (transmisores de presión PIT-519A-1/2 y PIT-519B-1/2).
- Entrada al pozo (transmisor de presión PT-520 y transmisor de flujo FIT-520).



**a) Transmisor de presión.**



**b) Transmisor de nivel.**



**c) Transmisor de presión.**



**d) Transmisor de flujo.**

**Figura 3.3. Transmisores instalados.**

La figura 3.4 muestra los equipos certificados o patrones utilizados para la calibración de los instrumentos. La calibración se la realizó en campo con el equipo certificado de prueba FLUKE 743B.



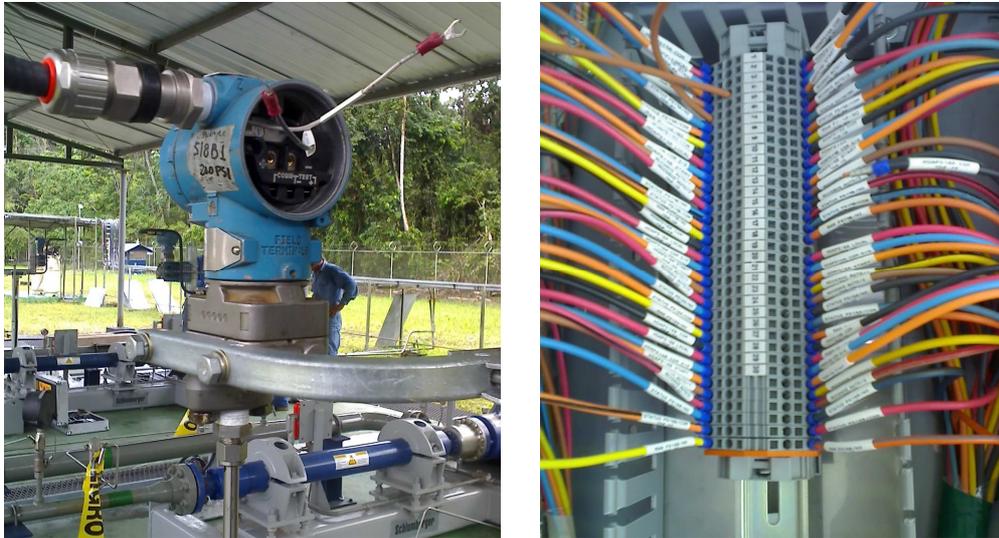
**Figura 3.4. Equipos certificados.**

La figura 3.5 muestra el tendido de cable para instrumentación y de control que se van a la caja de conexión y hacia los diferentes instrumentos.



**Figura 3.5. Tendido de cable.**

La figura 3.6 muestra la instalación y conexión de transmisores, panel de control (LCP) y caja de conexiones (JB).



**Figura 3.6. Instalación y conexión.**

En la figura 3.7 se muestra el detalle de construcción e instalación de bandejas porta cables para bandeja de 6" y 4".



**Figura 3.7. Bandejas porta cables.**

La implementación de la nueva instrumentación que se utilizó está acoplada sobre unos soportes. En la figura 3.8 se muestra el detalle de montaje de los soportes utilizados para los transmisores y para la caja de conexión.



a) Soporte para la caja de conexiones.



b) Soporte para los transmisores.

Figura 3.8. Soportes.

### 3.2. MEDICIÓN Y PRUEBAS EXPERIMENTALES.

Para comprobar el presente documento que constituye el planteamiento general para el sistema de control y monitoreo, que se lleva a cabo para asegurar el proceso de inyección de agua y que cumpla con todos los requerimientos desde que el agua ingresa a los tanques hasta que ésta es inyectada al pozo. Se realiza procedimientos y registros para la instalación de la instrumentación y nuevos equipos, como son:

- Tendido de Cable. (Ver tabla 3.1).
- Elaboración de Bandejas y soportes. (Ver tabla 3.2).
- Pruebas punto a punto y continuidad de cables. (Ver tabla 3.8).
- Calibración de instrumentos. (Ver tabla 3.3).
- Montaje e instalación de instrumentos. (Ver tabla 3.4).
- Pruebas de lazo. (Ver tabla 3.5).

- Pruebas FAT (Pruebas de aceptación en fábrica.) y SAT (Pruebas de aceptación en sitio.) para el tablero de control y la caja de conexión. (Ver tabla 3.6).

Toda esta información es revisada hasta su aprobación, una vez aprobado y finalizado el proyecto se elabora la documentación certificada denominada AS-BUILT (Ver Anexos A, B, C, D, E) y la elaboración de un Dossier de Calidad el cual contiene todos los registros y procedimientos, certificados de calidad de los equipos y materiales, certificado de los equipos patrones, actas, reportes del avance de obra diario, semanal y mensual, pre-comisionado y comisionado, etc.

El comisionado es la prueba final que se realiza a la instrumentación de campo, las mismas que se realizan desde cada instrumento hacia el sistema HMI. Considerando que la principal visión es la prevención de accidentes y el control de pérdidas en la ejecución de las operaciones de la compañía, en el comisionado se realiza un análisis en el que se introduce dentro del sistema HMI desviaciones respecto a su comportamiento normal, de esta manera se comprueba el correcto funcionamiento del sistema.

**Tabla 3.1. Tendido de cable.**

 Servicios de Instrumentación y Control de Procesos S.A.		<b>TENDIDO DE CABLE</b>								FECHA:	
		REV: 1	PAG: 1/1								
PROYECTO: AUTOMATIZACION ESTACIÓN INYECTORA											
CLIENTE:						UBICACIÓN:					
ITEM	CABLE No.	CONDUCTOR No/TAMAÑO DE CABLE	DESDE	HASTA	LONGITUD	MARCA	MODELO	ROUTING	APROB QA/QC	APROB CLIENT	OBSERVACIONES
1	16 AWG	1 - 2 PR # 16 SHLD IA	LT-522 A	JB-001	144,00	OKONITE	561-60-3402				
2	16 AWG	1 - 2 PR # 16 SHLD IA	LT-522 B	JB-001	124,00	OKONITE	561-60-3402				
3	16 AWG	1 - 2 PR # 16 SHLD IA	PIT-522	JB-001	160,00	OKONITE	561-60-3402				
4	16 AWG	1 - 2 PR # 16 SHLD IA	PIT-518A-1	JB-001	44,00	OKONITE	561-60-3402				
5	16 AWG	1 - 2 PR # 16 SHLDIA	PIT-518B-1	JB-001	44,00	OKONITE	561-60-3402				
6	16 AWG	1 - 2 PR # 16 SHLD IA	PIT-519A-1	JB-001	35,00	OKONITE	561-60-3402				
7	16 AWG	1 - 2 PR # 16 SHLD IA	PIT-519B-2	JB-001	35,00	OKONITE	561-60-3402				
8	16 AWG	1 - 2 PR # 16 SHLD IA	PIT-520	JB-001	126,00	OKONITE	561-60-3402				
9	16 AWG	1 - 2 PR # 16 SHLD IA	FIT-520	JB-001	15,00	OKONITE	561-60-3402				
10	14 AWG	1 - 9 C # 14 AWG CA	HOA-518A	JB-001	94,00	GARDEX	HW30701409				
11	14 AWG	1 - 9 C # 14 AWG CA	HOA-518B	JB-001	96,00	GARDEX	HW30701409				
12	14 AWG	1 - 9 C # 14 AWG CA	HOA-519A	JB-001	32,00	GARDEX	HW30701409				
13	14 AWG	1 - 9 C # 14 AWG CA	HOA-519B	JB-001	32,00	GARDEX	HW30701409				
14		1-5E 4PR24(UL) DA	MED ENERGIA	JB-001	60,00	BELDEN	5E 4PR24(UL)				
15	14 AWG	1 - 3 C # 14 AWG PS	UPS	JB-001	50,00	GARDEX	HW30701403				
16	14 AWG	1 - 9 C # 14 AWG CA	GABETA 3 MCC	JB-001	35,00	GARDEX	HW30701409				
17	14 AWG	1 - 9 C # 14 AWG CA	GABETA 4 MCC	JB-001	35,00	GARDEX	HW30701409				
18	14 AWG	1 - 9 C # 14 AWG CA	GABETA 5 MCC	JB-001	35,00	GARDEX	HW30701409				
19	14 AWG	1 - 9 C # 14 AWG CA	GABETA 6 MCC	JB-001	35,00	GARDEX	HW30701409				
20	14 AWG	1-37 C # 14 AWG CB	JB001	LCP-001	100,00	NEXANS	HW30701437				
21		1 - 24PR # 16 SHLD IB	JB001	LCP-001	100,00	GARDEX	HW3041624P				
22		1-3 C # 14 AWG PS	JB001	LCP-001	100,00	GARDEX	HW30701403				
DOC. CLIENTE #. 1211102-08-169-IV-1-IC003											
SUPERVISOR - INCOPRO S.A.				QA/QC - INCOPRO S.A.				FISCALIZADOR CLIENTE			
NOMBRE:				NOMBRE:				NOMBRE:			
FIRMA:				FIRMA:				FIRMA:			
FECHA:				FECHA:				FECHA:			

**Tabla 3.2. Instalación de bandejas y soportes**

 Servicios de Instrumentación y Control de Procesos S.A.	<b>INSTALACION BANDEJAS PORTACABLES Y SOPORTES</b>				FECHA:		
	REV. A		PAG:				
<b>PROYECTO: AUTOMATIZACION ESTACIÓN INYECTORA</b>							
CLIENTE:				UBICACIÓN:			
Planos de referencia: _____							
_____							
_____							
Nº	Descripción	Ref.		Fecha	Inspector Approval		Approval
		C	F		C	F	
<b>BANDEJAS PORTACABLES</b>							
1	Ubicación de soportes						
2	Alineación de bandejas						
3	Instalación de los clamps de bandejas						
4	Instalación de juntas de expansión						
5	Instalación de curvas						
6							
7							
8							
9							
10							
11							
<b>REF: C: ICP F: Cliente NA: No Aplicable I: Inspección E: ejecución M: Monitoreo SI: Seguridad Industrial V: Verificación de Documentos</b> NC: No Conformidad							
Notas: _____ _____ _____							
<b>SUPERVISOR - INCOPRO S.A.</b>		<b>QA/QC - INCOPRO S.A.</b>		<b>FISCALIZADOR - CLIENTE</b>			
NOMBRE:		NOMBRE:		NOMBRE:			
FIRMA:		FIRMA:		FIRMA:			
FECHA:		FECHA:		FECHA:			

Tabla 3.3. Calibración de instrumentos.

		<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</b>					
Servicio de Instrumentación y Control de Procesos S. A.							
<b>DEPARTAMENTO TÉCNICO</b>							
<b>Locación:</b>	ESTACIÓN INYECTORA		<b>Fecha:</b>				
<b>Identificación :</b>	LT-522A		<b>Proyecto No.:</b>				
<b>Instrumento:</b>	TRANSMISOR INDICADOR DE NIVEL		<b>Certificado No.-</b>				
<b>Calibrado por:</b>							
<b>DATOS DEL INSTRUMENTO</b>							
<b>TAG No.</b>	<b>Modelo No.</b>	3051 L3AB06D21AAK5L5F7Q4	<b>Señal:</b>	4 a 20 mA			
LT-522A	<b>Serial No.</b>	1522652	<b>Rango:</b>	0 a 160 in H2O <i>i</i>			
	<b>Manufact.</b>	ROSEMOUNT	<b>Precisión ( ± ):</b>	0,07%			
<b>CALIBRACIÓN DE TRANSMISOR DE NIVEL</b>							
TRANSMISOR	ENTRADA			SALIDA			
	EQUIPO	.mA	in H2O	BANDA BAJA .mA	ACTUAL .mA	BANDA ALTA .mA	ERROR .mA
PIT	FLUKE 743B	4,00	0,00	3,986	4,004	4,014	0,02
	FLUKE 743B	8,00	40,00	7,986	8,003	8,014	0,02
	FLUKE 743B	12,00	80,00	11,986	12,006	12,014	0,03
	FLUKE 743B	16,00	120,00	15,986	16,004	16,014	0,02
	FLUKE 743B	20,00	160,00	19,986	20,010	20,014	0,05
<b>Lugar de Calibración:</b>	ESTACIÓN INYECTORA						
<b>Temperatura Ambiente:</b>	21° C						
<b>PATRÓN UTILIZADO</b>							
<b>Equipo:</b>	FLUKE 743B		<b>Número de Serie:</b>	91300601			
<b>Certificado de Calibración Valido Hasta:</b>	23/03/2008		<b>Rango de Tolerancia:</b>	0,03			
<b>Módulo:</b>	FLUKE 700P07 PRESSURE MODULE		<b>Número de Serie:</b>	91400708			
<b>Certificado de Calibración Valido Hasta:</b>	23/03/2008		<b>Rango de Tolerancia:</b>	0,12			
TÉCNICO INCOPRO S.A							

**Tabla 3.4. Instalación de instrumentos.**

 Servicios de Instrumentación y Control de Procesos S.A.		<b>INSTALACION INSTRUMENTOS</b>				FECHA:	
						REV: 1	PAG: 1/1
<b>PROYECTO: AUTOMATIZACION ESTACIÓN INYECTORA</b>							
<b>CLIENTE:</b>				<b>UBICACIÓN:</b>			
<b>DESCRIPCION:</b>				<b>TAG:</b>			
Nº	Descripción	Ref.		Fecha	Inspector Approval		Approval
		C	F		C	F	Q A
1	Los instrumentos montados a una altura apropiada						
2	Instrumentos ubicados en una posición segura						
3	Libre de vibración						
4	Verificación de no interferir con instalaciones adyacentes						
5	Los materiales de tubing adecuados						
6	Técnicas adecuadas en la instalación del tubing y buena apariencia						
7	Los conductores de señal y potencia tiene apropiada separación						
8	Tubing de proceso conectadas a partes apropiadas						
9	Todas los accesorios del tubing torquedadas de acuerdo a especificaciones						
<b>REF: C: ICP F: Cliente NA: No Aplicable I: Inspección E: ejecución M: Monitoreo SI: Seguridad Industrial V: Verificación de Documentos</b> <b>NC: No Conformidad</b>							
<b>Notas:</b> _____ _____							
<b>SUPERVISOR - INCOPRO S.A.</b>		<b>QA/QC - INCOPRO S.A.</b>			<b>FISCALIZADOR - CLIENTE</b>		
NOMBRE:		NOMBRE:			NOMBRE:		
FIRMA:		FIRMA:			FIRMA:		
FECHA:		FECHA:			FECHA:		

Tabla 3.5. Pruebas de lazo.

 <b>ESPE</b> <small>ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO CAMINO A LA EXCELENCIA</small>		PROYECTO: AUTOMATIZACION ESTACION INYECTORA						
DOC. No.		PRUEBAS DE LAZO				Hoja N° 1		
Gerencia Instalaciones de Superficie								
INTERLOCK	DESCRIPCION	TAG	PLC	HMI	ACCION	APROB		
						SI	NO	NA
IF16	TRANSMISOR DE NIVEL T-522 A	LT-522A	OK	OK	OK			
IF16	TRANSMISOR DE NIVEL T-522 B	LT-522B	OK	OK	OK			
IF16	TRANSMISOR INDICADOR DE PRESION	PIT-518A-1	OK	OK	OK			
IF16	TRANSMISOR INDICADOR DE PRESION	PIT-518A-2	OK	OK	OK			
IF16	TRANSMISOR INDICADOR DE PRESION	PIT-518B-1	OK	OK	OK			
IF16	TRANSMISOR INDICADOR DE PRESION	PIT-518B-2	OK	OK	OK			
IF16	TRANSMISOR INDICADOR DE PRESION	PIT-519A-1	OK	OK	OK			
IF16	TRANSMISOR INDICADOR DE PRESION	PIT-519A-2	OK	OK	OK			
IF16	TRANSMISOR INDICADOR DE PRESION	PIT-519B-1	OK	OK	OK			
IF16	TRANSMISOR INDICADOR DE PRESION	PIT-519B-2	OK	OK	OK			
IF16	TRANSMISOR INDICADOR DE PRESION	PIT-522	OK	OK	OK			
IF16	TRANSMISOR INDICADOR DE PRESION	PIT-520	OK	OK	OK			
RELAY OUTPUT	STAR STOP BOMBAS	P519A	OK	OK	OK			
RELAY OUTPUT	STAR STOP BOMBAS	P519B	OK	OK	OK			
RELAY OUTPUT	STAR STOP BOMBAS	P518A	OK	OK	OK			
RELAY OUTPUT	STAR STOP BOMBAS	P518B	OK	OK	OK			
IB32	PARADA DE EMERGENCIA	ESD	OK	OK	OK			
SUPERVISOR - INCOPRO S. A.		QA/QC INCOPRO S. A			FISCALIZADOR - CLIENTE			
NOMBRE:		NOMBRE:			NOMBRE:			
FIRMA		FIRMA			FIRMA			
FECHA:		FECHA:			FECHA:			

Tabla 3.6. Pruebas FAT.

				PROYECTO: AUTOMATIZACION ESTACION INYECTORA.						
DOC. No.				PLANILLA MICRO LOGIX 5561 NIVEL VOLTAJE BORNERAS				Hoja N°		
Gerencia Instalaciones de Superficie										
CONTROLADOR		TAG	NTINUID	NIVEL V.	ENTRADA	SALIDA	SUPERVISOR			
BORNERA	TERMINAL		VALOR FUSIBLE		mA			CHECK	APROBADO	NOTES
					4	12	20			
CONTROLDADOR	TB-0	1 +	TB11-VCC1(24VDC)	0.5 A						
		2 -	I:0.DATA 00							
		3 +	TB11-VCC1(24VDC)	0.5 A						
		4 -	I:0.DATA 01							
		5 +	TB11-VCC1(24VDC)	0.5 A						
		6 -	I:0.DATA 02							
		7 +	TB11-VCC1(24VDC)	0.5 A						
		8 -	I:0.DATA 03							
		9 +	TB11-VCC1(24VDC)	0.5 A						
		10 -	I:0.DATA 04							
		11 +	TB11-VCC1(24VDC)	0.5 A						
		12 -	I:0.DATA 05							
		13 +	TB11-VCC1(24VDC)	0.5 A						
		14 -	I:0.DATA 06							
		15 +	TB11-VCC1(24VDC)	0.5 A						
		16 -	I:0.DATA 07							
	17 +	TB11-VCC1(24VDC)	0.5 A							
	18 -	I:0.DATA 08								
	19 +	TB11-VCC1(24VDC)	0.5 A							
	20 -	I:0.DATA 09								
	21 +	TB11-VCC1(24VDC)	0.5 A							
	22 -	I:0.DATA 10								
	23 +	TB11-VCC1(24VDC)	0.5 A							
	24 -	I:0.DATA 11								
	25 +	TB11-VCC1(24VDC)	0.5 A							
	26 -	I:0.DATA 12								
	27 +	TB11-VCC1(24VDC)	0.5 A							
	28 -	I:0.DATA 13								
	29 +	TB11-VCC1(24VDC)	0.5 A							
	30 -	I:0.DATA 14								
	31 +	I:0.DATA 15	0.5 A							
	32 -	I:0.DATA 15								
TB-01	1+	TB11-VCC3(24VDC)	0.5 A							
	2-	I:1.DATA 00								
	3+	TB11-VCC3(24VDC)	0.5 A							
	4-	I:1.DATA 01								
	5+	TB11-VCC3(24VDC)	0.5 A							
	6-	I:1.DATA 02								
	7+	TB11-VCC3(24VDC)	0.5 A							
	8-	I:1.DATA 03								
	9+	TB11-VCC3(24VDC)	0.5 A							
	10-	I:1.DATA 04								
	11+	TB11-VCC3(24VDC)	0.5 A							
	12-	I:1.DATA 05								
	13+	TB11-VCC3(24VDC)	0.5 A							
	14-	I:1.DATA 06								
	15+	TB11-VCC3(24VDC)	0.5 A							
	16-	I:1.DATA 07								

CONTRATISTA

PROVEEDOR

CLIENTE

### **3.3. CALIBRACIÓN E INSTALACIÓN DE INSTRUMENTOS.**

Para efectuar la calibración de los instrumentos es necesario poseer la siguiente información.

- Permiso de trabajo
- Hoja de Especificación de instrumentos
- Registro de calibración de instrumentos
- Planos:
  - Localización de instrumentos
  - Detalle de montaje de los instrumentos.

La calibración se la realiza previo a la instalación del instrumento, por defecto los instrumentos que son nuevos vienen calibrados de fábrica pero se debe hacer una confirmación de la misma.

La calibración es la comparación entre una medida patrón (equipo certificado) con el instrumento, la misma que se la realiza en el laboratorio verificando las señales del 0 al 100 por ciento de la variable de acuerdo al rango a ser calibrado.

La tabla 3.7 describe el rango de calibración ideal y el rango de calibración real de los instrumentos instalados en la estación de inyección, dentro de los cuales se tiene a los transmisores de presión, de nivel y de flujo.

**Tabla 3.7. Rangos de calibración de los transmisores: ideal vs real.**

<b>RANGOS DE CALIBRACIÓN DE LOS TRANSMISORES</b>			
<b>ORD.</b>	<b>INSTRUMENTO</b>	<b>IDEAL</b>	<b>REAL</b>
1.	PIT-522	0-300 PSI	0-298,1 PSI
2.	LT-522A	0-160 inH <sub>2</sub> O	0-158,4 inH <sub>2</sub> O
3.	LT-522B	0-160 inH <sub>2</sub> O	0-158,4 inH <sub>2</sub> O
4.	PIT-518A-1	0-200 PSI	0-198,7 PSI
5.	PIT-518A-2	0-300 PSI	0-298,1 PSI
6.	PIT-518B-1	0-200 PSI	0-198,7 PSI
7.	PIT-518B-2	0-300 PSI	0-297,4 PSI
8.	PIT-519A-1	0-300 PSI	0-298,1 PSI
9.	PIT-519A-2	0-2000 PSI	0-1983,8 PSI
10.	PIT-519B-1	0-300 PSI	0-298,1 PSI
11.	PIT-519B-2	0-2000 PSI	0-1983,8 PSI
12.	PT-520	0-2000 PSI	0-1983,8 PSI
13.	FIT-520	0-300 m <sup>3</sup> /h	0-289,6 m <sup>3</sup> /h

### **3.4. PRUEBAS DE CONDUCTIVIDAD Y RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.**

Para la realización de estas pruebas es necesario contar con el equipamiento y documentación requeridos:

1. Lista de Cables de Instrumentación y Control.
2. Lista de Inspección de cables.
3. Procedimiento para Tendido de Cable.
4. Megóhmetro que conserve una tensión de 250 VCC constante por el término de un minuto.
5. Sistema de intercomunicadores.

6. Determinar que el cable a comprobar esté montado y no conectado, con todos sus conductores con aislamiento descubierto un mínimo de 10 mm entre los extremos a comprobar.

## PROCEDIMIENTO

- Verificar la continuidad del conductor mediante el uso de un conductor de reserva, realizando un puente eléctrico mediante pinzas cocodrilo o equivalente en un extremo, y comprobando la continuidad en el extremo opuesto.
- Unir eléctricamente todos los conductores y verificar su aislamiento con respecto a malla durante un minuto con tensión de 250 Vcc.
- Valor aceptable: 10 MΩ por conductor.
- Unir eléctricamente los conductores con malla.
- Anotar los resultados del ensayo en el cuadro "ensayo de aislamiento" de la hoja correspondiente a la lista de inspección de cable, con este procedimiento se realiza la prueba para todos los cables de instrumentación y control. La tabla 3.8 muestra la lista de inspección de cables.

Tabla 3.8. Lista de inspección de cables.

 Servicios de Instrumentación y Control de Procesos S.A.		<b>LISTA DE INSPECCION</b>								RG-INS-007	
										FECHA:	
										REV: 1	PAG: 1/1
PROYECTO:											
CLIENTE:						UBICACIÓN:					
EQUIPO DE PRUEBA: FLUKE 87 III MEGUER						TEMPERATURA AMBIENTE: 18 ° C					
ITEM	CABLE No.	No. CONDUCTORES	DESDE	HASTA	CONTINUIDAD (CABLES UNIDOS)	AISLAMIENTO (CABLES SEPARADOS)	REFERENCIA (MEGA OHMIOS)	VALOR MEDIDO (MEGA OHMIOS)	APROB QA/QC	APROB CLIENTE	OBSERVACIONES
1	14 AWG	9 conductores	MCC	JB-001	OK	OK	4.5	4.5			
2	14 AWG	9 conductores	MCC	JB-001	OK	OK	4.5	4.5			
3	14 AWG	9 conductores	MCC	JB-001	OK	OK	4.5	4.5			
4	14 AWG	9 conductores	MCC	JB-001	OK	OK	4.5	4.5			
5	14 AWG	3 conductores	MCC	JB-001	OK	OK	4.5	4.5			
6	14 AWG	4 pares	MCC	JB-001	OK	OK	4.5	4.5			
7	16 AWG	24 pares	JB-001	CONTROL ROOM	OK	OK	4.5	4.5			
8	14 AWG	37 conductores	JB-001	CONTROL ROOM	OK	OK	4.5	4.5			
9	14 AWG	3 conductores	JB-001	CONTROL ROOM	OK	OK	4.5	4.5			
10	16 AWG	2 pares	JB-001	LT-522B	OK	OK	4.5	4.5			
11	16 AWG	2 pares	JB-001	LT-522A	OK	OK	4.5	4.5			
12	16 AWG	2 pares	JB-001	PIT-522	OK	OK	4.5	4.5			
13	16 AWG	2 pares	JB-001	PIT-519B-1/2	OK	OK	4.5	4.5			
14	16 AWG	2 pares	JB-001	PIT-519A-1/2	OK	OK	4.5	4.5			
15	16 AWG	2 pares	JB-001	PIT-518B-1/2	OK	OK	4.5	4.5			
16	16 AWG	2 pares	JB-001	PIT-518A-1/2	OK	OK	4.5	4.5			
17	16 AWG	2 pares	JB-001	PIT-520	OK	OK	4.5	4.5			
18	14 AWG	9 conductores	JB-001	HOA P-518A	OK	OK	4.5	4.5			
19	14 AWG	9 conductores	JB-001	HOA P-518B	OK	OK	4.5	4.5			
<b>SUPERVISOR - INCOPRO S.A.</b>				<b>QA/QC - INCOPRO S.A.</b>				<b>SUPERVISOR - CLIENTE</b>			
NOMBRE:				NOMBRE:				NOMBRE:			
FIRMA:				FIRMA:				FIRMA:			
FECHA:				FECHA:				FECHA:			

### **3.5. ALCANCES Y LIMITACIONES.**

Una de las metas del proyecto es la evaluación objetiva de los alcances y limitaciones del sistema de inyección de agua de formación, una vez que ha sido puesta en marcha se han notado las siguientes limitaciones:

- Las válvulas del sistema de inyección deben estar alineadas (siempre abiertas) y poseer cadenas y candados para evitar manipulación inadecuada.
- Para un futuro se deberá interconectar el medidor de energía ubicado en el MCC (centro de control de motores) de la estación, para la configuración y visualización en el HMI.
- El selector HoA (Manual ó Automático) ubicado en los arrancadores del MCC debe estar en la posición Automático.

La versión actual modificó al desempeño original del sistema de inyección de agua de formación, estableciendo los siguientes alcances:

- Con la automatización es posible mantener rangos normales de operación con una mayor precisión en la obtención de datos en campo realizadas por el operario.
- La ingeniería ejecutada es en base al área de clasificación del proceso, tal como el dimensionamiento de equipos, instrumentación, conexionado, calibración y montaje de acuerdo a la ingeniería básica y conceptual, acorde a las normas de seguridad y políticas de la empresa.
- Monitoreo y control de las bombas del sistema de inyección.
- Facilidad de diagnóstico de fallas y averías a través del HMI implementado.
- Alto nivel de disponibilidad del sistema de inyección.
- Información del estado del sistema de inyección de agua en tiempo real.

### 3.6. ANÁLISIS TÉCNICO FINANCIERO

Este análisis se lo realiza en base a la ingeniería a desarrollarse, procura de equipos y materiales, mano de obra, transporte, alimentación y hospedaje; a continuación se detalla cada uno de los ítems considerados para el desarrollo de este proyecto:

 SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS S.A.		<b>COTIZACIÓN</b>			Fecha: Rev: A Pág: 1 Elab.: Aprob.:	
<b>AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA</b>						
 <b>PRESUPUESTO INGENIERIA</b>						
ITEM	V. UNITARIO	DESCRIPCION	CANT	UNIT	V.TOTAL	
1	\$3.000,00	INGENIERÍA BASICA			\$3.000,00	
2	\$17.000,00	INGENIERÍA DE DETALLE			\$17.000,00	
3	\$19.000,00	CONSTRUCCIÓN			\$19.000,00	
4	\$1.500,00	VARIOS			\$1.500,00	
			<b>TOTAL</b>		<b>\$40.500,00</b>	

Tabla 3.3. Presupuesto del desarrollo de ingeniería.

 SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS S.A.		<b>COTIZACIÓN</b>			Fecha: Rev: A Pág: 2 Elab.: Aprob.:	
<b>AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA</b>						
 <b>PRESUPUESTO INSTALACIÓN</b>						
ITEM	V. UNITARIO	DESCRIPCION	CANT	UNIT	V.TOTAL	
1	\$90,00	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS	16		\$1.440,00	
2	\$2.500,00	INSTALACIÓN DE BANDEJAS Y CABLES	GLOBAL		\$2.500,00	
3	\$2.500,00	MONTAJE E INSTALACIÓN DE INSTRUMENTOS	GLOBAL		\$2.500,00	
4	\$1.500,00	PRUEBAS	GLOBAL		\$1.500,00	
			<b>TOTAL</b>		<b>\$7.940,00</b>	

Tabla 3.4. Presupuesto de instalación.

 SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS S.A.		<b>COTIZACIÓN</b>			<b>Fecha:</b> <b>Rev:</b> A <b>Pág:</b> 3 <b>Elab.:</b> <b>Aprob.:</b>
<b>AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA</b>					
		<b>PRESUPUESTO MATERIALES</b>			
ITEM	V. UNITARIO	DESCRIPCION	CANT	UNIT	V.TOTAL
1	\$2.300,00	PANEL LCP	1	EA	\$2.300,00
2	\$1.500,00	PANEL JB	1	EA	\$1.500,00
3	\$34,00	Hawkee	52	EA	\$1.768,00
4	\$52,00	Tubing 1/4"	3	EA	\$156,00
5	\$2,00	Accesorios tubing	80	EA	\$160,00
6	\$0,50	Teflón	20	EA	\$10,00
7	\$40,00	Soportes	4	EA	\$160,00
8	\$650,00	SPOOLS	2	EA	\$1.300,00
9		Esparragos	16	EA	
10	\$90,00	Valvulas manifold de 1/2"	10	EA	\$900,00
11	\$200,00	Valvulas de 2"	2	EA	\$400,00
12	\$39,00	Cable armado 37 C # 14	110	m	\$4.290,00
13	\$14,00	Cable armado 7 C # 14	60	m	\$840,00
14	\$14,00	Cable armado 9 C # 14	120	m	\$1.680,00
15	\$7,50	Cable armado 3 C # 12	110	m	\$825,00
16	\$7,40	Cable armado 1pr # 16	500	m	\$3.700,00
17	\$64,00	Cable armado 24 pr # 16	110	m	\$7.040,00
18	\$8,00	Cable desnudo 2/0	200	m	\$1.600,00
19	\$2,10	Pernos Hiltie	60	EA	\$126,00
20	\$3.000,00	Consumibles varios	1	EA	\$3.000,00
<b>TOTAL</b>					<b>\$31.755,00</b>

**Tabla 3.5. Presupuesto de materiales.**

 SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS S.A.		<b>COTIZACIÓN</b>			Fecha: Rev: A Pág: 4 Elab.: Aprob.:	
<b>AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA</b>						
 <b>PRESUPUESTO EQUIPOS DE PRUEBA</b>						
ITEM	V. UNITARIO	DESCRIPCION	CODE	QTY	UNIT	V.TOTAL
1						
2	\$5,00	FLUKE		45	1	\$225,00
3	\$5,00	MEGER		40	1	\$200,00
4	\$3,00	MARQUILLADORA BRADY		60	1	\$180,00
5	\$5,00	MUFLA		20	1	\$100,00
<b>TOTAL</b>						<b>\$705,00</b>

Tabla 3.6. Presupuesto de equipos de prueba.

 SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS S.A.		<b>COTIZACIÓN</b>			Fecha: Rev: A Pág: 5 Elab.: Aprob.:	
<b>AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA</b>						
 <b>PRESUPUESTO HERRAMIENTAS Y EQUIPOS DE MONTAJE</b>						
ITEM	V. UNITARIO	DESCRIPCION	TIME	UNIT	V.TOTAL	
1	\$350,00	GLOBAL			\$350,00	
2		EXTENSIONES				
3		PONCHADORA DE PANELES				
4		TALADROS				
5		PISTOLAS DE AIRE CALIENTE				
6		FRESADORA				
<b>TOTAL</b>					<b>\$350,00</b>	

Tabla 3.7. Presupuesto de herramientas y equipos de montaje.

 SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS S.A.	<b>COTIZACIÓN</b>				<b>Fecha:</b> <b>Rev:</b> A <b>Pág:</b> 6 <b>Elab.:</b> <b>Aprob.:</b>	
	<b>AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA</b>					
 <b>PRESUPUESTO MANO DE OBRA</b>						
ITEM	V. UNITARIO		QTY	TIME	UNIT	V.TOTAL
1	\$100,00	COORDINADOR	1	25	DIA	\$2.500,00
2	\$80,00	SEGURIDAD QAQC	1	25	DIA	\$2.000,00
3	\$80,00	INSTRUMENTISTA	1	25	DIA	\$2.000,00
4	\$80,00	ELECTRICO	1	25	DIA	\$2.000,00
5	\$70,00	TUBINERO	1	25	DIA	\$1.750,00
6	\$40,00	AYUDANTE	2	25	DIA	\$2.000,00
7	\$70,00	MEDICO	1	25	DIA	\$1.750,00
8	\$30,00	OBREROS	5	9	DIA	\$1.350,00
<b>TOTAL</b>						<b>\$15.350,00</b>

Tabla 3.8. Presupuesto de mano de obra.

 SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS S.A.	<b>COTIZACIÓN</b>				<b>Fecha:</b> <b>Rev:</b> A <b>Pág:</b> 7 <b>Elab.:</b> <b>Aprob.:</b>	
	<b>AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA</b>					
 <b>PRESUPUESTO ALIMENTACION, MOVILIZACIÓN Y HOSPEDAJE</b>						
ITEM	V. UNITARIO	DESCRIPCION	QTY	TIME	UNIT	V.TOTAL
1	\$5,00	ALIMENTACION	24	25	DIA	\$3.000,00
2	\$16,00	HOSPEDAJE	8	25	DIA	\$3.200,00
3	\$90,00	MOV. DEL PERSONAL A CAMPO	1	25	DIA	\$2.250,00
4	\$400,00	MOV. DE EQUIPOS Y MATERIALES	1	2	DIA	\$800,00
5	\$48,00	MOV. QUITO-COCA-QUITO	8	2	DIA	\$768,00
<b>TOTAL</b>						<b>\$10.018,00</b>

Tabla 3.9. Presupuesto de alimentación, movilización y hospedaje.

 SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS S.A.		<b>COTIZACIÓN</b>				Fecha: Rev: A Pág: 8 Elab.: Aprob.:	
<b>AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA</b>							
<b>EQUIPO DE SEGURIDAD PERSONAL</b>							
ITEM	V. UNITARIO	DESCRIPCION	QTY Personas	QTY	UNIT	V.TOTAL	
1	\$25,00	PANTALONES	13	2	EA	\$650,00	
2	\$11,00	CAMISAS	13	2	EA	\$286,00	
3	\$70,00	BOTAS DE SEGURIDAD	13	1	PAR	\$910,00	
4	\$15,00	CASCO	13	1	EA	\$195,00	
5	\$8,00	GAFAS DE SEGURIDAD	13	2	EA	\$208,00	
6	\$3,50	GUANTES CUERO	13	1	PAR	\$45,50	
7	\$2,20	GUANTES HILO	13	8	PAR	\$228,80	
8	\$0,45	TAPONES AUDITIVOS	13	4	EA	\$23,40	
9	\$10,00	ARNES	1	1	EA	\$10,00	
<b>TOTAL</b>						<b>\$2.556,70</b>	

Tabla 3.10. Presupuesto del equipo de seguridad personal.

 SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS S.A.		<b>COTIZACION</b>				Fecha: Rev: A Pág: 9 Elab.: Aprob.:	
<b>AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA</b>							
<b>PRESUPUESTO SEGUROS EXIGIBLES</b>							
ITEM	. UNITARI	DESCRIPCION	QTY	TIME	UNIT	V.TOTAL	
1		Póliza Equipo elec. contra robo e incendio y otros		25	EA	\$4.800,00	
2	\$60,00	Póliza de accidentes personales	8	25	MES	\$12.000,00	
<b>TOTAL</b>						<b>\$16.800,00</b>	

**Tabla 3.11. Presupuesto de seguros exigibles.**

El costo total del proyecto es la suma de los valores detallados en cada una de las tablas obteniendo:

<b>N°</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR</b>
1	INGENIERÍA	40,500
2	INSTALACIÓN	7,940
3	MATERIALES	31,755
4	EQUIPOS DE PRUEBA	705,000
5	HERRAMIENTAS	350,000
6	MANO DE OBRA	15,350
7	ALIMENTACIÓN, MOV. Y HOSPEDAJE	10,018
8	EQUIPO DE SEGURIDAD PERSONAL	2,556.700
9	SEGUROS EXIGIBLES	16,800
<b>COSTO DEL PROYECTO</b>		<b>\$125,974.700</b>

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Al término del desarrollo del presente trabajo de automatización y monitoreo del sistema de inyección de agua, se ponen a consideración las conclusiones y recomendaciones alcanzadas durante las experiencias en la realización del proyecto.

#### **4.1. CONCLUSIONES.**

- Al finalizar el proyecto se logró cumplir el objetivo general trazado que fue implementar un sistema ecológico de control y monitoreo del proceso de inyección de agua de formación para plataformas de extracción de crudo.
- Los sistemas de control tienen la misión de recibir las variables de proceso procedentes de los instrumentos, procesarlas, ejecutar órdenes y gestionar las salidas a los elementos finales de control.

- Un proceso de Instrumentación y Control requiere de una coordinación necesaria con otros campos de la ciencia como son eléctrica, mecánica, lo que hace necesario unos mínimos conocimientos de casi todas ellas.
- El presente documento constituye el planteamiento general del sistema de control y monitoreo que se lleva a cabo para asegurar el proceso de inyección de agua que cumple con todos los requerimientos técnicos y de seguridad desde que el agua ingresa a los tanques de almacenamiento hasta que ésta es inyectada al pozo.
- El autómata programable es muy indispensable en toda industria que maneje procesos de automatización, pues estos son muy robustos y pueden trabajar en ambientes con un alto grado de exigencia como puede ser el clima, polvo, etc.
- La calibración se la realiza previo a la instalación del instrumento, por defecto los instrumentos que son nuevos vienen calibrados de fábrica pero se debe hacer una confirmación de la misma en el lugar de operación.
- Con la automatización es posible mantener rangos normales de operación con una mayor precisión, menor tiempo y eliminación de errores en la obtención de datos en campo realizadas por el operario.
- La ingeniería ejecutada es en base al área de clasificación del proceso, tal como el dimensionamiento de equipos, instrumentación, conexión, calibración y montaje de acuerdo a la ingeniería básica y conceptual, acorde a las normas de seguridad y políticas de la empresa.
- El nuevo sistema facilita monitorear y controlar el estado del sistema de inyección de agua en tiempo real.

## 4.2. RECOMENDACIONES.

- El HMI de un proceso industrial debe ser intuitivo (gráficamente igual al proceso), para que el operador tenga una visión clara y detallada de lo que está sucediendo en el proceso.
- En el desarrollo de un proyecto de automatización industrial el principal concepto a considerar es la seguridad personal.
- Previo a la realización de una automatización industrial es necesario entender primero el principio de operación y funcionamiento de la planta para posteriormente plantear la solución de las necesidades establecidas.
- Para realizar el mantenimiento de los transmisores de nivel confirmar que los tanques de almacenamiento estén despresurizados y con las protecciones requeridas para que queden aislados del proceso (cerrada la válvula de ingreso y salida de líquido).
- Previo la realización de una actividad es de suma importancia la demarcación del área de trabajo con cinta de peligro, controlando el ingreso de personas no autorizadas para evitar accidentes.
- Realizar pruebas de lazo de todos los instrumentos antes del funcionamiento del proceso para una eficaz integración al sistema de monitoreo y control, tomando en cuenta la protección de los equipos y de las personas involucradas en los procesos de pruebas.
- Para comprobar el correcto funcionamiento de los cables de instrumentación y control es necesario la realización de pruebas de conductividad y aislamiento previo a su conexión a los instrumentos y borneras.
- Es importante que la calibración de los instrumentos se realice con los instrumentos patrones debidamente certificados.

- Explicar a las personas ligadas al área de operaciones el procedimiento paso a paso del arranque y operación de los equipos implementados en el sistema de control y monitoreo. Para la operación y mantenimiento de la planta se deberán incluir programas de capacitación, guías de operación, etc., para que el personal pueda ejecutar acciones correctivas a tiempo cuando se presente alguna anomalía en el proceso.

## BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- Corrales Luis, “Redes Industriales Digitales”, Departamento de Automatización y Control Industrial, Quito, 2004.
- Pereira Da Costa J.L., “Selección y Aplicación de motores eléctricos”, Segunda Edición, Lobosco, 1989.
- CREUS Solé Antonio, “Instrumentación Industrial”, 6ta Edición, Alfaomega, España, 1998.
- Normas ANSI/ISA-1984.
- Piedrafita Ramón, “Ingeniería de la Automatización Industrial”, Primera Edición, Alfaomega RA-Ma, México D.F., 2001.
- [www.rockwellautomation.com](http://www.rockwellautomation.com)
- <http://www.w3c.org/TR/1999/REC-html401-19991224/loose.dtd>
- <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=575>
- [http://academic.uprm.edu/lrosario/page/4055\\_clases/automatico.htm](http://academic.uprm.edu/lrosario/page/4055_clases/automatico.htm)
- <http://www.control-systems.net/recursos/glosario/a.htm>
- <http://www.oni.escuelas.edu.ar/2001/bs-as/hombre-vs-maquina/automa.htm>
- <http://www.grupomaser.com/PAGCursos/Auto/PAGINA20PRINCIPAL/PLC.htm>
- [http://www.unicrom.com/tut\\_PLC8.asp](http://www.unicrom.com/tut_PLC8.asp)
- <http://olmo.cnice.mecd.es/~jmarti50/automatas/auto3.htm>
- [http://www.sapiensman.com/control\\_automatico/control\\_automatico7.htm](http://www.sapiensman.com/control_automatico/control_automatico7.htm)
- [http://www.herrera.unt.edu.ar/controldeprocesos/Tema\\_3/Tp3a.pdf](http://www.herrera.unt.edu.ar/controldeprocesos/Tema_3/Tp3a.pdf)
- <http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd>
- [http://mx.geocities.com/lita\\_ciicap/Instrumentacion/sensores.pdf](http://mx.geocities.com/lita_ciicap/Instrumentacion/sensores.pdf)
- <http://www.w3c.org/TR/1999/REC-html401-19991224/loose.dtd>
- <http://redesindustriales0.tripod.com/sitiosrecomendados.htm>
- [http://www.uv.es/rosado/sid/Capitulo3\\_rev0.pdf](http://www.uv.es/rosado/sid/Capitulo3_rev0.pdf)
- <http://mx.geocities.com/lemt78/modeloOsi.doc>
- <http://insintel.files.wordpress.com/2008/05/redes-de-comunicacion-industrial.pdf>

# **ANEXO A**

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

### -A-

**Alarma.-** Es un dispositivo o función que detecta la presencia de una condición anormal por medio de una señal audible o un cambio visible discreto.

**ANSI.-** American National Standards Institute. Instituto Nacional Americano de Estándares.

**Automatización.-** Acción por la cual se ejecuta un proceso de producción sin la intervención del operador de forma permanente.

**AC.-** Corriente Alterna (“Alternating Current”).

**AI.-** Entrada Analógica (“Analog Input”).

**AO.-** Salida Analógica (“Analog Output”).

### -B-

**BPD.-** Barriles por día, en términos de producción, el número de barriles de aceite que produce un pozo en un período de 24 horas, normalmente se toma una cifra promedio de un período de tiempo largo. En términos de refinación, el número de barriles recibidos o la producción de una refinería durante un año, divididos por trescientos sesenta y cinco días menos el tiempo muerto utilizado para mantenimiento.

### -C-

**Calibración.-** Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre valores de cantidades indicadas por un instrumento o sistema de medición, o por un material patrón o de referencia, y los valores correspondientes a los establecidos como estándares nacionales o internacionales.

**Control Manual.-** El operador mantiene la variable controlada en su valor de referencia modificando directamente el valor de la variable manipulada.

**CPU.-** Central Process Unit. Unidad Central de Procesamiento.

**CR.-** Cuarto de Control (Control Room).

### **-D-**

**Densidad.-** Cantidad de masa de una sustancia contenida en una unidad de volumen, a una temperatura dada.

**DI.-** Entrada Digital (“Digital Input”)

**DO.-** Salida Digital (“Digital Output”)

**DC.-** Corriente Directa (“Direct Current”).

### **-E-**

**Eeprom.-** Electrical Erasable Programmable Read Only Memory. Memoria tipo PROM borrrable y programable eléctricamente.

**Elemento de medición.-** Parte del sistema de medición que interpreta las variaciones generadas por el elemento primario y proporciona una lectura asociada a la variable que se desea medir.

**Elemento Final de Control.-** Recibe la señal del controlador y modifica el caudal del fluido o agente de control. La válvula de control es el elemento final típico.

**ESD.-** Parada de Emergencia (“Emergency Shutdown”).

**Error de medición.-** Diferencia entre el resultado de una medición y el valor verdadero de lo que se mide.

**Exactitud.-** Calidad que refleja el grado de proximidad entre los resultados de las mediciones y los valores verdaderos de la variable medida.

**-F-**

**FAT.-** Prueba de Aceptación en Fábrica (Factory Acceptance Test).

**-H-**

**Hardware.-** Todos los elementos físicos del computador ó PLC.

**HMI.-** Interfaz Hombre Maquina.

**-I-**

**IEEE.-** Instituto de ingenieros en electricidad y electrónica (Institute of Electrical and Electronics Engineers).

**Ingeniería Básica.-** Esta parte de la ingeniería comprende la parte relacionada con la información necesaria para poder ejecutar todo el trabajo relacionado con el Sistema de Control. El objetivo es crear una serie de documentos para poder comprar, integrar, suministrar, probar y poner en operación el sistema de control.

**Ingeniería Conceptual.-** Esta parte de la ingeniería comprende la parte relacionada con el análisis del proyecto y sirve para generar los documentos básicos para llevar el control de la instrumentación, así como generar la documentación necesaria para la compra de los instrumentos y analizadores.

**Ingeniería de Detalle.-** Esta parte de la ingeniería comprende la parte relacionada con la información necesaria para poder ejecutar todo el montaje e instalación de todo lo

relacionado con los instrumentos, el Sistema de Control y la unión entre ellos. Es decir, desde la captura de la variable de proceso a medir hasta su llegada al Sistema de Control, así como el poder llevar la salida del Sistema de Control hasta el elemento final.

**Instrumentación.-** Colección de instrumentos o sus aplicaciones con el fin de observar mediciones, control, o cualquier combinación de estos.

**Instrumento.-** Dispositivo para determinar el valor presente de la variable medida, con propósitos de observación, medición y control.

**IP.-** Protocolo de Internet (“Internet Protocol”).

**ISA.-** Asociación de Instrumentación, Sistemas e Instrumentación (Instrumentation, Systems and Automation Society).

**I/O.-** Entradas / Salidas de un controlador o PLC (“Inputs / Outputs”).

**-K-**

**KOP.-** Lenguaje de programación a contactos.

**-M-**

**Mantenimiento preventivo.-** Conjunto de inspecciones periódicas de un aparato o dispositivo con el fin de repararlo o sustituirlo (si es necesario), incluso aunque no muestre signos de mal funcionamiento.

**MCC.-** Centro de Control de Motores.

**-N-**

**NO.-** Contacto normalmente abierto.

**NC.-** Contacto normalmente cerrado.

## **-P-**

**PLC.-** Controlador Lógico Programable.

**Pozo de inyección de agua.-** Bombea agua a los yacimientos de los campos de producción, ya sea para mantener la presión o para desplazar el petróleo hacia pozos de producción mediante fuerza hidráulica o un aumento de la presión.

**Precisión.-** Es el grado de repetición de valores obtenidos al medir la misma cantidad. No significa necesariamente que las medias realizadas sean exactas.

**Proceso.-** Desde el punto de vista de operación es un lugar donde materia, y muy a menudo energía, son tratados para dar como resultado un producto deseado o establecido. Desde el punto de vista de control es un bloque con una o varias variables de salida que ha de ser controladas actuando sobre las variables de entrada manipuladas.

**P&ID.-** Diagrama de Tubería e Instrumentación (“Piping & Instrumentation Diagram”).

## **-R-**

**Rango o campo de medida.-** Conjunto de valores de la variable medida comprendidos dentro de los límites superior e inferior del campo de medición de un instrumento.

**Refinación.-** Es el proceso de purificación de una sustancia química obtenida muchas veces a partir de un recurso natural.

**Repetibilidad.-** Grado con el cual las mediciones sucesivas varían una de otra.

## **-S-**

**SAT.-** Prueba de Aceptación en Sitio (Factory Acceptance Site).

**SCADA.-** Control Supervisorio y Adquisición de Datos (Supervisory Control and Data Acquisition).

**Sensor.-** Convierte una variable física (presión, temperatura, caudal, etc.), en otra señal compatible con el sistema de medida o control.

**Shelter.-** Cuarto de protección y conexión de instrumentos de la antena de comunicaciones.

**Shutdown:** Apagado/Parada.

**Software.-** Conjunto de programas que ejecuta un computador o PLC.

**Span.-** Límite superior de medida de un instrumento.

**-T-**

**Tablero.-** Estructura metálica cuyo propósito es el de alojar la instrumentación y/o interfaces del proceso con el operador, puede estar formado por una o más secciones.

**-U-**

**UPS.-** Uninterruptible Power Supply. Fuente de poder ininterrumpida.

**-V-**

**Viscosidad.-** Es una magnitud física que mide la resistencia interna al flujo de un fluido, resistencia producto del frotamiento de las moléculas que se deslizan unas contra otras.

**-Z-**

**Zero.-** Límite inferior de medida de un instrumento.

## **ANEXO B**

# **PLANOS ELÉCTRICOS Y DE INSTRUMENTACIÓN**

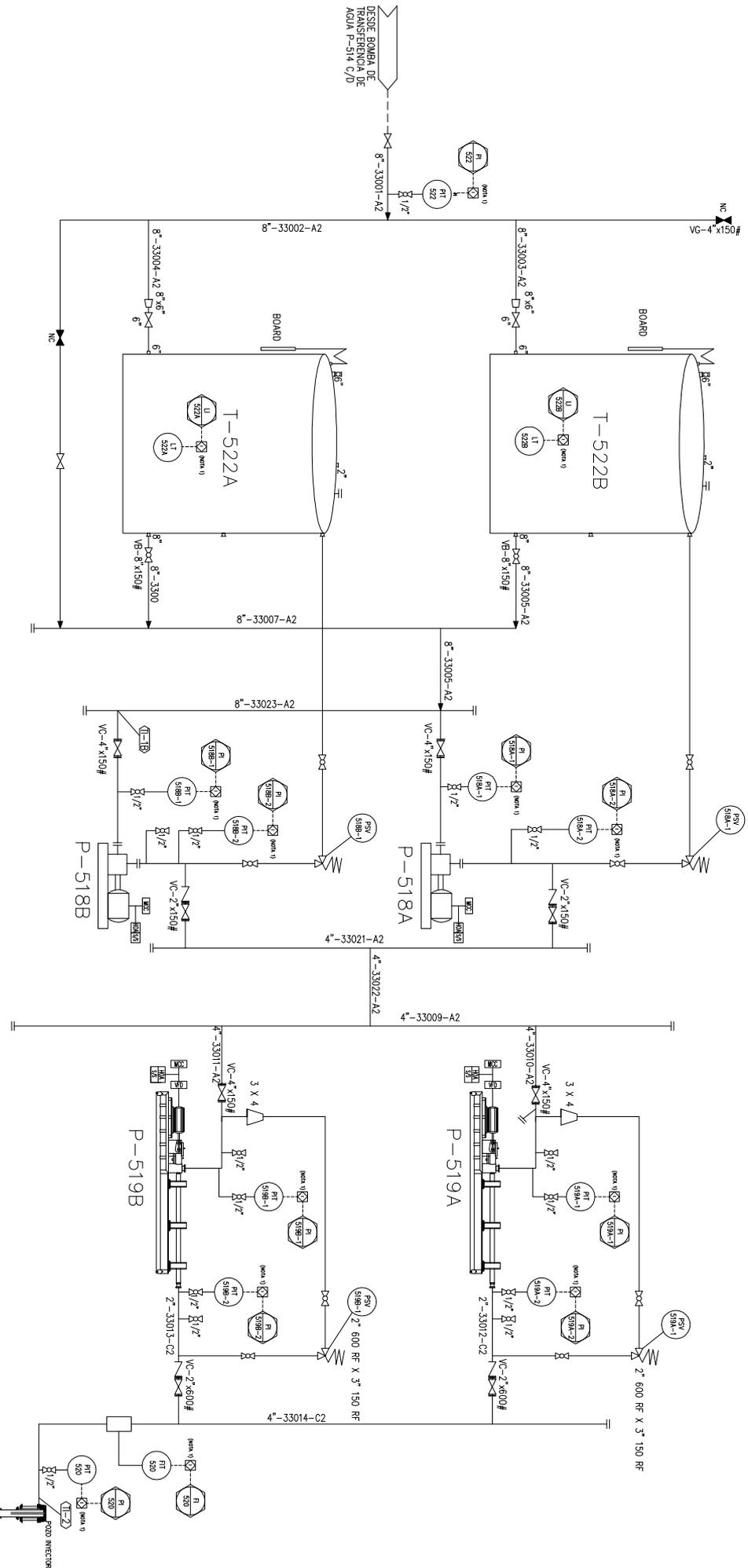
## **ANEXO B1**

# **DIAGRAMAS DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN (P&ID)**

**PLANOS ELÉCTRICOS Y DE INSTRUMENTACIÓN**

T-522 A/B  
 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA  
 SALADA EN CHONTAYACU  
 D: 12.3'  
 h: 32'  
 Capacidad: 500 Bbls

P-519 A/B  
 BOMBA DE INYECCION DE AGUA SALADA  
 CHONTAYACU  
 Q: 2-3 MBDP  
 P/elec: 5500isg  
 Potencia del motor: 60 hp



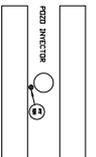
PROYECTO:	AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA		
DESCRIPCIÓN:	PIPING AND INSTRUMENT DIAGRAM		
PLANO No:	01	/	01
FECHA No:	01	/	01
REV:	1		

## **ANEXO B2**

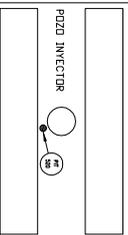
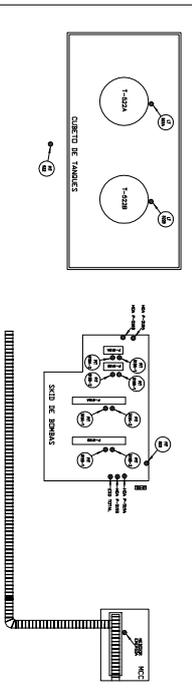
# **PLANO DE LOCALIZACIÓN DE INSTRUMENTOS**

**PLANOS ELÉCTRICOS Y DE INSTRUMENTACIÓN**

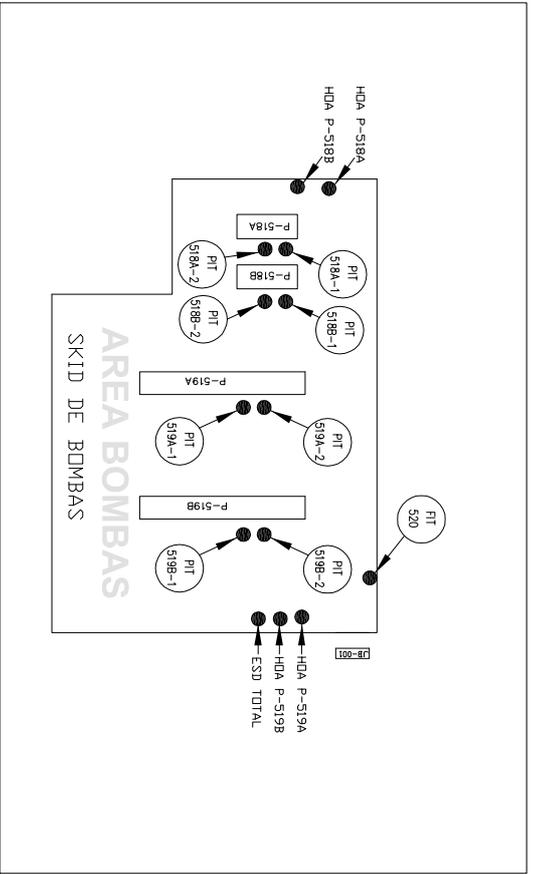
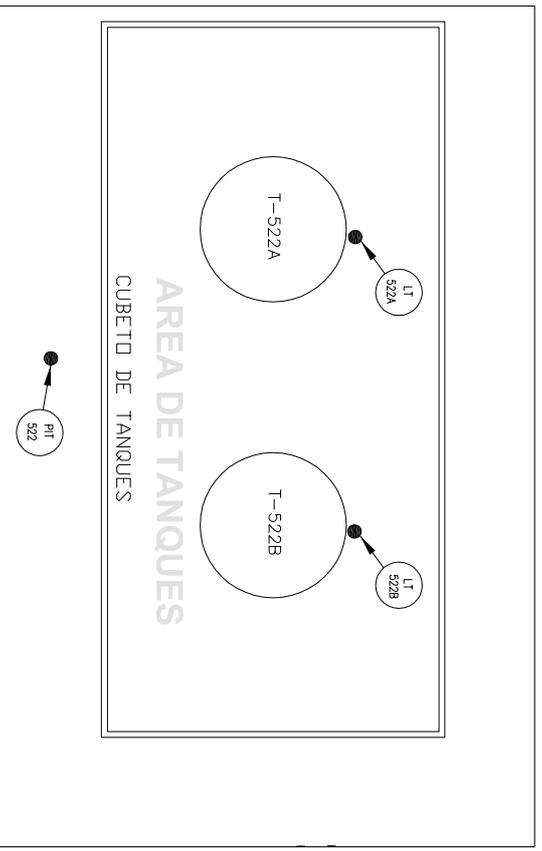
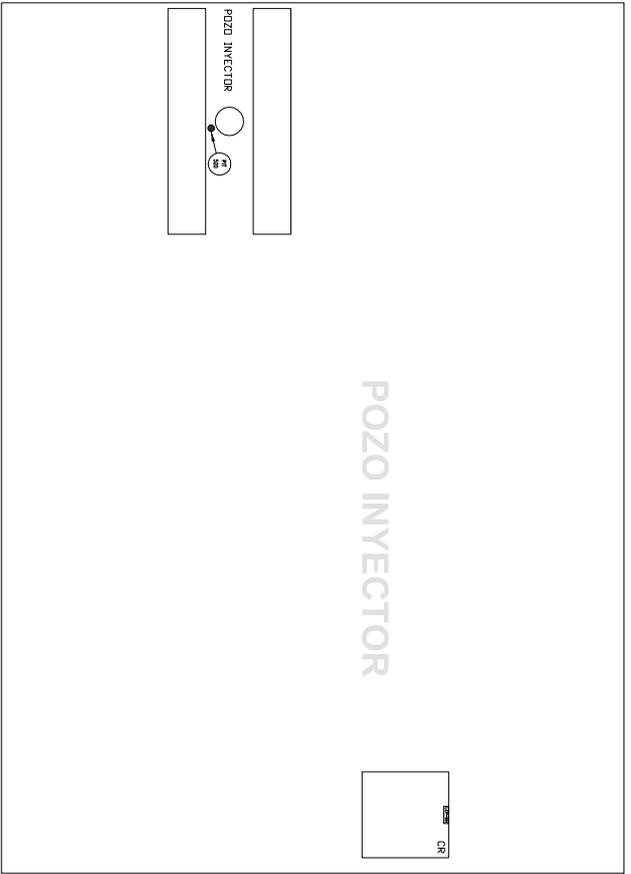
1 2 3 4 5 6 7 8



PLOT PLAN



POZO INYECTOR



F E D C B A



PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA  
 DESCRIPCIÓN: PLANO DE LOCALIZACIÓN DE INSTRUMENTOS  
 PLANO No: HDA No: 01 / 01 REV: 1

1 2 3 4 5 6 7 8

F

E

D

C

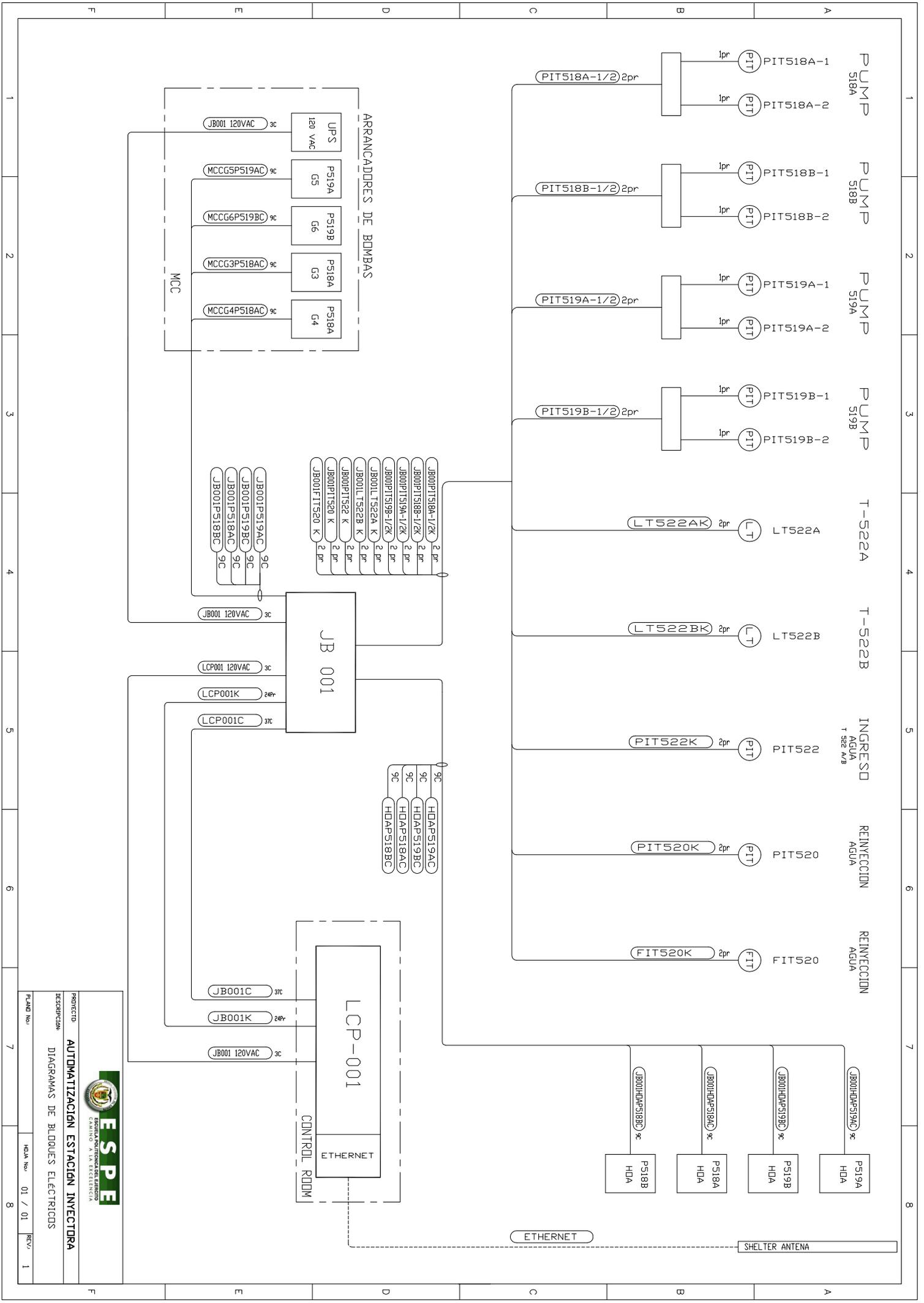
B

A

## **ANEXO B3**

# **DIAGRAMAS DE BLOQUES DEL PANEL ELÉCTRICO**

**PLANOS ELÉCTRICOS Y DE INSTRUMENTACIÓN**



ESPE  
 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
 QUITO - ECUADOR

PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA  
 DESCRIPCIÓN: DIAGRAMAS DE BLOQUES ELÉCTRICOS

PLANO No: 01 / 01 REV: 1

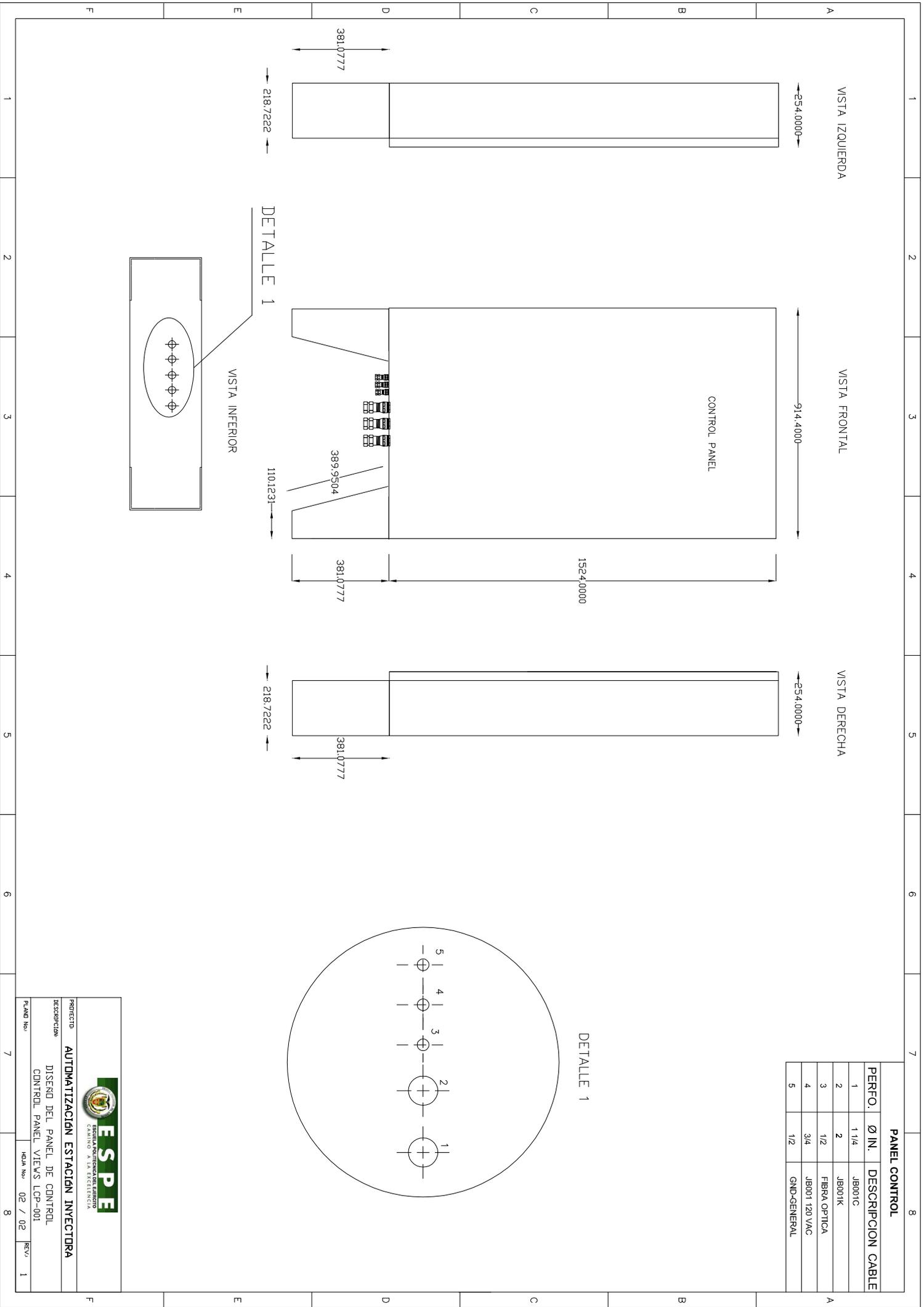
## **ANEXO B4**

### **DISEÑO DEL PANEL DE CONTROL**

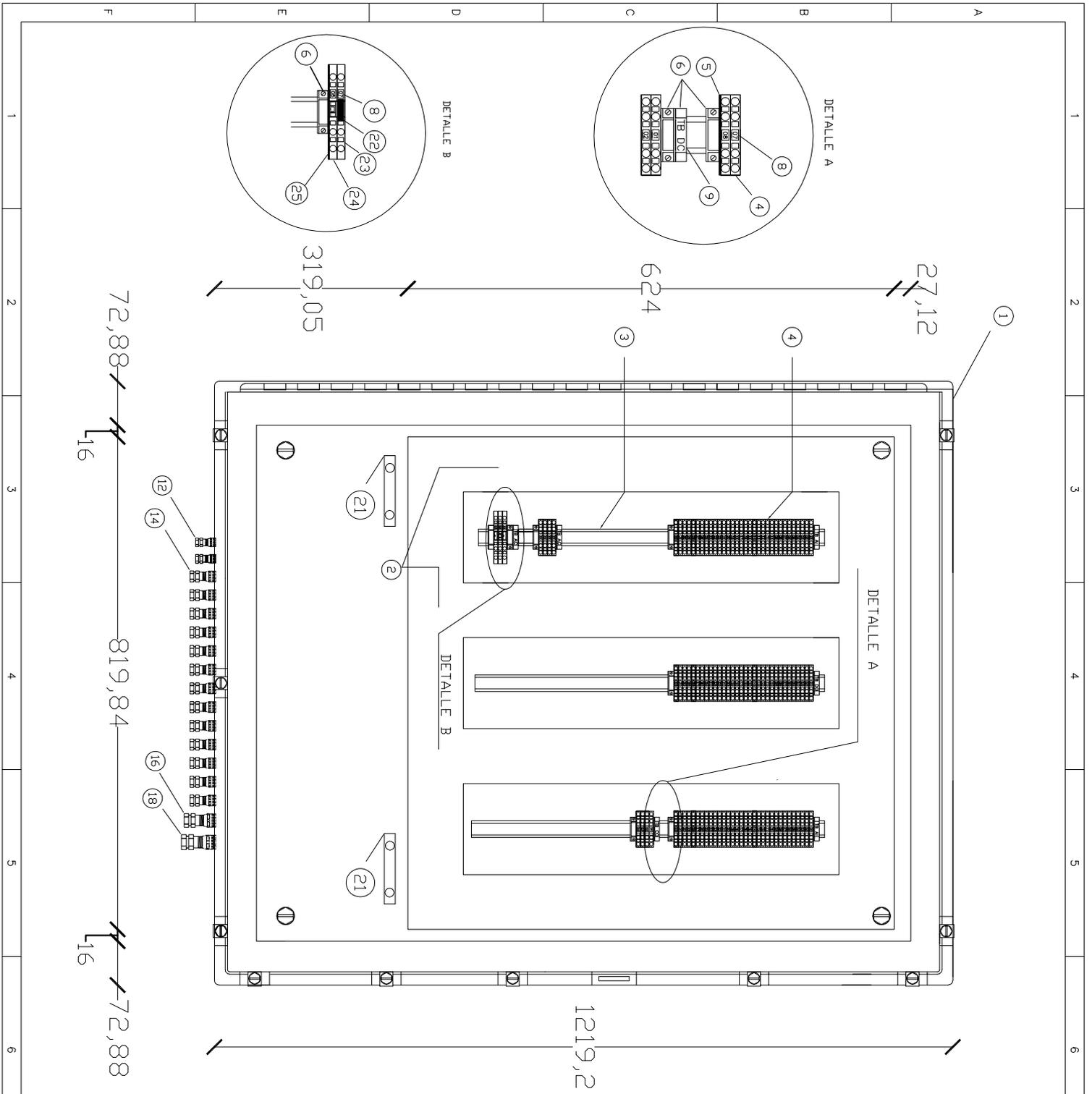
**PLANOS ELÉCTRICOS Y DE INSTRUMENTACIÓN**



PANEL CONTROL		
PERFO.	Ø IN.	DESCRIPCION CABLE
1	1 1/4"	JB001C
2	2"	JB001K
3	1/2"	FIBRA OPTICA
4	3/4"	JB001 120 VAC
5	1/2"	GND-GENERAL



PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA  
 DESCRIPCION: DISEÑO DEL PANEL DE CONTROL CONTROL PANEL VIEWS LCP-001  
 PLANO No: HJLA No: 02 / 02 REV: 1



**REFERENCE DRAWING / DOCUMENTS**

1XXXXXXXXX CONTROL CABINET LOCATION PLAN

**NOTES**

1. ALL DIMENSIONS ARE IN mm.
2. ENCLOSURES HANDLING SHALL BE DEFINED, DESIGNED, CHECKED AND MODIFIED BY INOOPRO S.A. ENGINEERING

**CONVENTIONS**

DI	DIGITAL INPUT	TB	TERMINAL BLOCK
DO	DIGITAL OUTPUT		
AI	ANALOG INPUT		
AO	ANALOG OUTPUT		

**EQUIPMENT DATA**

ITEM	QTY.	UNIT	REFERENCE	DESCRIPTION
1	1		1	PANEL STAINLESS STEEL NEMA 4X 946X637X5254mm
2	4		210-112	WIRING DUCT, WHIT COVER DEKSON 80mmW X 60mmH
3	1,5		280-646	REL. DIN
4	104		280-646	BORNERS DE PASO 4 CONDUCTORES
5	8		280-313	TAPA FINAL PARA BORNERA
6	24		249-117	TOPES FINALES
7	6		209-106	SILENADOR
8	3		209-566	SISTEMA DE MARCAJE NUMEROS DEL 1 AL 50
9	8		209-112	PORTA ROTULO
10	78		BR9PT-187-1W	MARQUILLOS TERMOCONTROLABLES PARA CABLE NUMERO 16
11	3		HUB1	HUB 1/2"
12	3			CABLE TERMINATOR HAMME 1/2"
13	19		HUB2	HUB 3/4"
14	19			CABLE TERMINATOR HAMME 3/4"
15	1		HUB2	HUB 1 1/4"
16	1			CABLE TERMINATOR HAMME 1 1/4"
17	1		HUB2	HUB 2"
18	1			CABLE TERMINATOR HAMME 2"
19	300		ART356	CABLE PARA INSTRUMENTACION, 39gr 16 AWG
20	1		1	PULSADOR PARA PARADA DE EMERGENCIA
21	1			GROUND INSTRUMENT
22	1		282-123	PORTA FUSIBLE 110 VAC
23	1		281-610	BORNERA PORTAFUSIBLE
24	2		281-683	BORNERA
25	1		280-524	TAPA FINAL DE BORNERA



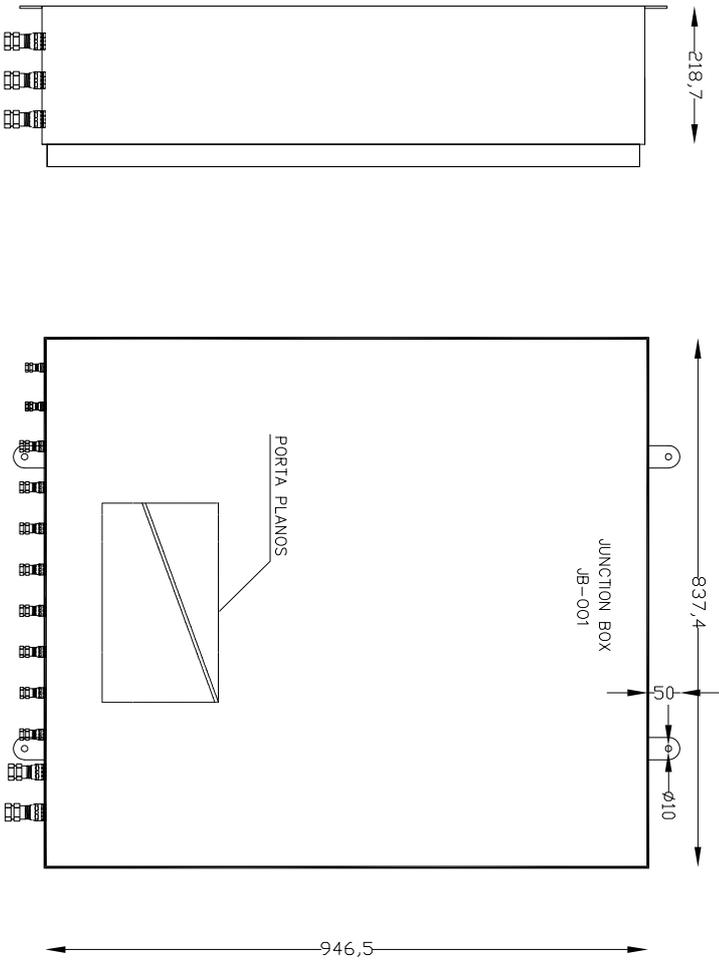
PROYECTO: **AUTOMATIZACION ESTACION INYECTORA**

ASOCIACION: **DISENIO DE LA CAJA DE BORNERAS JUNCTION BOX JB-001**

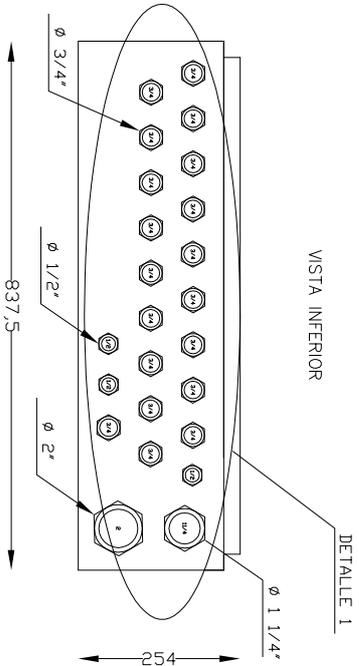
PLANO No	Hoja No	01 / 02	REV	1
----------	---------	---------	-----	---

VISTA IZQUIERDA

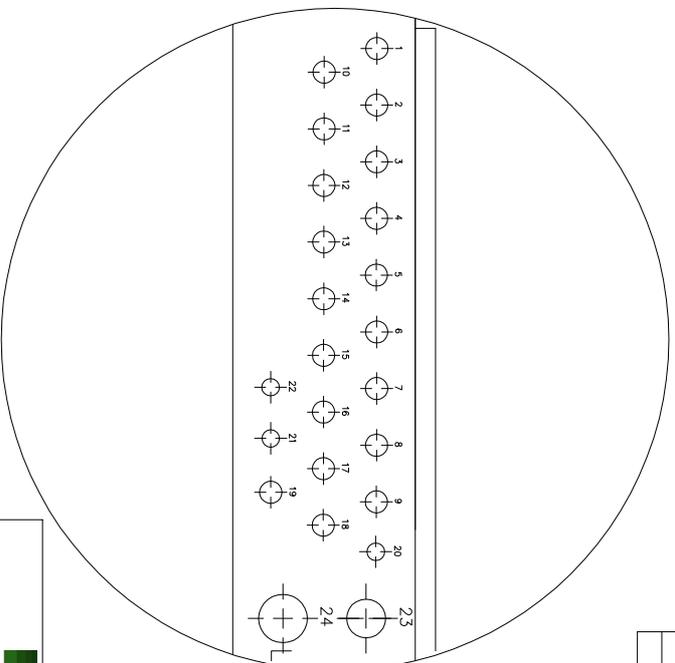
VISTA FRONTAL



VISTA INFERIOR



DETALLE 1



**JUNCTION BOX JB-001**

PERFO.	Ø IN.	DESCRIPCION
1	3/4	JB001PTS18A-1/2K
2	3/4	JB001PTS18B-1/2K
3	3/4	JB001PTS19A-1/2K
4	3/4	JB001PTS19B-1/2K
5	3/4	JB001LTS22A K
6	3/4	JB001LTS22B K
7	3/4	JB001PTS22 K
8	3/4	JB001PTS20 K
9	3/4	JB001FTS20 K
10	3/4	HOAF519AC
11	3/4	HOAF519BC
12	3/4	HOAF519AC
13	3/4	HOAF518BC
14	3/4	JB001PS19AC
15	3/4	JB001PS19BC
16	3/4	JB001PS18AC
17	3/4	JB001PS18BC
18	3/4	LCP001 120VAC
19	3/4	JB001 120VAC
20	1/2	COMM TOTALIZADOR
21	1/2	GND INSTRUMENTS
22	1/2	GND GENERAL
23	1 1/4	LCP001K
24	2	LCP001C



PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA

DESCRIPCION: DISEÑO DE LA CAJA DE BORNERAS

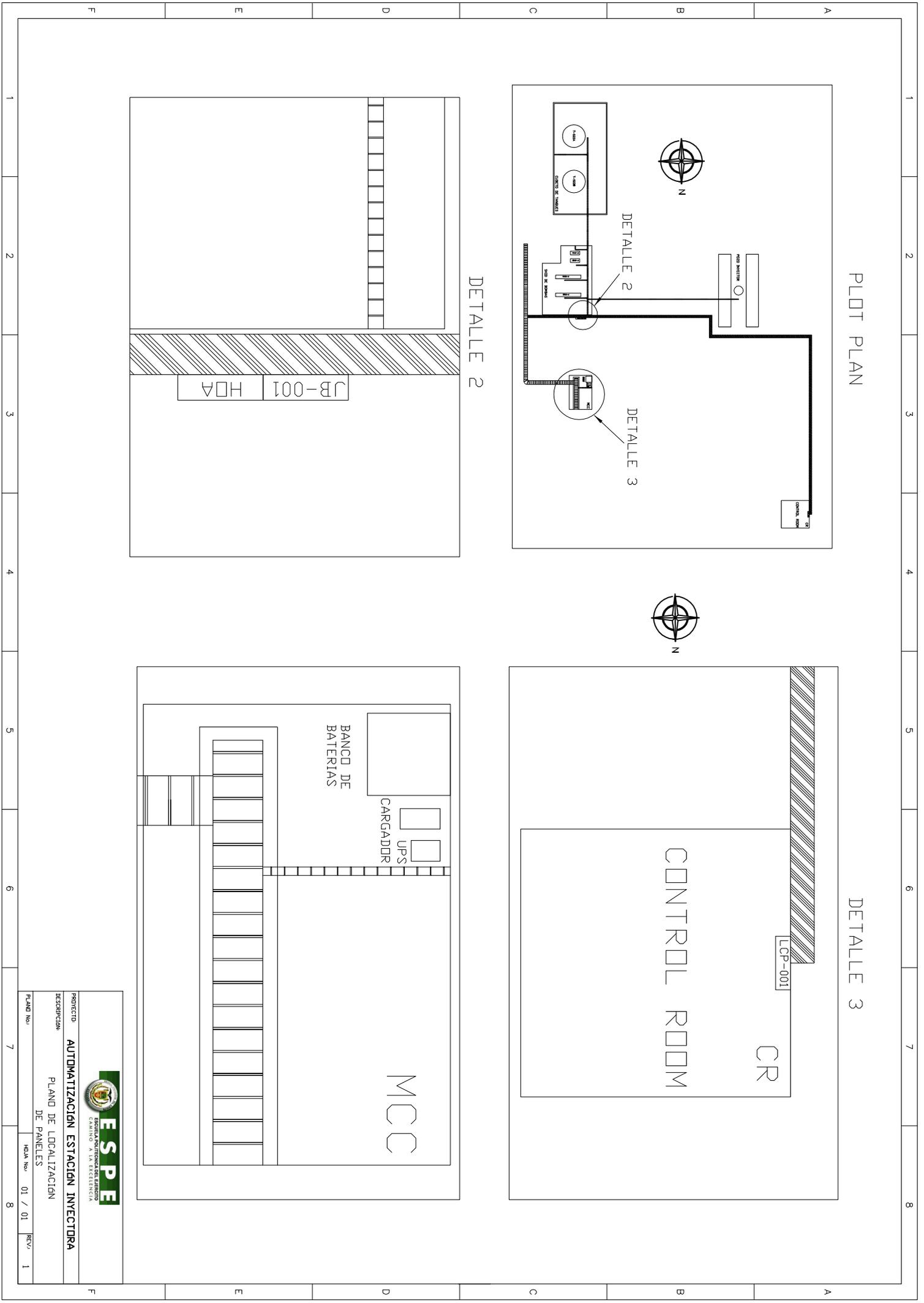
JUNCTION BOX VIEWS JB-001

PLANO No: Hoja No: 02 / 02 REV: 1

## **ANEXO B5**

### **PLANO DE LOCALIZACIÓN DE PANELES**

**PLANOS ELÉCTRICOS Y DE INSTRUMENTACIÓN**



PLOT PLAN

DETALLE 3

DETALLE 2

DETALLE 2

DETALLE 3

CR

CONTROL ROOM

LCP-001

MCC

BANCOS DE BATERIAS

CARGADOR UPS

JB-001 HDA



PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA

ASOCIACIÓN: PLANO DE LOCALIZACIÓN DE PANELES

PLANO No: HDA No: 01 / 01 REV: 1

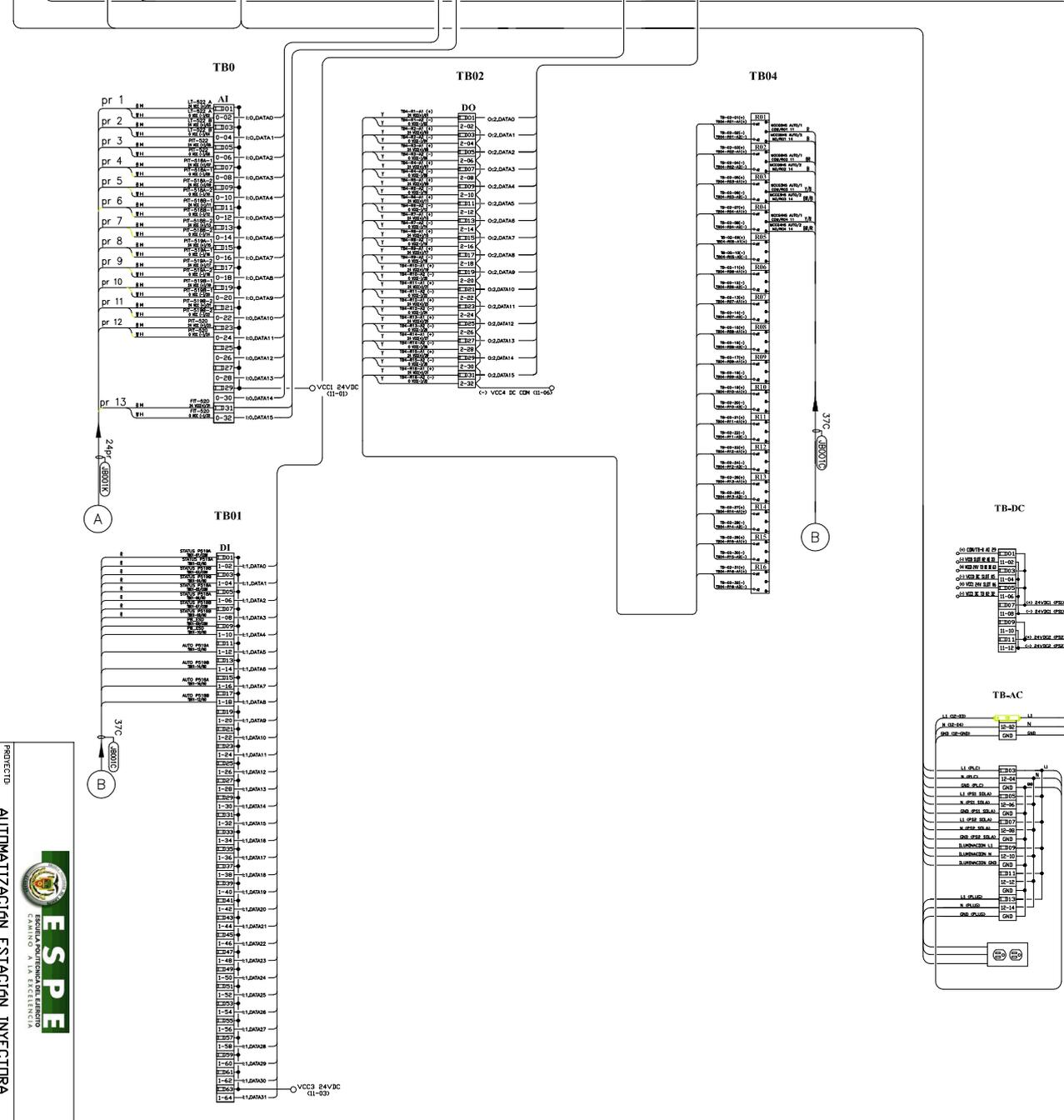
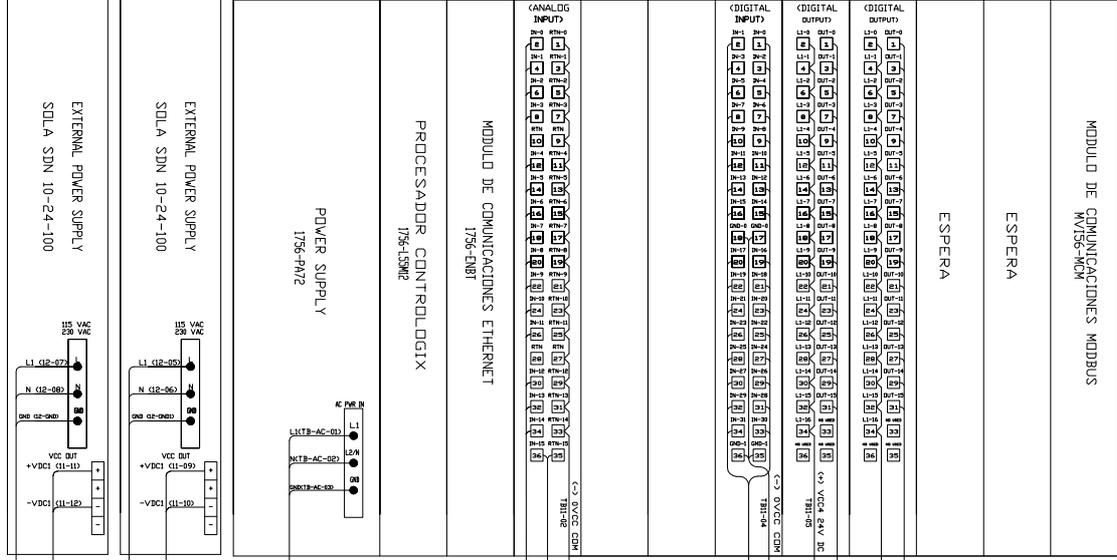
## **ANEXO B6**

### **DIAGRAMA DE TERMINALES ELÉCTRICOS**

**PLANOS ELÉCTRICOS Y DE INSTRUMENTACIÓN**

LCP-001  
 CONTROLLOGIC MASTER RACK 01

SLOT 00 1756-L5M12    SLOT 01 1756-ENBT    SLOT 02 1756-PI16    SLOT 03    SLOT 04    SLOT 05 1756-IB32    SLOT 06 1756-OB16    SLOT 07 1756-OB16    SLOT 08    SLOT 09    SLOT 10 1756-MCM



PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA  
 DESCRIPCIÓN: DIAGRAMAS DE TERMINALES ELÉCTRICOS  
 LCP-001

ESPE  
 ESCUELA POLITÉCNICA DEL LITORAL  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PLANO No: HOLA No: 01 / 04 REV: 1

LCP-001

TO PLC  
SLOT 02

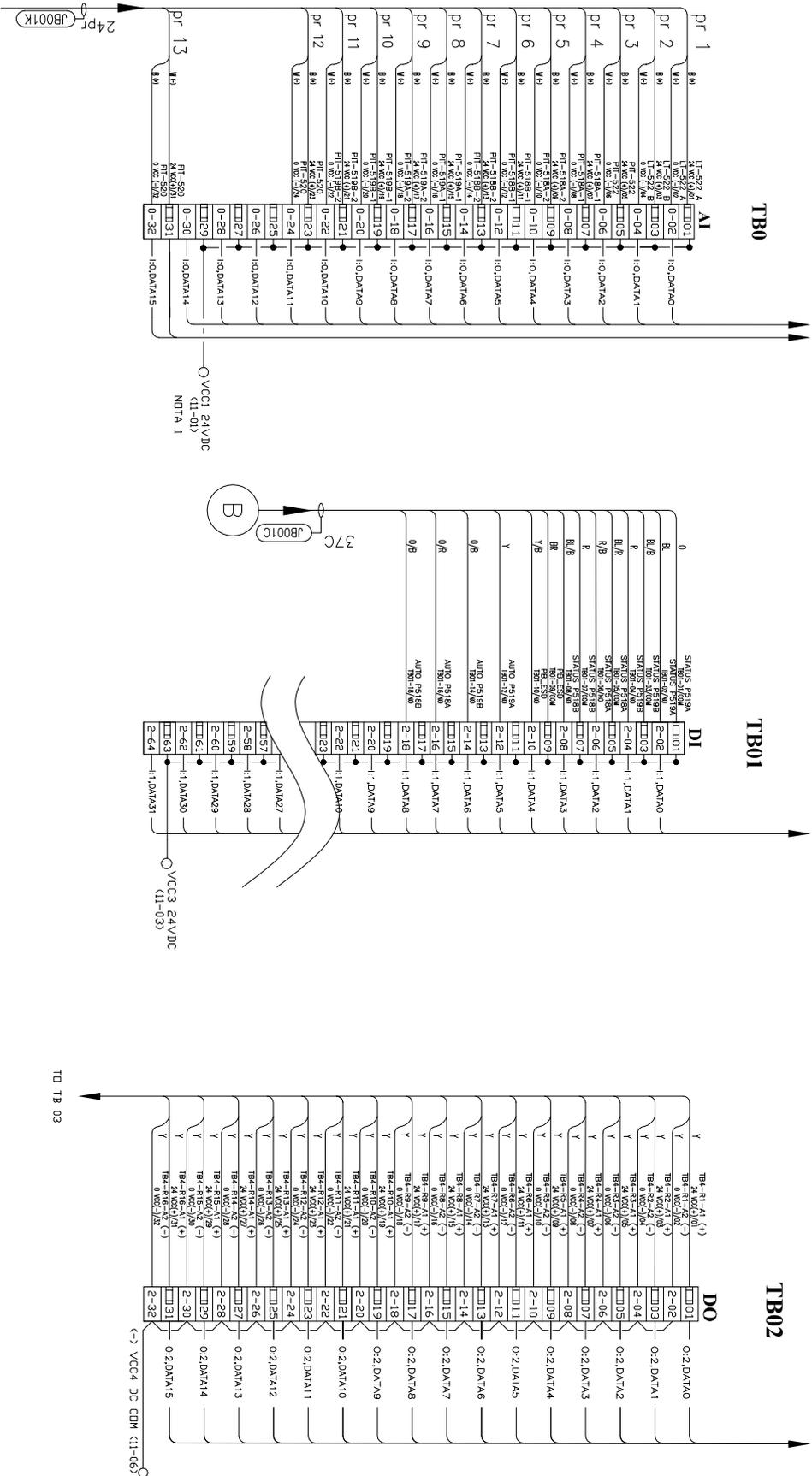
1756-IF16

TO PLC  
SLOT 05

1756-IB32

TO PLC  
SLOT 06

1756-OW16



NOTA 1.- EL CANAL 16 (I0.DAT15) SERA CABLEADO DIRECTAMENTE A LA TARJETA. EL PIT 520 ES DE FUENTE ACTIVA



PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA  
DESCRIPCIÓN: DIAGRAMAS DE TERMINALES ELÉCTRICOS  
LCP-001

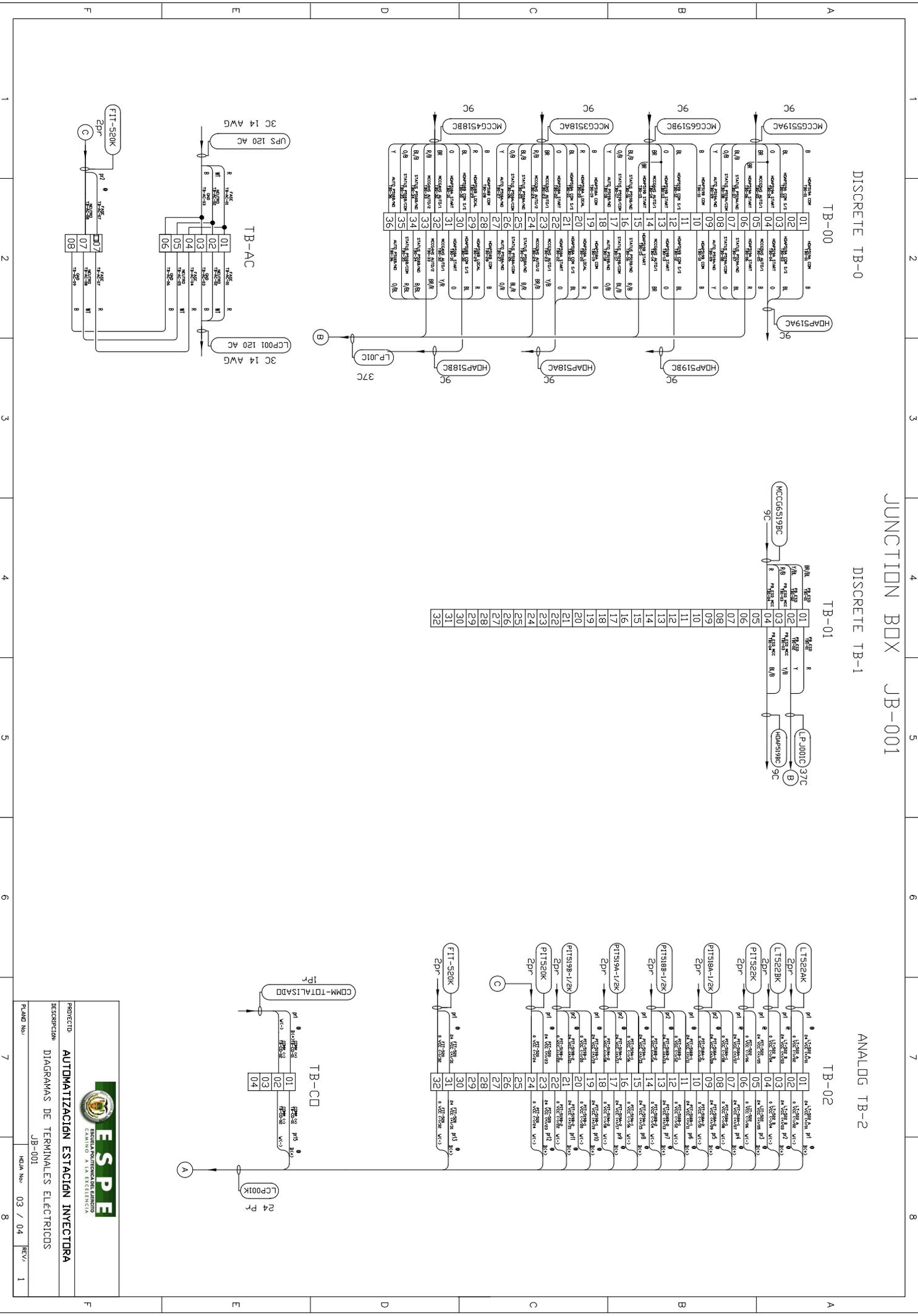
PLANT No: HJLA No: 02 / 04 REV: 1

# JUNCTION BOX JB-001

## DISCRETE TB-0

## DISCRETE TB-1

## ANALOG TB-2

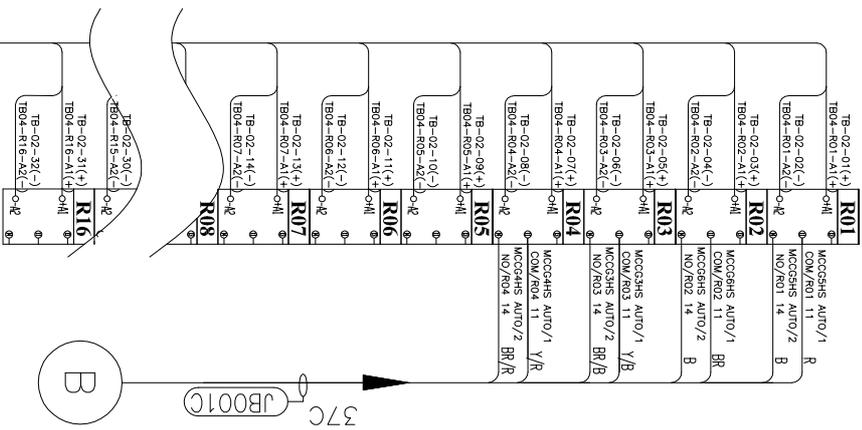


ESPER  
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
CIENFUEGOS, GUAYAS, ECUADOR

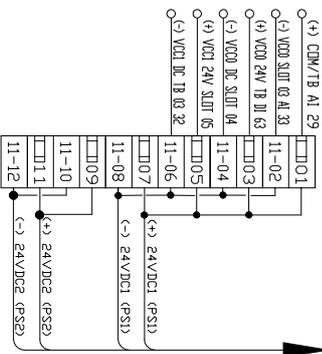
PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA  
DESCRIPCIÓN: DIAGRAMAS DE TERMINALES ELÉCTRICOS  
JB-001  
PLANO No: 03 / 04  
REV: 1

LCP-001

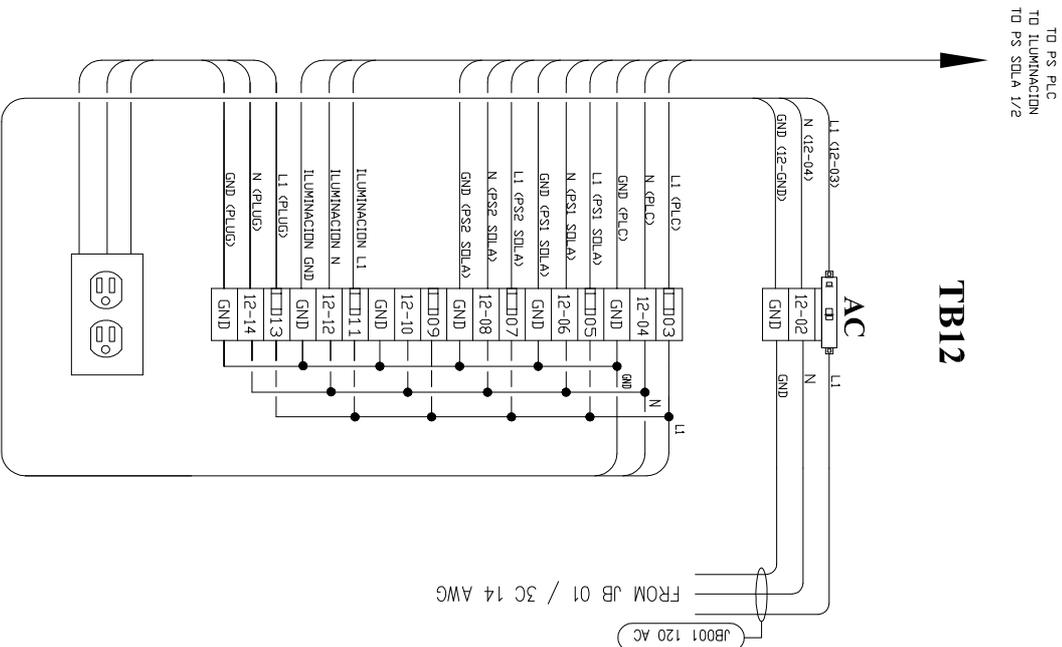
**TB04**



**TB11**  
DC



**TB12**



PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA  
DESCRIPCIÓN: DIAGRAMAS DE TERMINALES ELÉCTRICOS  
LCP-001

PLAND No: HOLA No: 04 / 04 REV: 1

F

F

E

E

D

D

C

C

B

B

A

A

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

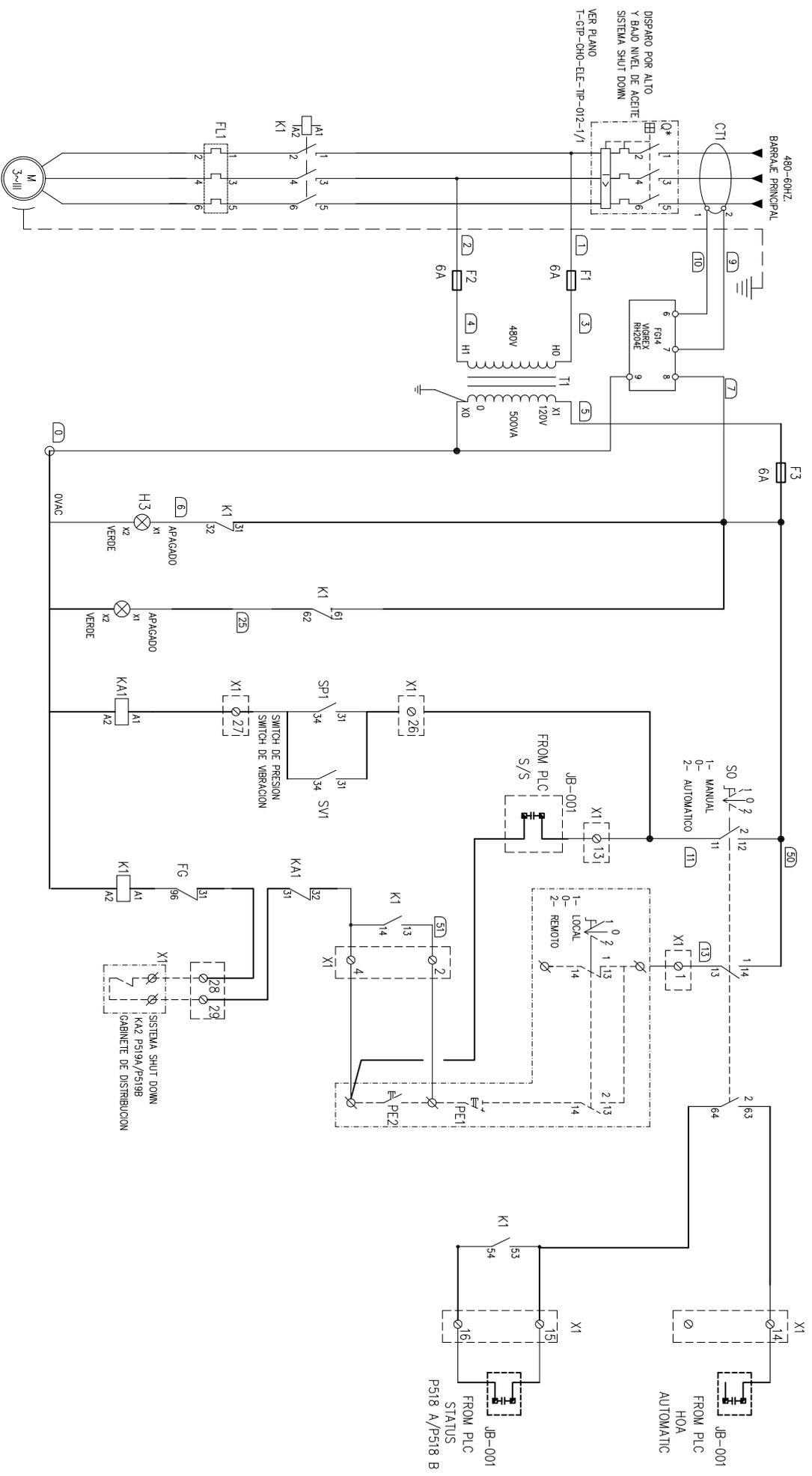
7

8

## **ANEXO B7**

# **CIRCUITO ELÉCTRICO DE POTENCIA Y CONTROL DE MOTORES**

**PLANOS ELÉCTRICOS Y DE INSTRUMENTACIÓN**

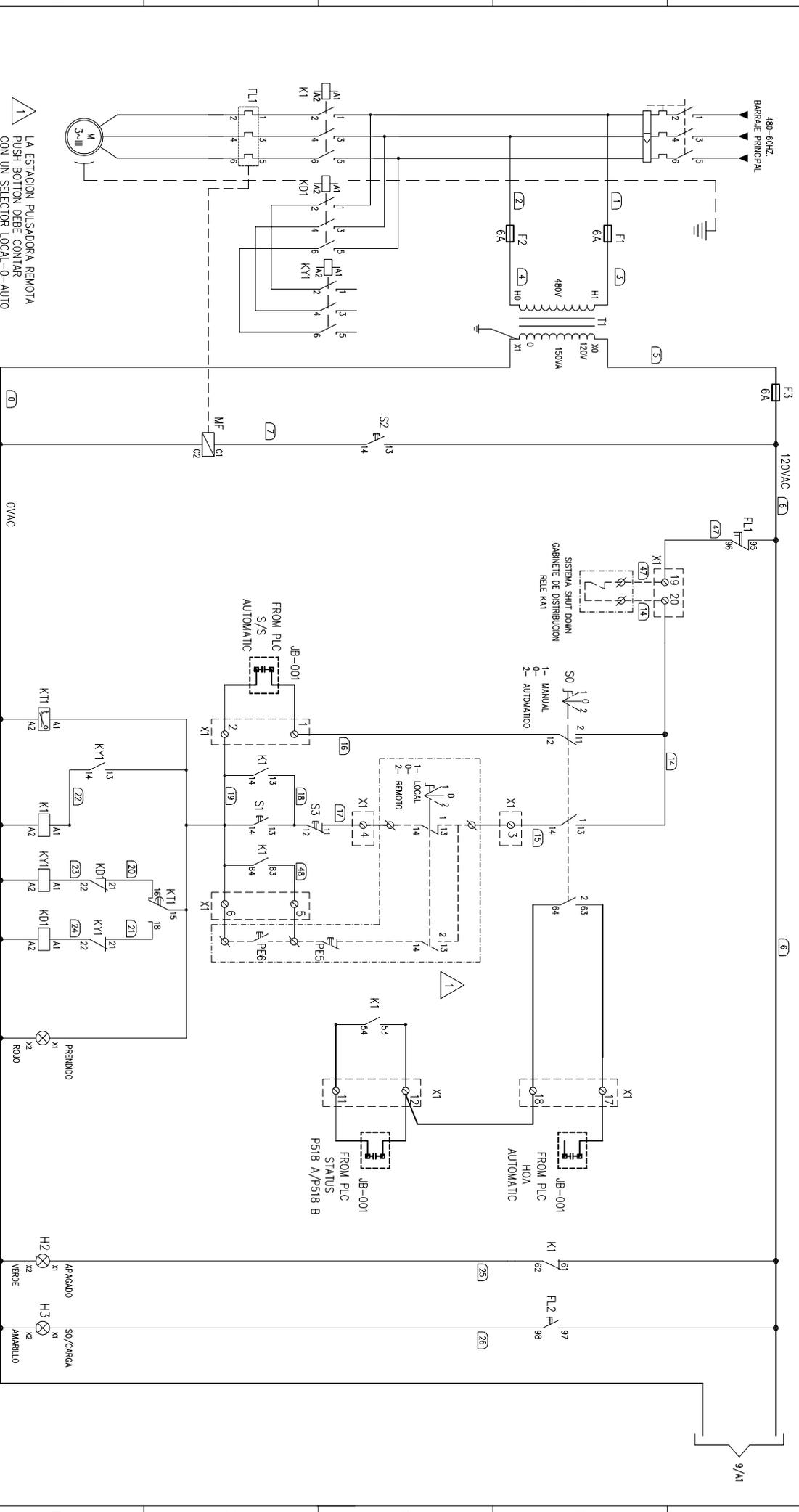


SP1 SWITCH DE PRESION PROPIO DEL MOTOR  
SV1 SWITCH DE VIBRACION PROPIO DEL MOTOR



PROYECTO	<b>AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA</b>
DISCIPLINA	DIAGRAMA DE CONTROL
PLANO No.	ARRANCADOR SUAVE P-519A/B
Hoja No.	01 / 02
REV	1

1	LINEA DE ALIMENTACION CONTACTOR PRINCIPAL	2	PARO DE EMERGENCIA	3	OPERACION AUTOMATICA	4	OPERACION MANUAL LOCAL	5	OPERACION MANUAL REMOTA	6	INDICACION PRENDIDO	7	INDICACION APAGADO	8	INDICACION S/CARGA
---	--	---	--------------------	---	----------------------	---	------------------------	---	-------------------------	---	---------------------	---	--------------------	---	--------------------



PROYECTO: AUTOMATIZACION ESTACION INYECTORA

DESCRIPCION: DIAGRAMA DE CONTROL

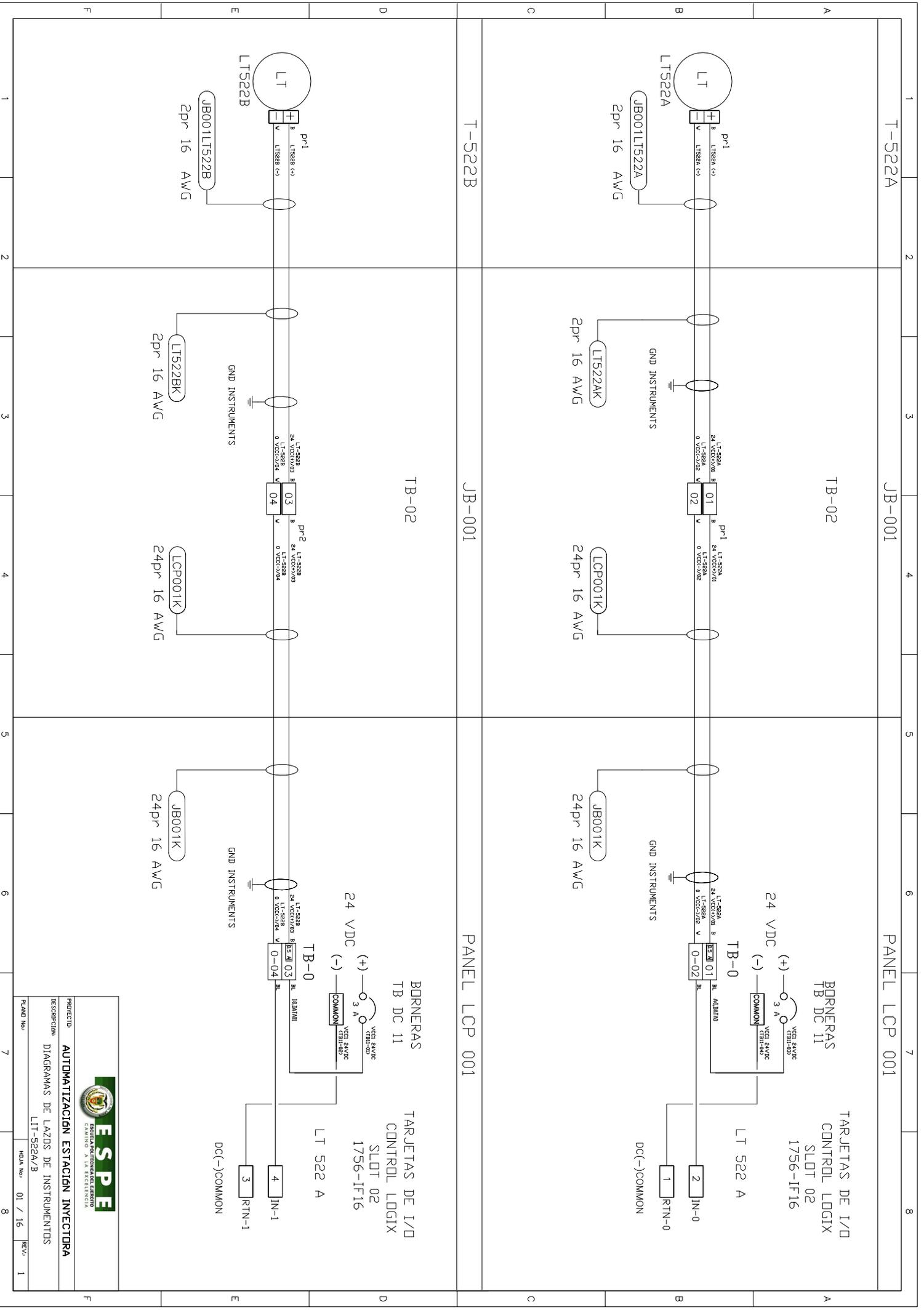
ARRANCADOR SUAVE P-SIBA/B

PLAND No: 02 / 02 REV: 1

## **ANEXO B8**

### **DIAGRAMA DE LAZO DE INSTRUMENTOS**

### **PLANOS ELÉCTRICOS Y DE INSTRUMENTACIÓN**



T-522A

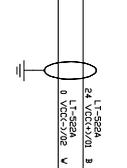
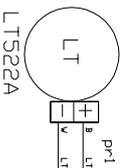
JB-001

PANEL LCP 001

TB-02

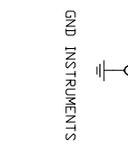
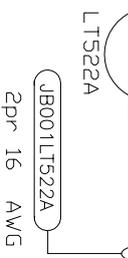
BORNERAS  
TB DC 11

TARJETAS DE I/O  
CONTROL LOGIX  
SLOT 02  
1756-IF16



LT 522 A

DC(-)COMMON



LT 522 A

DC(-)COMMON

T-522B

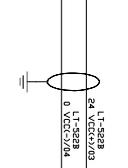
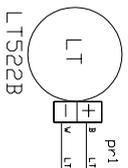
JB-001

PANEL LCP 001

TB-02

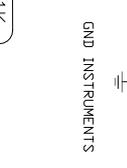
BORNERAS  
TB DC 11

TARJETAS DE I/O  
CONTROL LOGIX  
SLOT 02  
1756-IF16



LT 522 A

DC(-)COMMON



LT 522 A

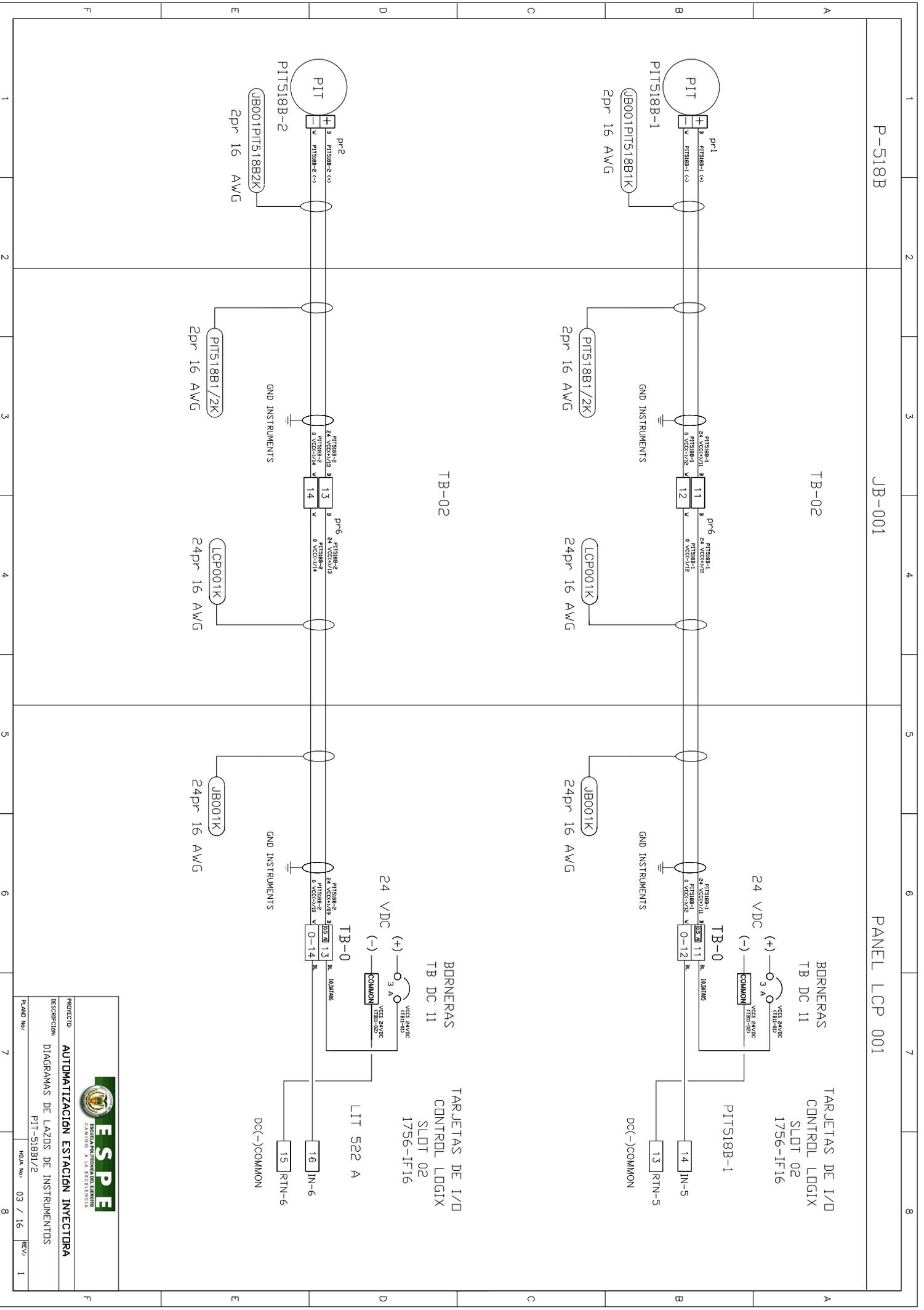
DC(-)COMMON



PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA  
 DESCRIPCIÓN: DIAGRAMAS DE LAZOS DE INSTRUMENTOS  
 PLANO No: LIT-522A/B

Hoja No: 01 / 16 REV: 1





P-518B

JB-001

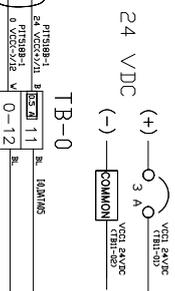
PANEL LCP 001

TB-02

BORNERAS  
TB DC 11

TARJETAS DE I/O  
CONTRRL LOGIX  
SLOT 02  
1756-IF16

PIT518B-1

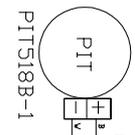


DC(-)COMMON

24pr 16 AWG

LCP001K

24pr 16 AWG



24pr 16 AWG

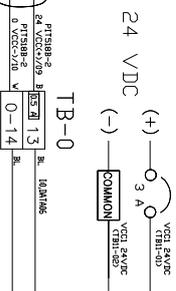
JB001PIT518B1K

TB-02

BORNERAS  
TB DC 11

TARJETAS DE I/O  
CONTRRL LOGIX  
SLOT 02  
1756-IF16

LIT 522 A

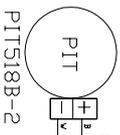


DC(-)COMMON

24pr 16 AWG

LCP001K

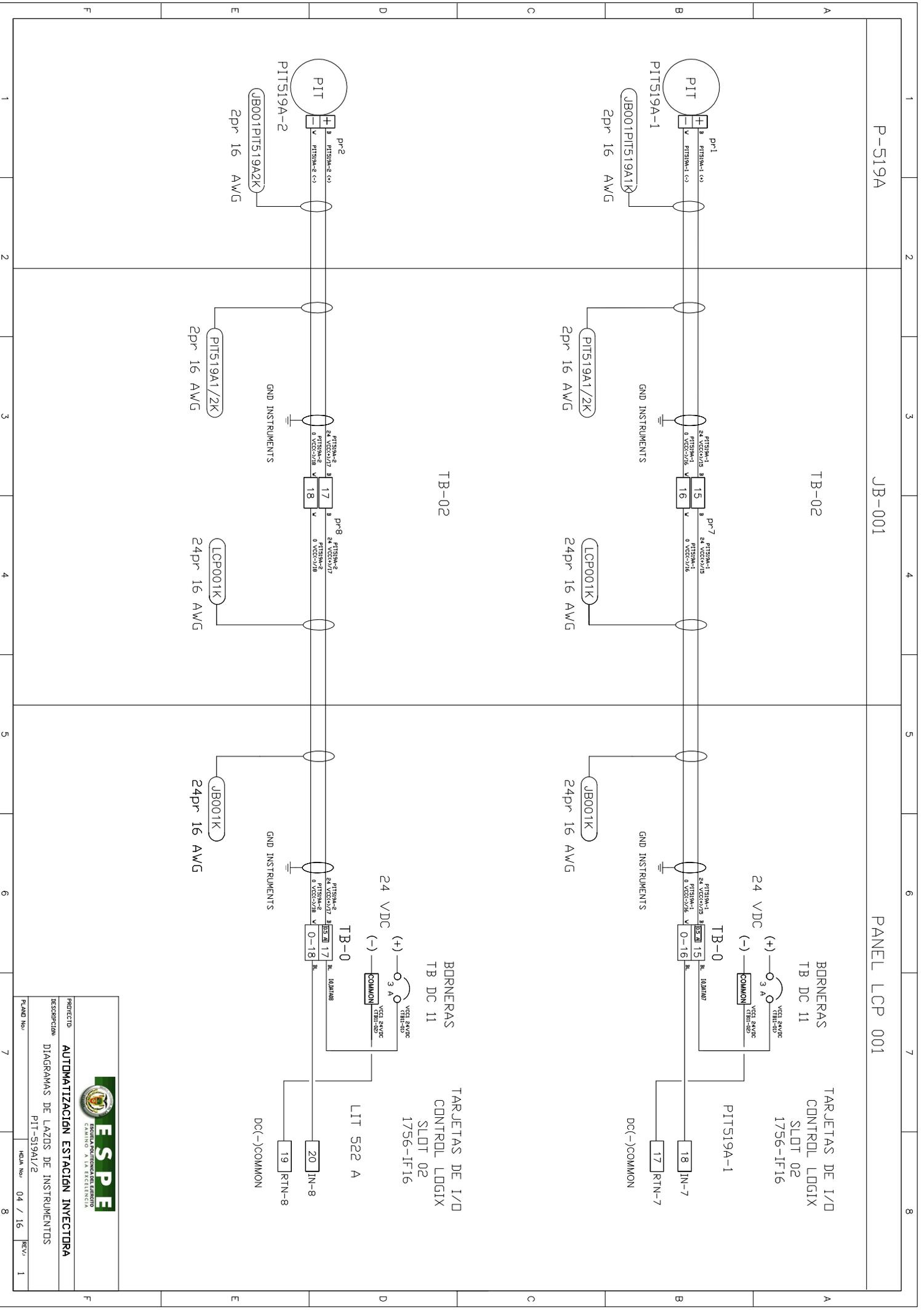
24pr 16 AWG



24pr 16 AWG

JB001PIT518B2K

PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA  
DESCRIPCIÓN: DIAGRAMAS DE LAZOS DE INSTRUMENTOS  
PII-518B1/2  
PLANO No: HJLA No: 03 / 16  
REV: 1



P-519A

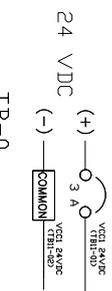
JB-001

PANEL LCP 001

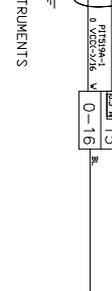
TB-02

BORNERAS  
TB DC 11

TARJETAS DE I/O  
CONTRRL LOGIX  
SLOT 02  
1756-1F16



PITS19A-1



DC(-)COMMON

24pr 16 AWG

JB001K

GND INSTRUMENTS

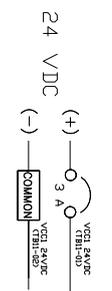
PITS19A1/2K

PITS19A-1  
24pr 16 AWG

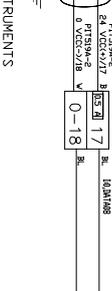
TB-02

BORNERAS  
TB DC 11

TARJETAS DE I/O  
CONTRRL LOGIX  
SLOT 02  
1756-1F16



LIT 522 A



DC(-)COMMON

24pr 16 AWG

JB001K

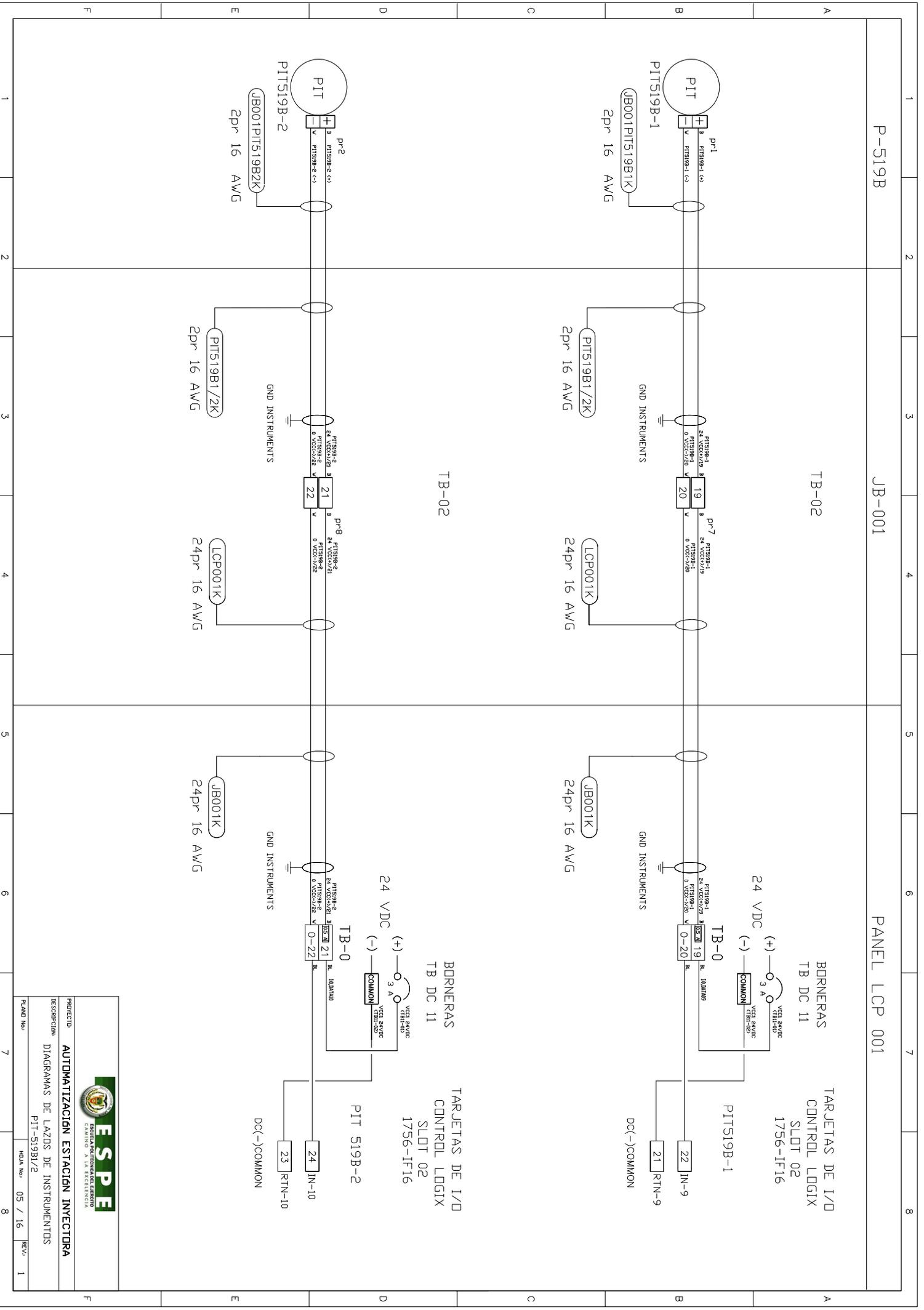
GND INSTRUMENTS

PITS19A1/2K

PITS19A-2  
24pr 16 AWG



PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA  
DESCRIPCIÓN: DIAGRAMAS DE LAZOS DE INSTRUMENTOS  
PII-519A1/2  
PLANO No: 04 / 16  
REV: 1



P-519B

JB-001

PANEL LCP 001

TB-02

BORNERAS  
TB DC 11

TARJETAS DE I/O  
CONTRRL LOGIX  
SLOT 02  
1756-IF16

PITS19B-1

22 IN-9

21 RTN-9

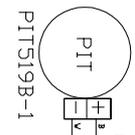
DC(-)COMMON

24pr 16 AWG

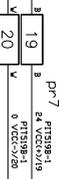
LCP001K

24pr 16 AWG

JB001K



pr1  
PITS19B-1  
PITS19B-1  
24pr 16 AWG  
JB001PITS19B1K



GND INSTRUMENTS

24pr 16 AWG

LCP001K

24pr 16 AWG

JB001K

TB-02

BORNERAS  
TB DC 11

TARJETAS DE I/O  
CONTRRL LOGIX  
SLOT 02  
1756-IF16

PITS19B-2

24 IN-10

23 RTN-10

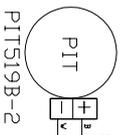
DC(-)COMMON

24pr 16 AWG

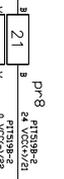
LCP001K

24pr 16 AWG

JB001K



pr2  
PITS19B-2  
PITS19B-2  
24pr 16 AWG  
JB001PITS19B2K



GND INSTRUMENTS

24pr 16 AWG

LCP001K

24pr 16 AWG

JB001K



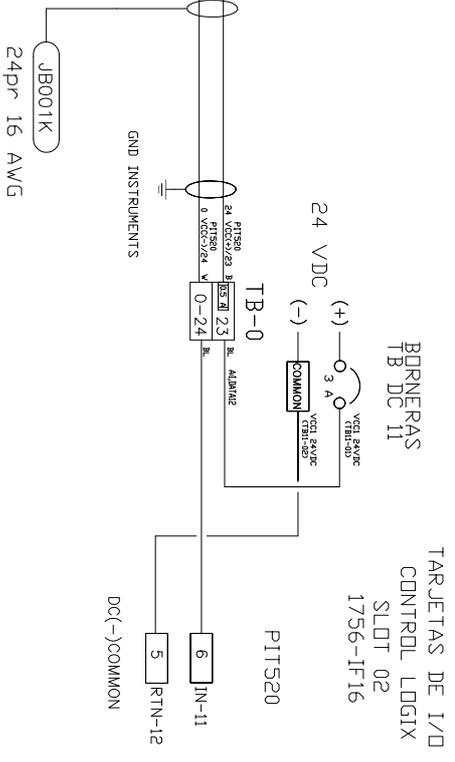
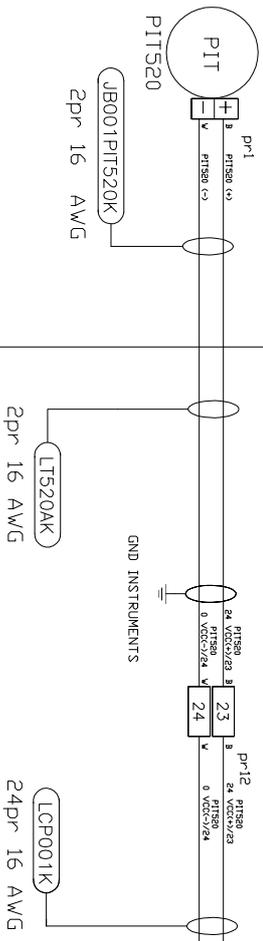
PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA  
DESCRIPCIÓN: DIAGRAMAS DE LAZOS DE INSTRUMENTOS  
PIT-519B1/2  
PLANO No: 05 / 16  
REV: 1

1 INGRESO DE AGUA

2 JB-001

3 PANEL LCP 001

4 TARJETAS DE I/D  
CONTROL LOGIX  
SLOT 02  
1756-IF16

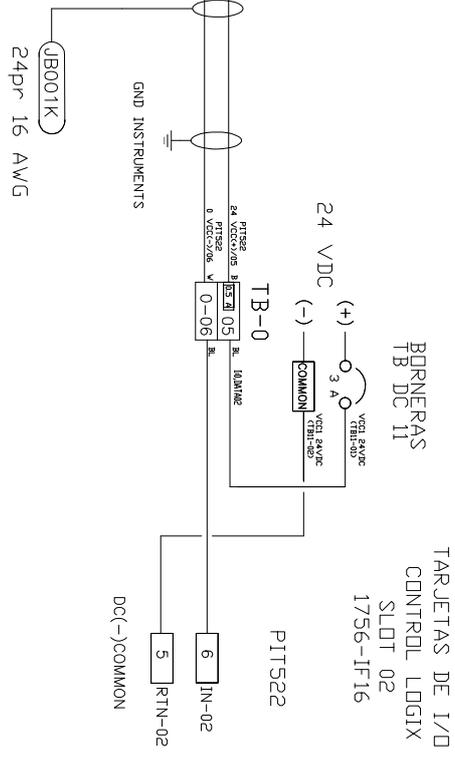
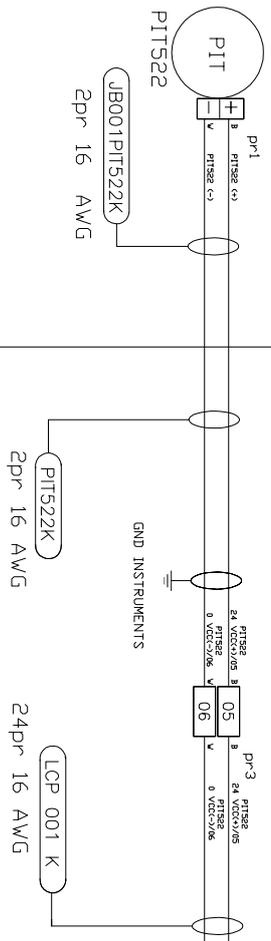


5 LINEA DE REINYECCION

6 JB-001

7 PANEL LCP 001

8 TARJETAS DE I/D  
CONTROL LOGIX  
SLOT 02  
1756-IF16



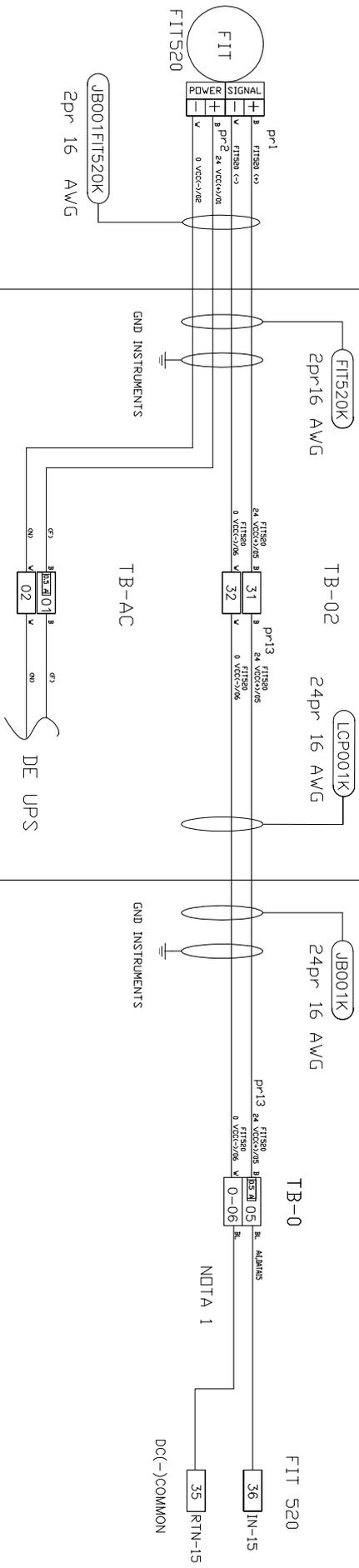
PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA  
 DESCRIPCIÓN: DIAGRAMAS DE LAZOS DE INSTRUMENTOS  
 P.I.T.-520/522  
 PLANO No: 06 / 16  
 REV: 1

1 LINA A POZDO

2 JB-001

3 PANEL LCP 001

TARJETAS DE I/O  
CONTROL LOGIX  
SLOT 02  
1756-IF16



NOTA 1.- EL TRANSMISOR DE FLUJO ES DE FUENTE ACTIVA, EL CANAL DE SENAL ANALOGICA ESTARA CONECTADA DIRECTAMENTE A LA TARJETA



PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA

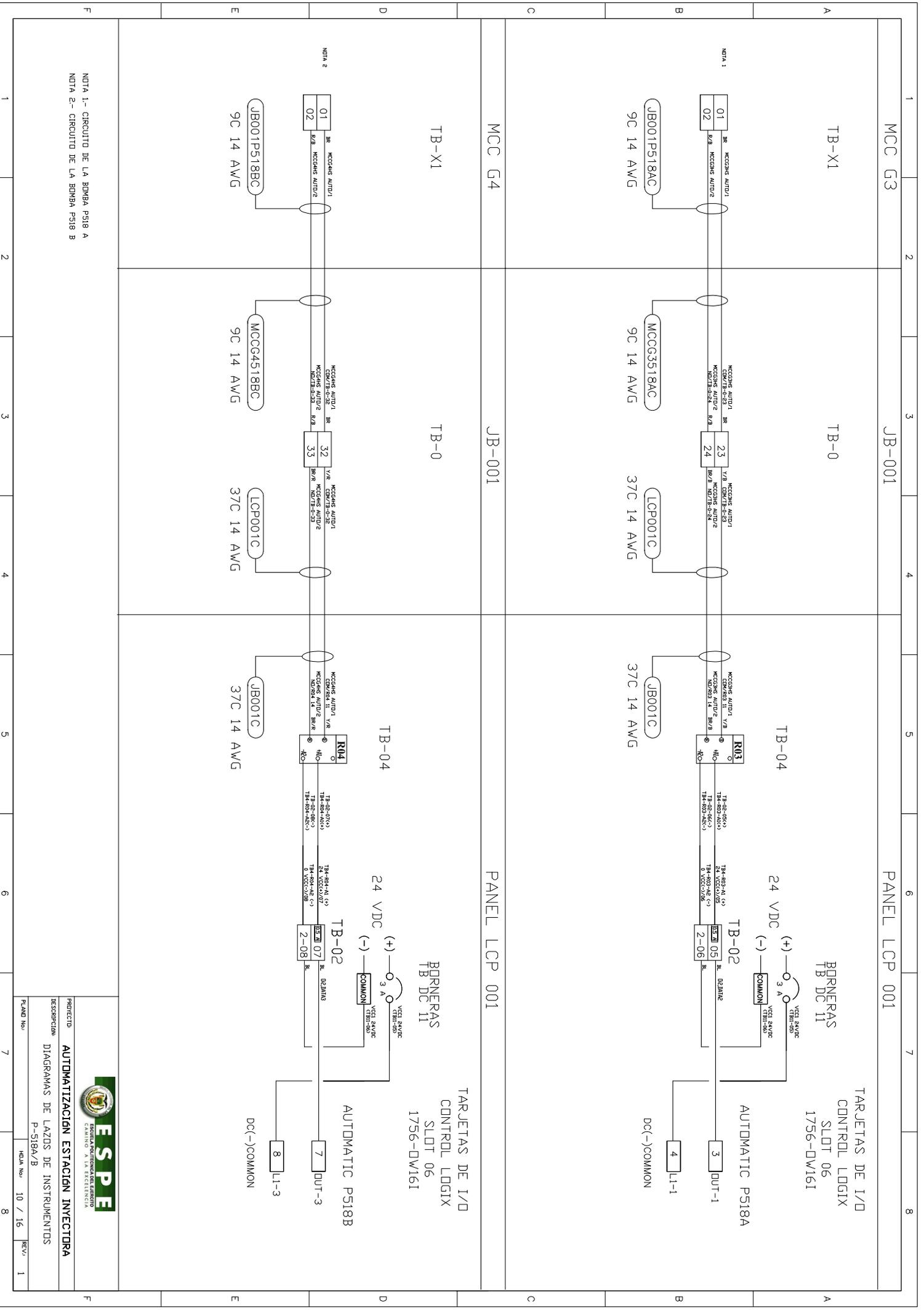
DESCRIPCIÓN: DIAGRAMAS DE LAZOS DE INSTRUMENTOS

FTI-520

PLANO No: HJLA No: 07 / 16 REV: 1



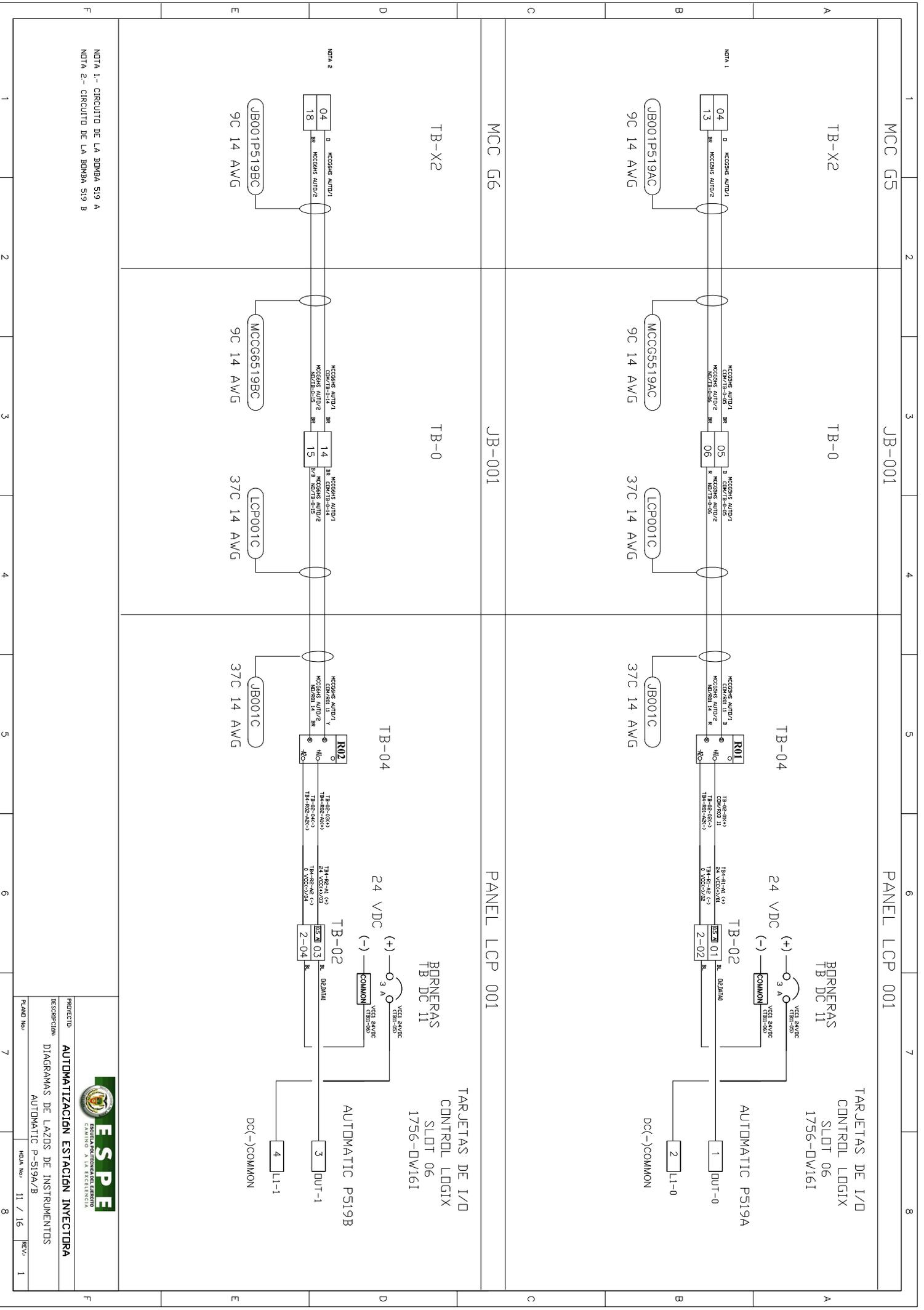




NOTA 1- CIRCUITO DE LA BOMBA PS18 A  
 NOTA 2- CIRCUITO DE LA BOMBA PS18 B



PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA  
 DESCRIPCIÓN: DIAGRAMAS DE LAZOS DE INSTRUMENTOS  
 P-518A/B  
 PLANT No: HOLA No: 10 / 16 REV: 1



NOTA 1- CIRCUITO DE LA BOMBA S19 A  
 NOTA 2- CIRCUITO DE LA BOMBA S19 B



PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA  
 DESCRIPCIÓN: DIAGRAMAS DE LAZOS DE INSTRUMENTOS  
 AUTOMATIC P-S19A/B  
 PLANT No: HOLA No: 11 / 16 REV: 1

MCC G5

JB-001

PANEL LCP 001

TB-X2

TB-0

TB-04

BORNERAS  
 TB DC 11

TARJETAS DE I/O  
 CONTRL LOGIX  
 SLOT 06  
 1756-DW161

AUTOMATIC P519A

JB001P519AC

MCCG5519AC

LCP001C

JB001C

TB-02

1 OUT-0

2 L1-0  
 DC(-)COMMON

MCC G6

JB-001

PANEL LCP 001

TB-X2

TB-0

TB-04

BORNERAS  
 TB DC 11

TARJETAS DE I/O  
 CONTRL LOGIX  
 SLOT 06  
 1756-DW161

AUTOMATIC P519B

JB001P519BC

MCCG6519BC

LCP001C

JB001C

TB-02

3 OUT-1

4 L1-1  
 DC(-)COMMON

F

F

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

1

1

2

2

3

3

4

4

5

5

6

6

7

7

8

8

HDA P518A

JB-001

MCC G3 P518A

TB-00

TB-X1

COM	B	R	BL	D	HDA P518A CDM		HDA P518A LOCAL		COM	B	R	BL	D	HDA P518A CDM		HDA P518A LOCAL	
					TB-19	TB-20	TB-21	TB-22						TB-19	TB-20	TB-21	TB-22
11									11								
12									12								
11									11								
12									12								
11									11								
12									12								

JB001HOAP518AC  
9C 14 AWG

HOAP518AC  
9C 14 AWG

MCCG3518AC  
37C 14 AWG

JB001HOAP518AC  
37C 14 AWG

HDA P518B

JB-001

MCC G3 P518B

TB-00

TB-X1

COM	B	R	BL	D	HDA P518B CDM		HDA P518B LOCAL		COM	B	R	BL	D	HDA P518B CDM		HDA P518B LOCAL	
					TB-28	TB-29	TB-30	TB-31						TB-28	TB-29	TB-30	TB-31
11									11								
12									12								
11									11								
12									12								

JB001HOAP518BC  
9C 14 AWG

HOAP518BC  
9C 14 AWG

MCCG3518BC  
9C 14 AWG

JB001HOAP518BC  
9C 14 AWG



PROYECTO AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA

DESCRIPCIÓN DIAGRAMAS DE LAZOS DE INSTRUMENTOS

HDA P-518A/B

PLANT No 12 / 16 REV 1

HDA P519A

JB-001

MCC G6 P519A

TB-00

TB-X1

COM	B	HDA P519A CDM
LOCAL	1	
START	12	HDA P519A CDM S/S
	11	
	10	
	09	
	08	
	07	
	06	
	05	
	04	
	03	
	02	
	01	

COM	B	HDA P519A CDM
LOCAL	1	
START	12	HDA P519A CDM S/S
	11	
	10	
	09	
	08	
	07	
	06	
	05	
	04	
	03	
	02	
	01	

COM	B	HDA P519A CDM
LOCAL	1	
START	12	HDA P519A CDM S/S
	11	
	10	
	09	
	08	
	07	
	06	
	05	
	04	
	03	
	02	
	01	

JB001HOAP519AC  
9C 14 AWG

HOAP519AC  
9C 14 AWG

MCCG5519AC  
9C 14 AWG

JB001HOAP519C  
9C 14 AWG

HDA P519B

JB-001

MCC G6 P519B

TB-00

TB-X1

COM	B	HDA P519B CDM
LOCAL	1	
START	12	HDA P519B CDM S/S
	11	
	10	
	09	
	08	
	07	
	06	
	05	
	04	
	03	
	02	
	01	

COM	B	HDA P519B CDM
LOCAL	1	
START	12	HDA P519B CDM S/S
	11	
	10	
	09	
	08	
	07	
	06	
	05	
	04	
	03	
	02	
	01	

COM	B	HDA P519B CDM
LOCAL	1	
START	12	HDA P519B CDM S/S
	11	
	10	
	09	
	08	
	07	
	06	
	05	
	04	
	03	
	02	
	01	

COM	R/B	HDA P519A CDM
LOCAL	13	
START	12	HDA P519A LOCAL
	11	
	10	
	09	
	08	
	07	
	06	
	05	
	04	
	03	
	02	
	01	

COM	R/B	HDA P519A CDM
LOCAL	13	
START	12	HDA P519A LOCAL
	11	
	10	
	09	
	08	
	07	
	06	
	05	
	04	
	03	
	02	
	01	

COM	R/B	HDA P519A CDM
LOCAL	13	
START	12	HDA P519A LOCAL
	11	
	10	
	09	
	08	
	07	
	06	
	05	
	04	
	03	
	02	
	01	

JB001HOAP519BC  
9C 14 AWG

HOAP519BC  
9C 14 AWG

MCCG6519BC  
9C 14 AWG

JB001HOAP519C  
9C 14 AWG



PROYECTO AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA

DESCRIPCIÓN DIAGRAMAS DE LAZOS DE INSTRUMENTOS

HDA P-519A/B

PLANT No HDA No 13 / 16

REV 1

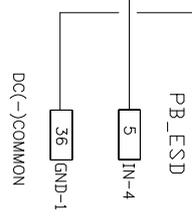
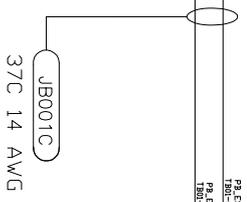
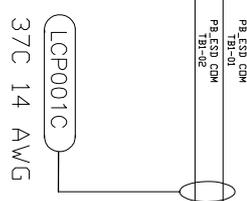
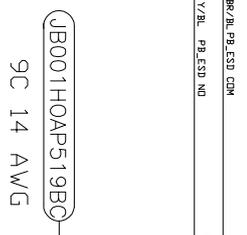
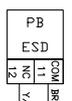
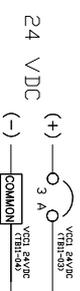
1 2 3 4 5 6 7 8

HDA P519B

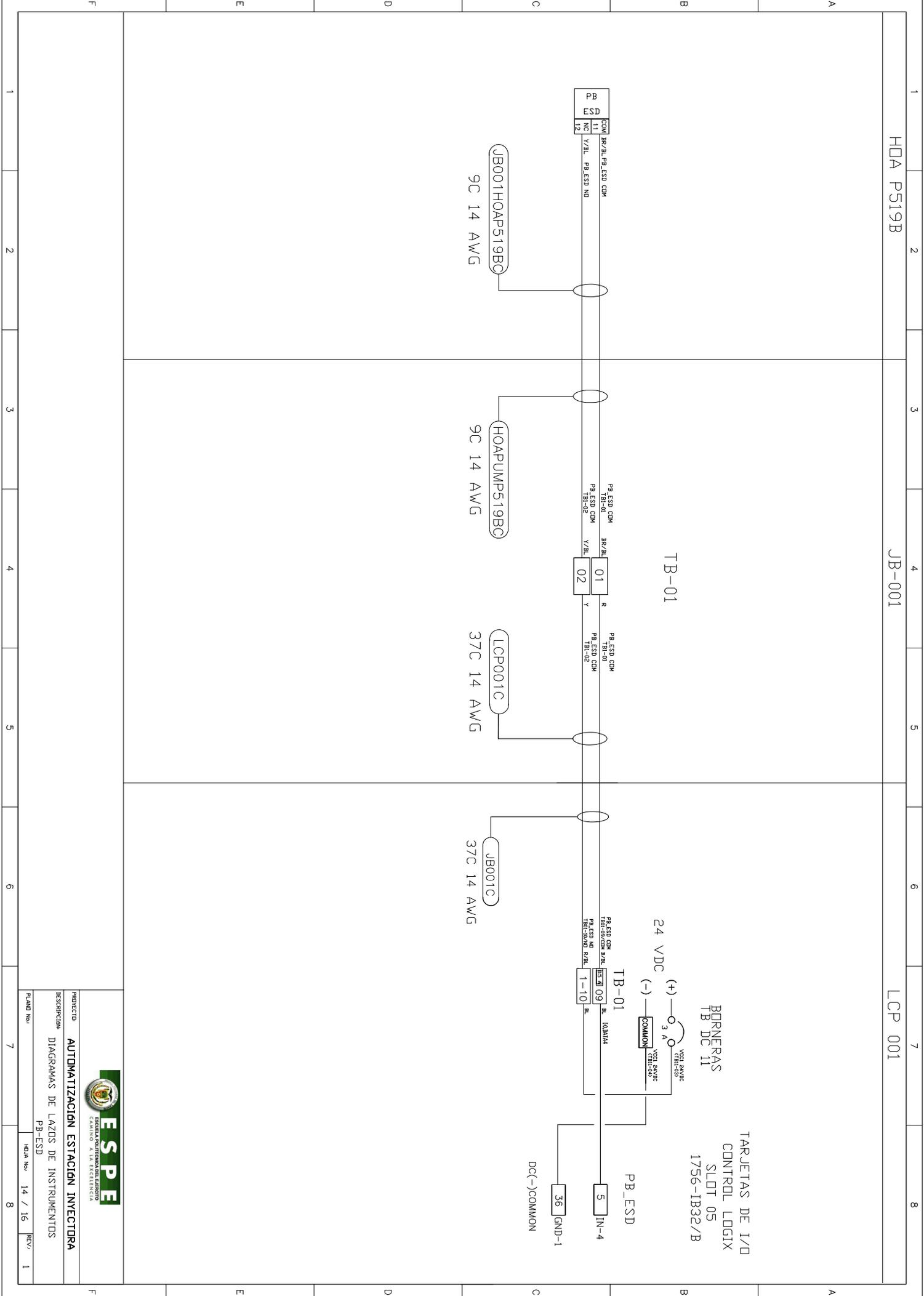
JB-001

LCP 001

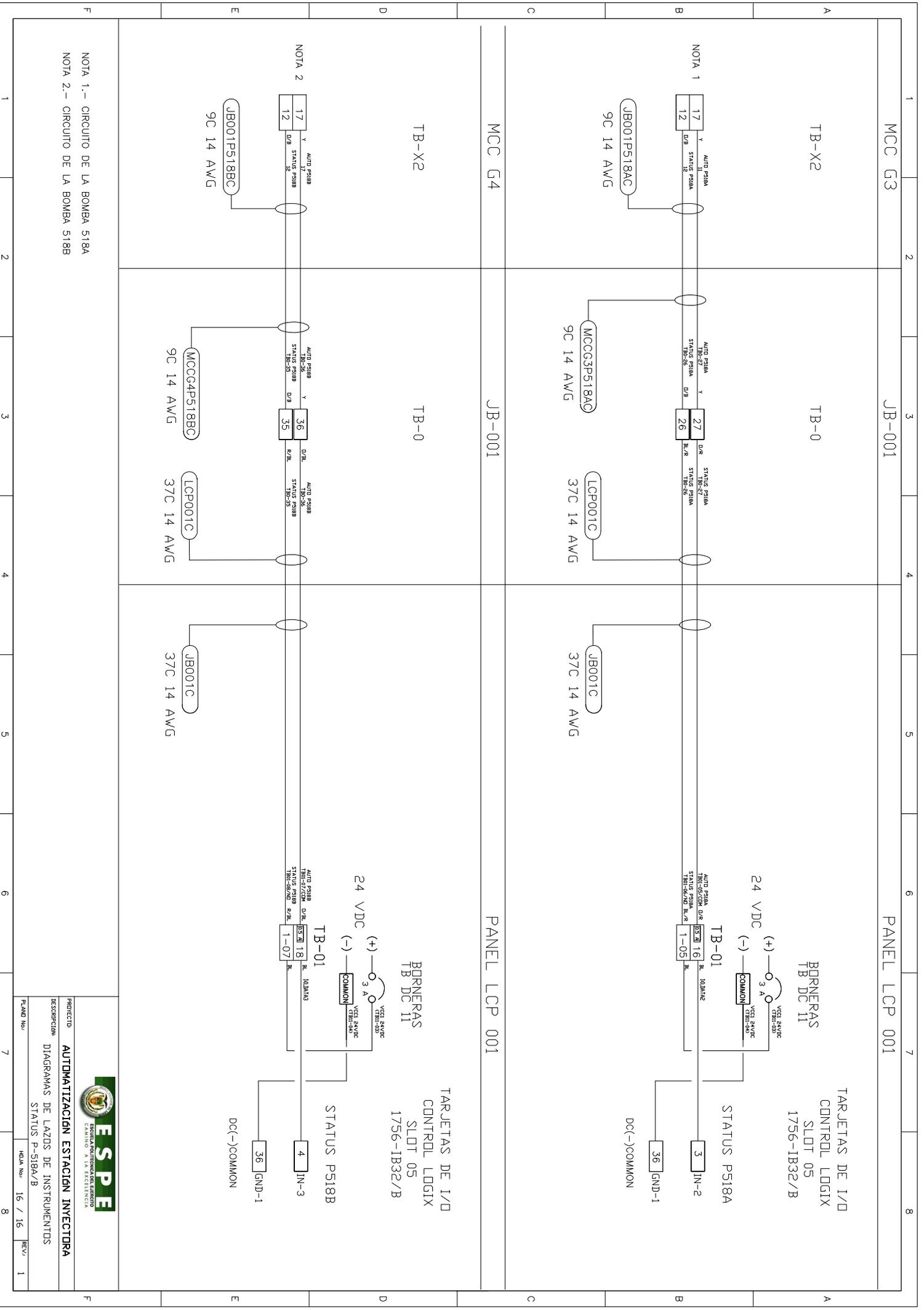
TARJETAS DE I/O  
CONTROL LOGIX  
SLOT 05  
1756-IB32/B



PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA  
 DESCRIPCIÓN: DIAGRAMAS DE LAZOS DE INSTRUMENTOS  
 PB-ESD  
 PLANO No: HDA No: 14 / 16 REV: 1







PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN INYECTORA

DESCRIPCIÓN: DIAGRAMAS DE LAZOS DE INSTRUMENTOS

STATUS P-518A/B

PLANT No: 16 / 16

REV: 1

## **ANEXO B9**

### **LISTA DE COMPONENTES**

**PLANOS ELÉCTRICOS Y DE INSTRUMENTACIÓN**

## LISTA DE COMPONENTES

TAG N°	Descripción	Ubicación
LT-522 A	Transmisor de nivel en el tanque T-522 A	1/16
LT-522 B	Transmisor de nivel en el tanque T-522 B	1/16
PIT-522	Transmisor de presión en la entrada a la estación	6/16
PIT-518A-1	Transmisor de presión en la succión de bomba booster P-518A	2/16
PIT-518A-2	Transmisor de presión en la descarga de bomba booster P-518A	2/16
PIT-518B-1	Transmisor de presión en la succión de bomba booster P-518B	3/16
PIT-518B-2	Transmisor de presión en la descarga de bomba booster P-518B	3/16
PIT-519A-1	Transmisor de presión en la succión de bomba de inyección P-519A	4/16
PIT-519A-2	Transmisor de presión en la descarga de bomba de inyección P-519A	4/16
PIT-519B-1	Transmisor de presión en la succión de bomba de inyección P-519B	5/16
PIT-519B-2	Transmisor de presión en la descarga de bomba de inyección P-519B	5/16
PIT-520	Transmisor de presión en la inyección a pozo	6/16
FIT-520	Transmisor totalizador de flujo inyectado	7/16
HOA-518A	Botonera para P-518A	12/16
HOA-518B	Botonera para P-518B	12/16
HOA-519A	Botonera para P-519A	13/16
HOA-519B	Botonera para P-519B	13/16
PB_ESD	Botonera de paro de emergencia	14/16
JB-001	Caja de borneras dispuesta en campo	
LCP-001	Panel de Control dispuesto en el cuarto de control	
P-518A	Bomba de succión (status)	15/16
P-518B	Bomba de succión (status)	15/16
P-519A	Bomba de inyección (status)	16/16
P-519B	Bomba de inyección (status)	16/16
T-522A	Tanque de almacenamiento	
T-522B	Tanque de almacenamiento	
R01	Relé de desacople para DATA0 del Módulo de salida.	11/16
R02	Relé de desacople para DATA1 del Módulo de salida.	11/16
R03	Relé de desacople para DATA2 del Módulo de salida.	10/16
R04	Relé de desacople para DATA3 del Módulo de salida.	10/16
R05	Relé de desacople para DATA4 del Módulo de salida.	S/C
R06	Relé de desacople para DATA5 del Módulo de salida.	S/C

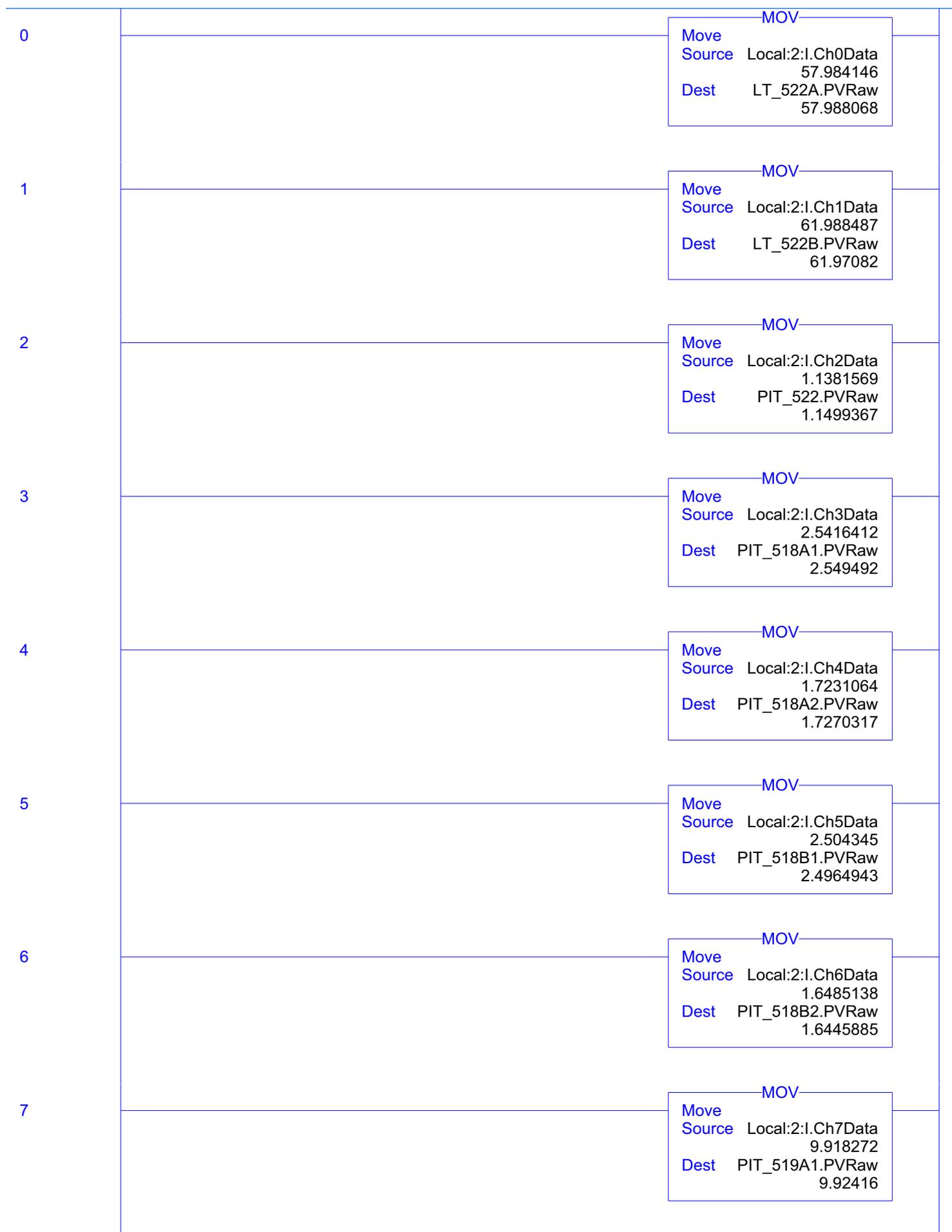
R07	Relé de desacople para DATA6 del Módulo de salida.	S/C
R08	Relé de desacople para DATA7 del Módulo de salida.	S/C
R09	Relé de desacople para DATA8 del Módulo de salida.	S/C
R10	Relé de desacople para DATA9 del Módulo de salida.	S/C
R11	Relé de desacople para DATA10 del Módulo de salida.	S/C
R12	Relé de desacople para DATA11 del Módulo de salida.	S/C
R13	Relé de desacople para DATA12 del Módulo de salida.	S/C
R14	Relé de desacople para DATA13 del Módulo de salida.	S/C
R15	Relé de desacople para DATA14 del Módulo de salida.	S/C
R16	Relé de desacople para DATA15 del Módulo de salida.	S/C

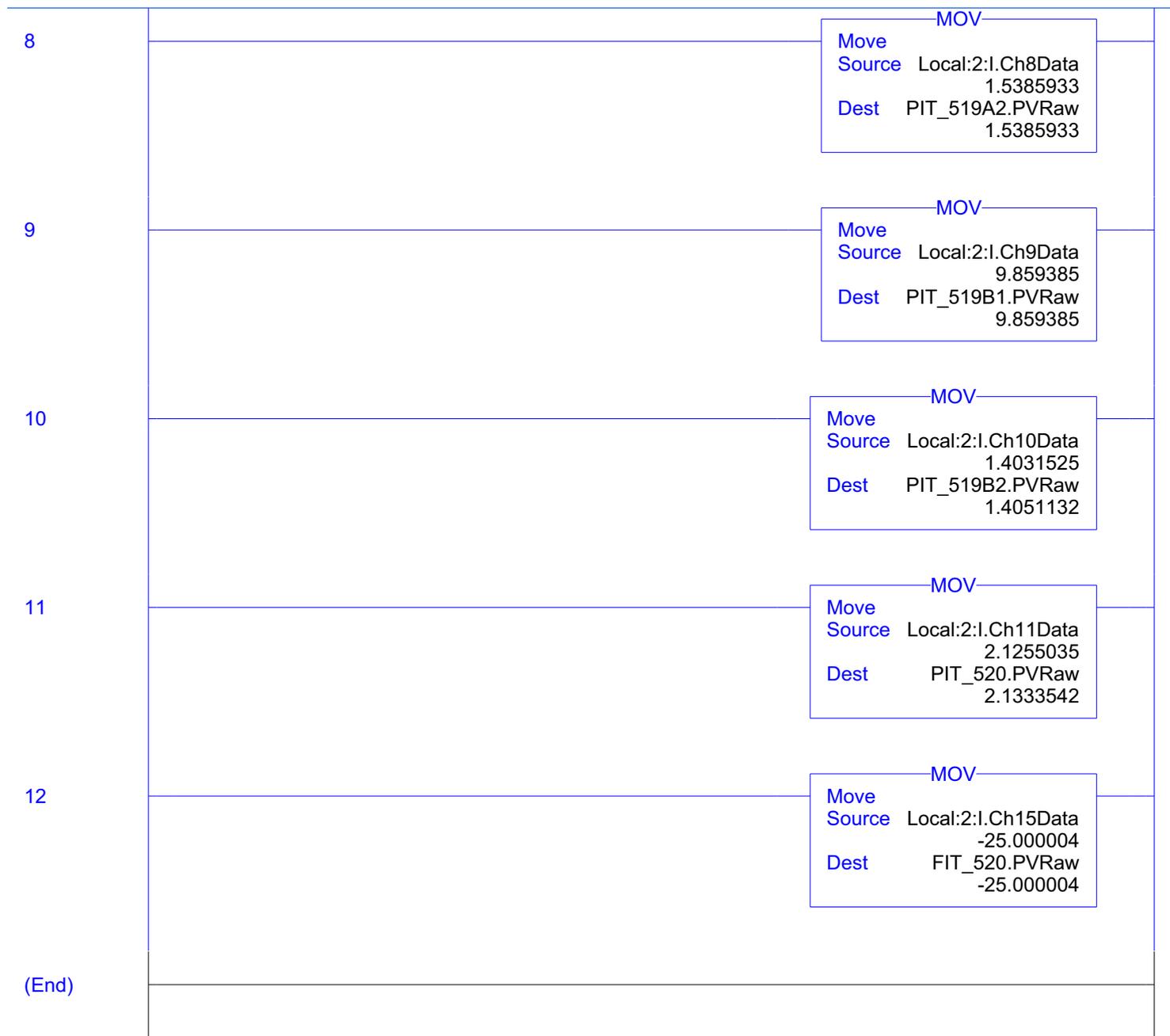
**S/C.-** Sin conexión para futura ampliación.

**NOTA.** Todos estos componentes se encuentran referenciados a los diagramas de lazo de instrumentos.

# **ANEXO C**

## **LISTADO DEL PROGRAMA DEL PLC**





**DIGITALINPUT - Ladder Diagram**

Automatizacion\_pozo\_inyector:MainTask:MainProgram

Total number of rungs in routine: 9

09/12/2008 23:52:18

D:\Automatizacion\_pozo\_inyector.ACD



**DIGITAL\_OUTPUT - Ladder Diagram**

Automatizacion\_pozo\_inyector:MainTask:MainProgram

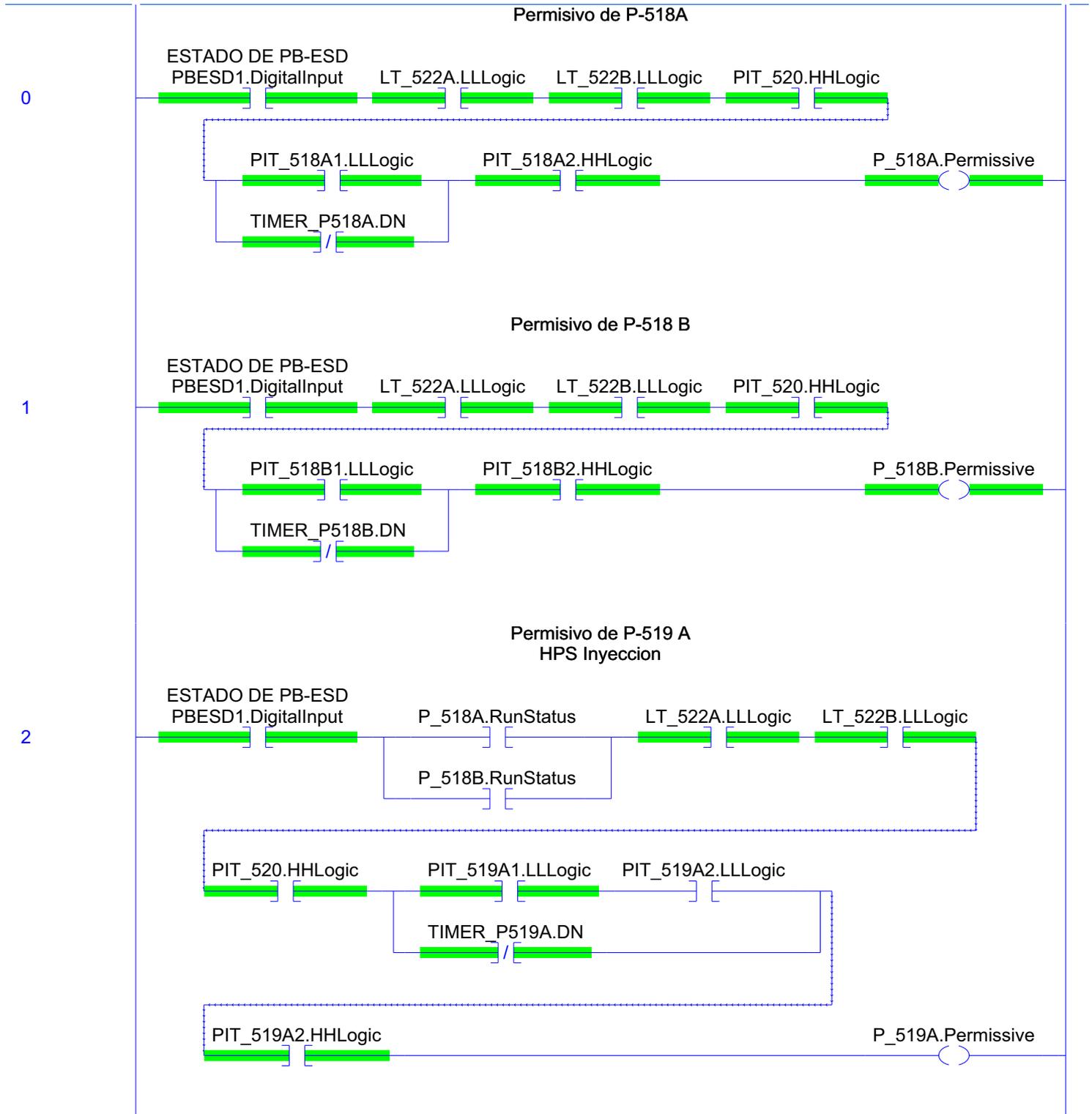
Total number of rungs in routine: 4

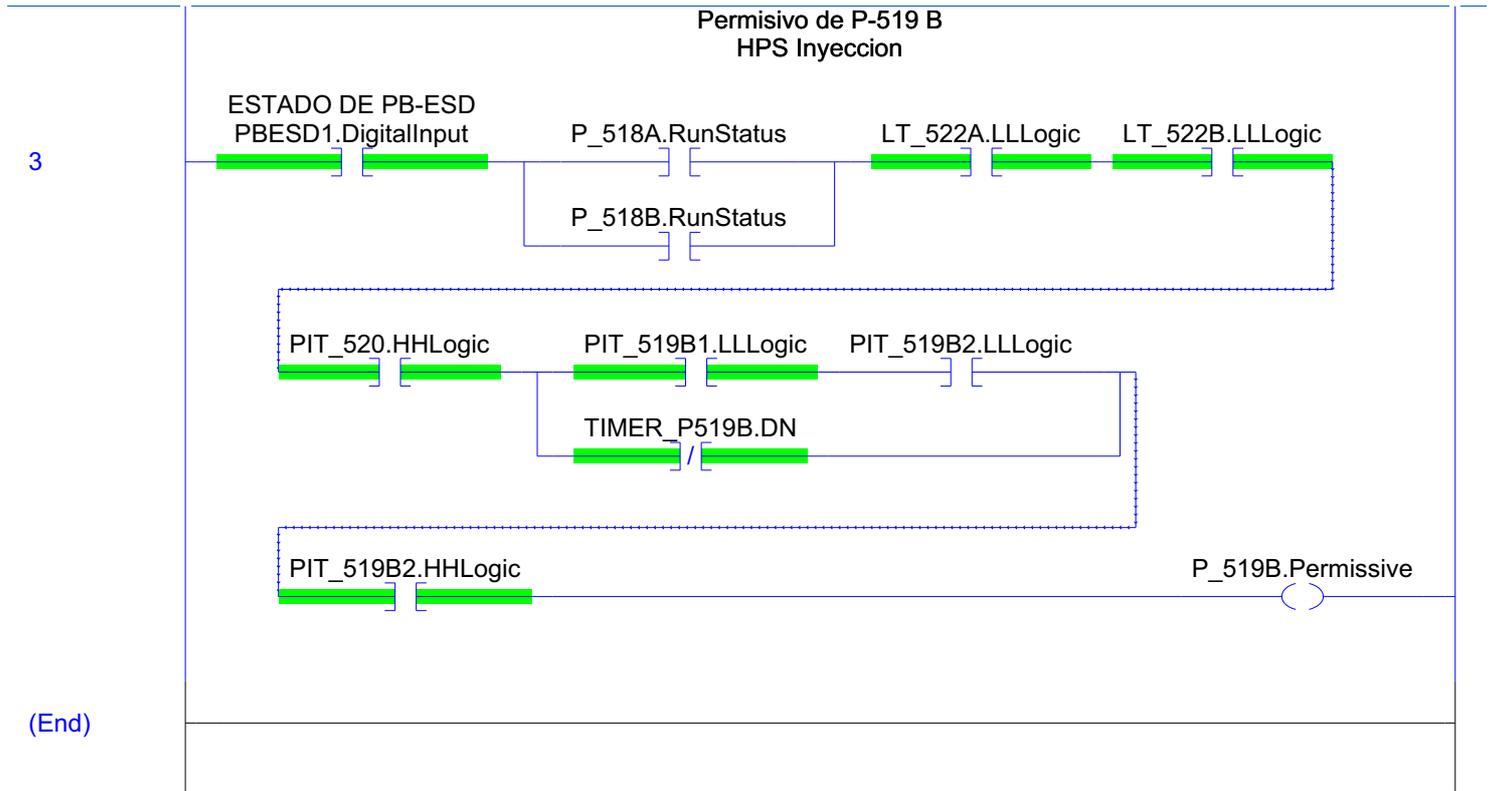
**Page 1**

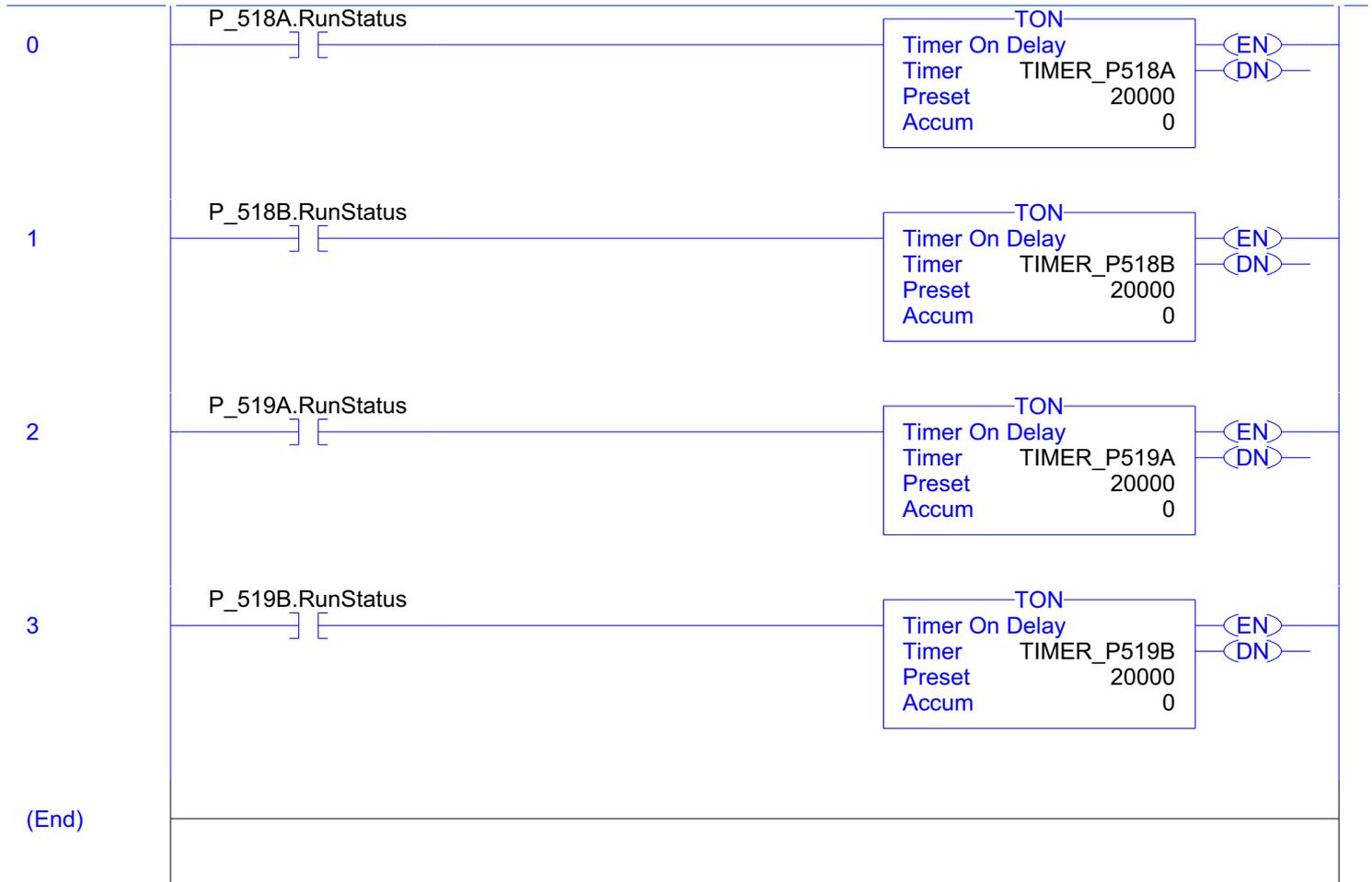
09/12/2008 23:52:40

D:\Automatizacion\_pozo\_inyector.ACD









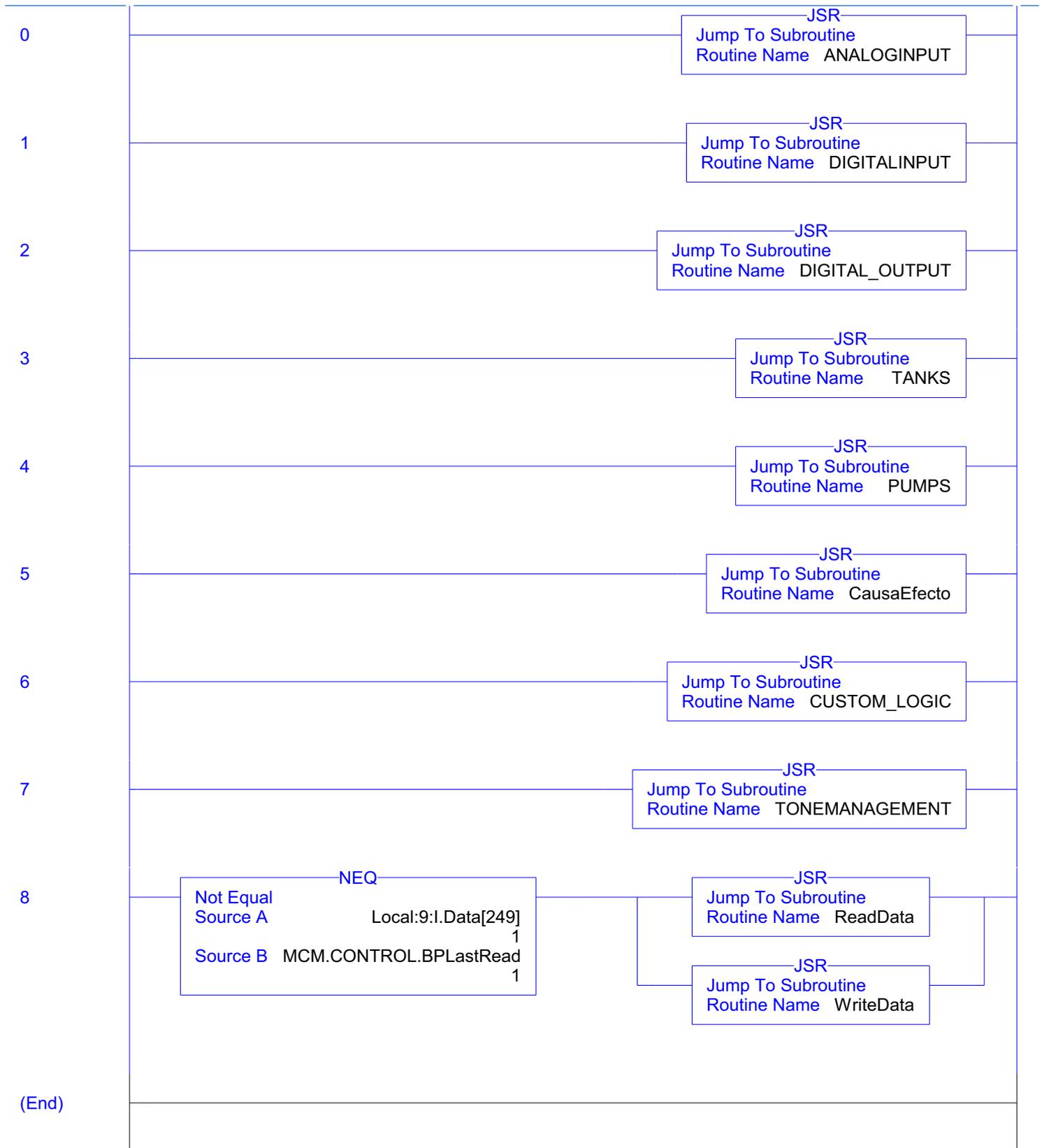
**MainRoutine - Ladder Diagram**

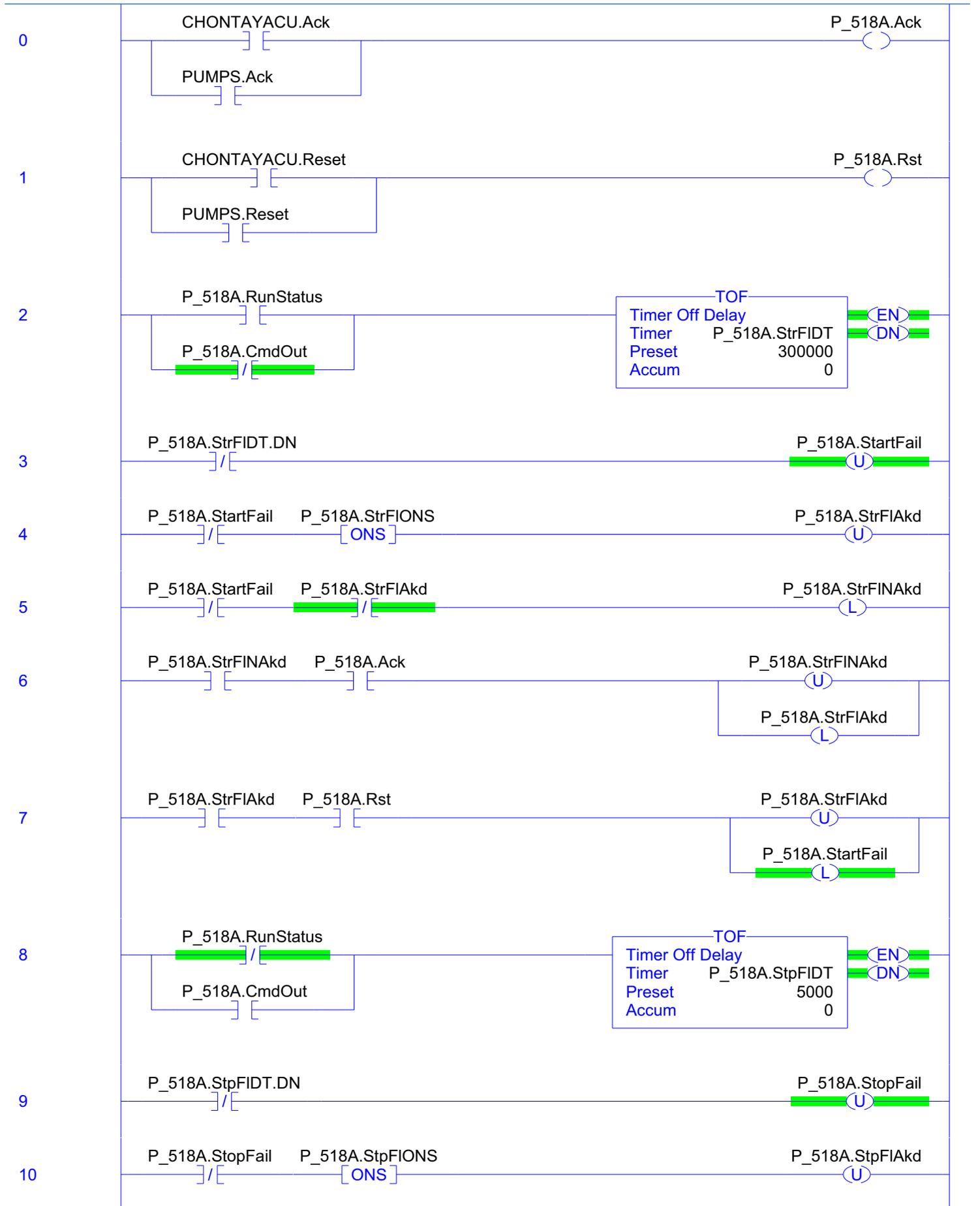
Automatizacion\_poza\_inyector:MainTask:MainProgram

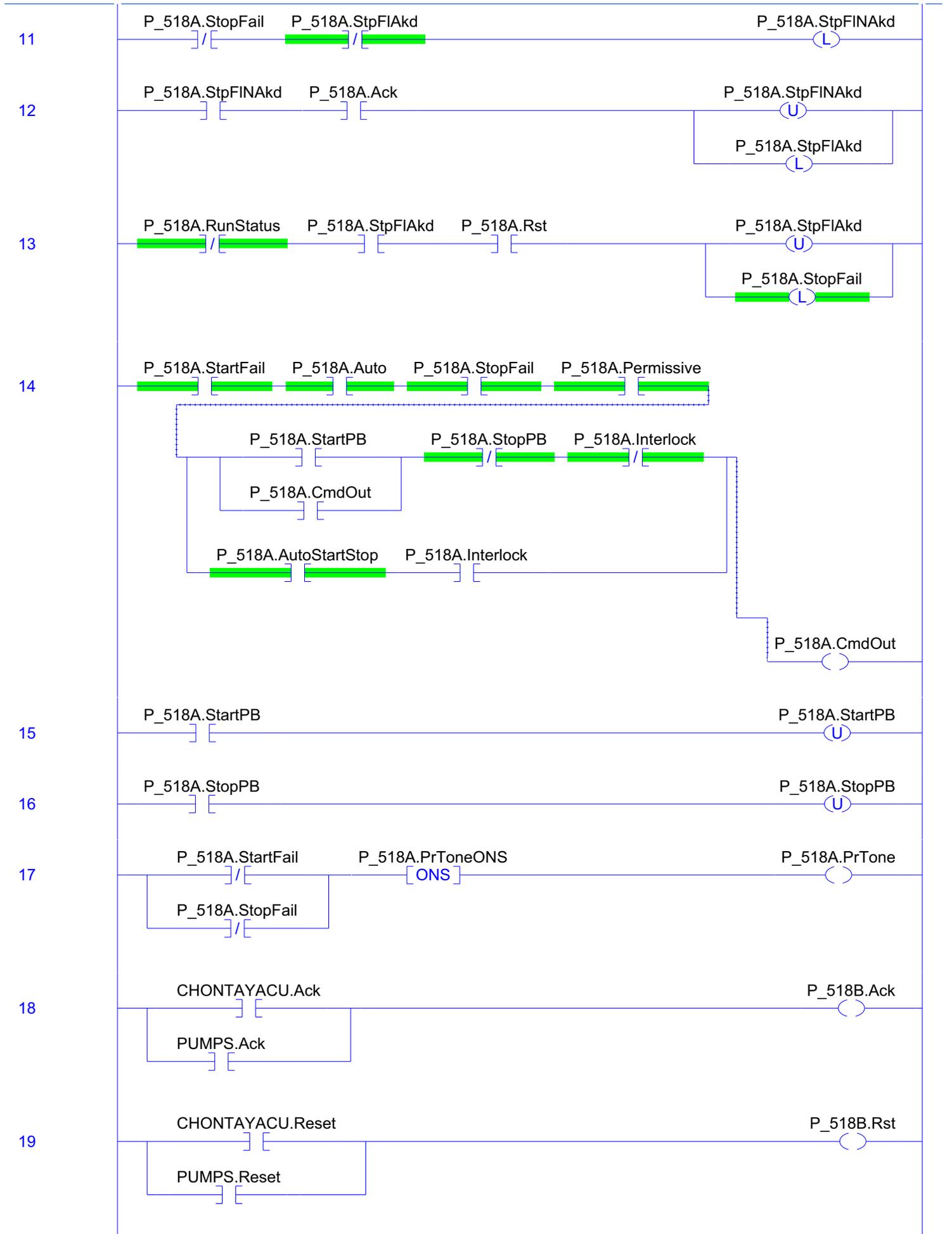
Total number of rungs in routine: 9

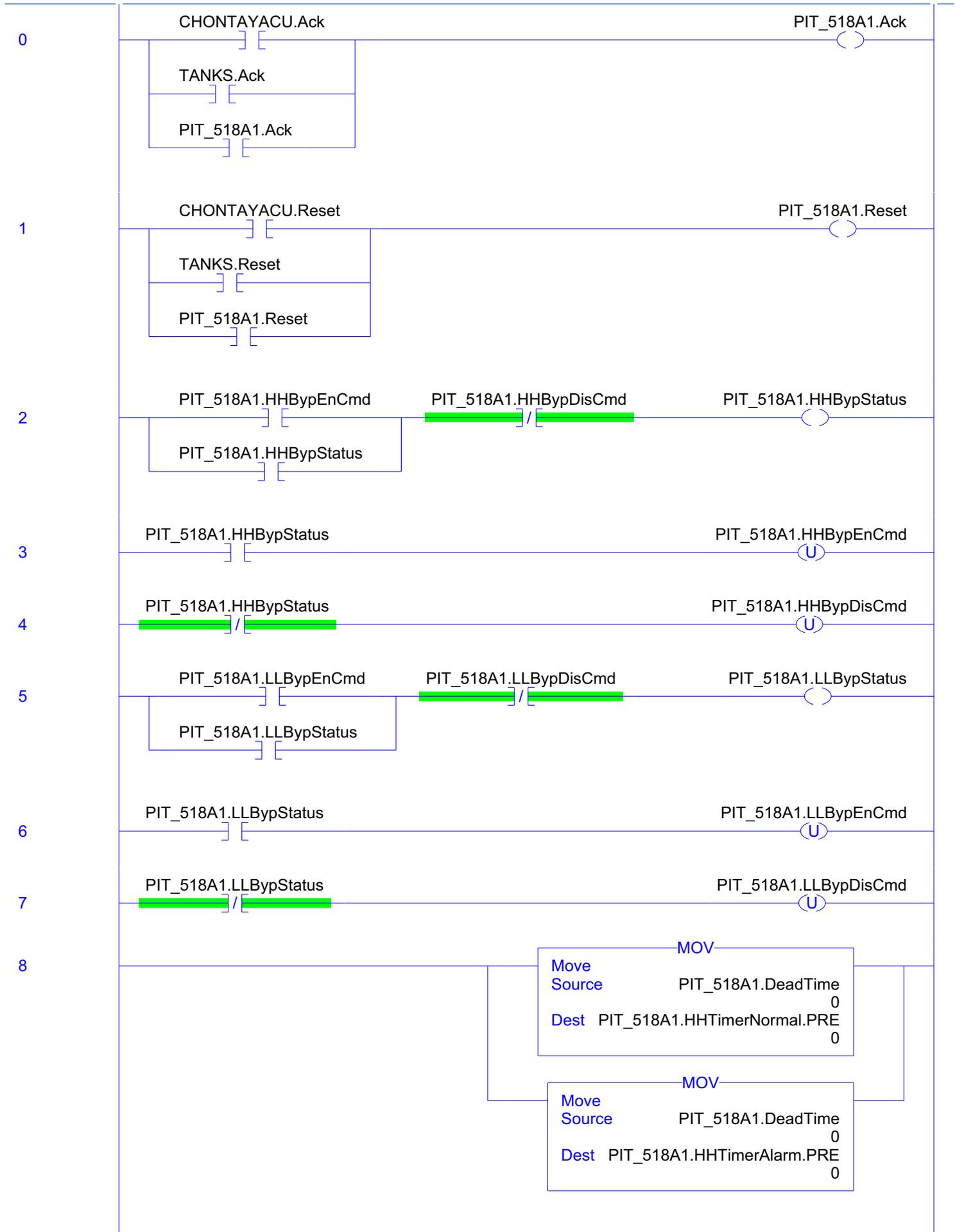
09/12/2008 23:49:48

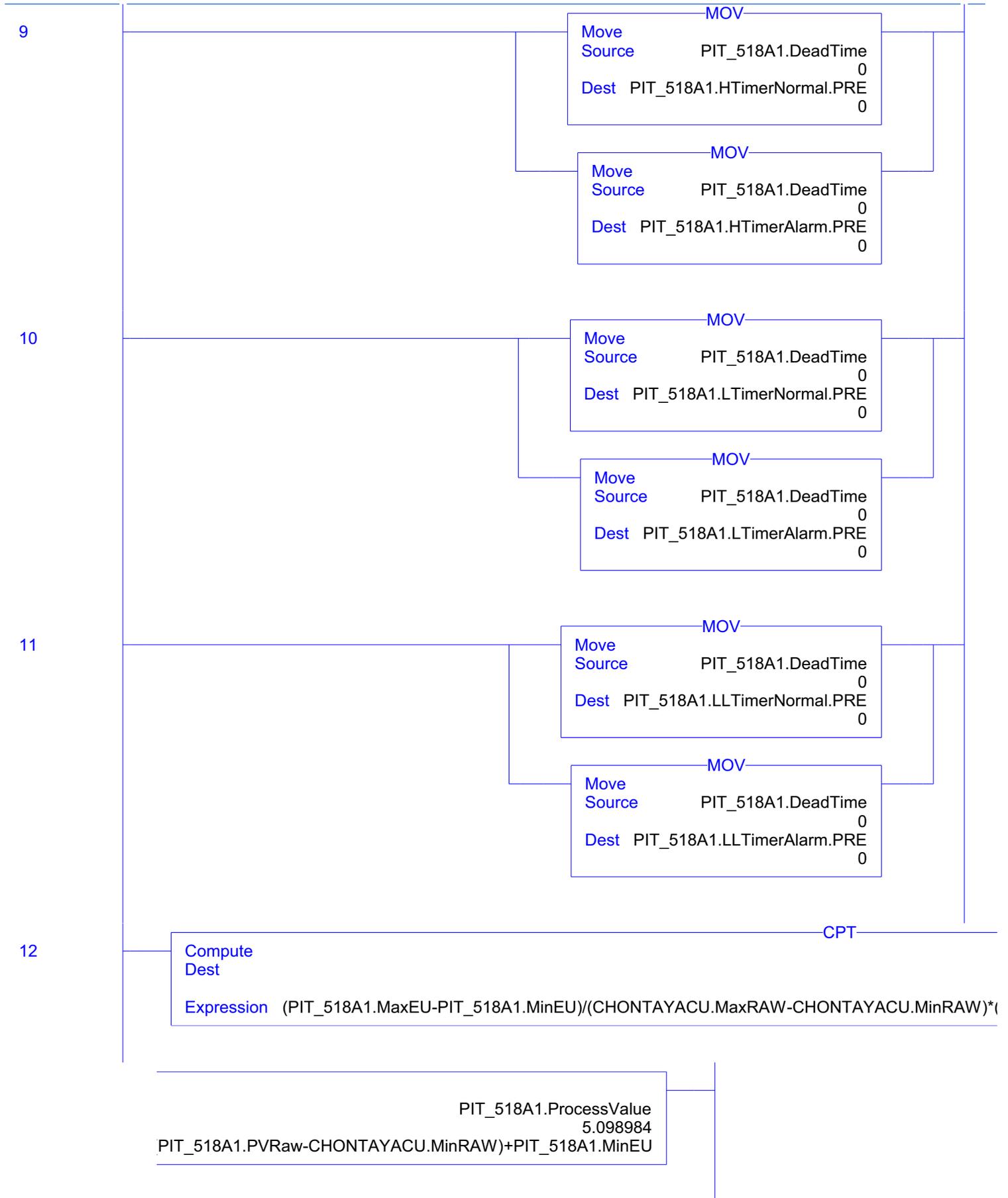
D:\Automatizacion\_poza\_inyector.ACD

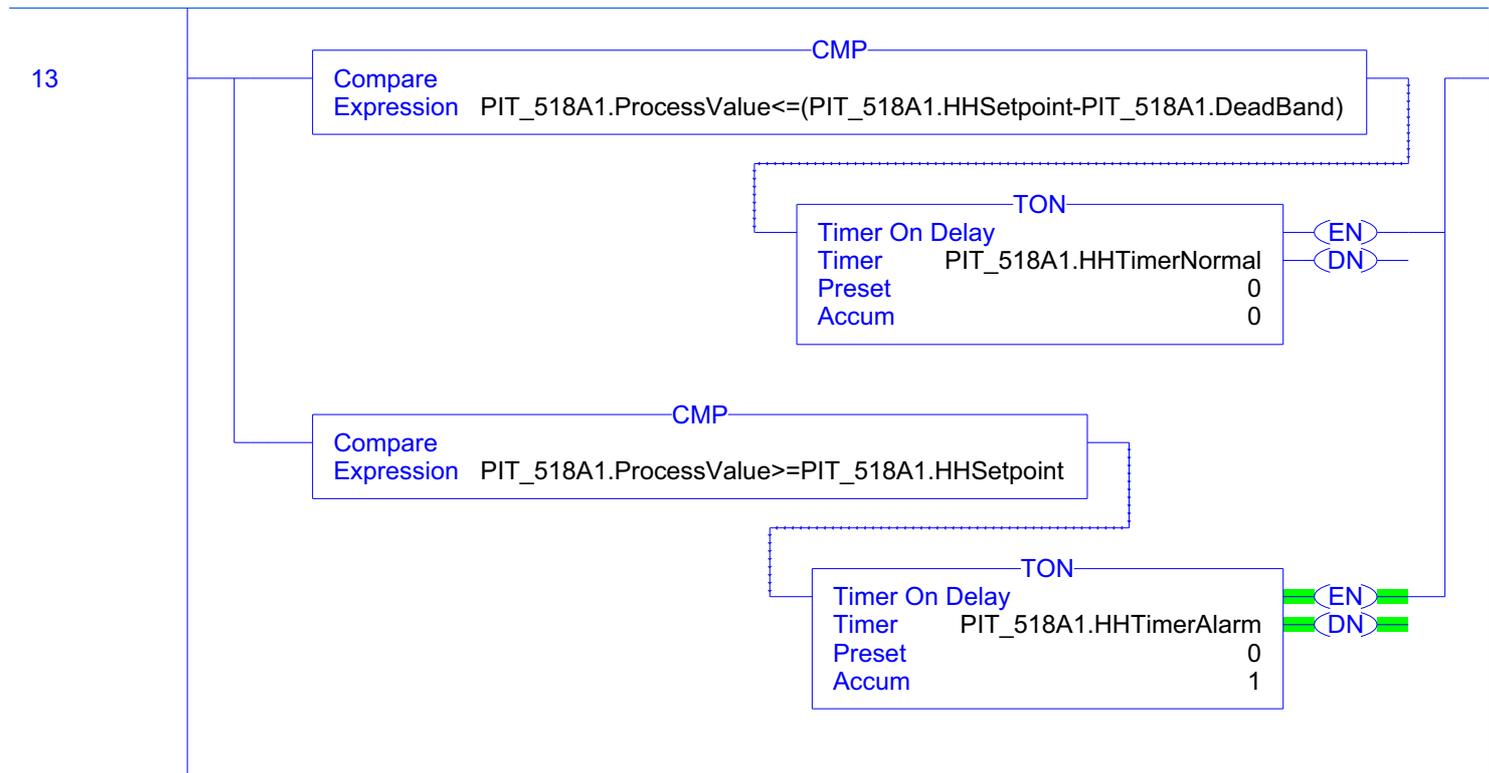


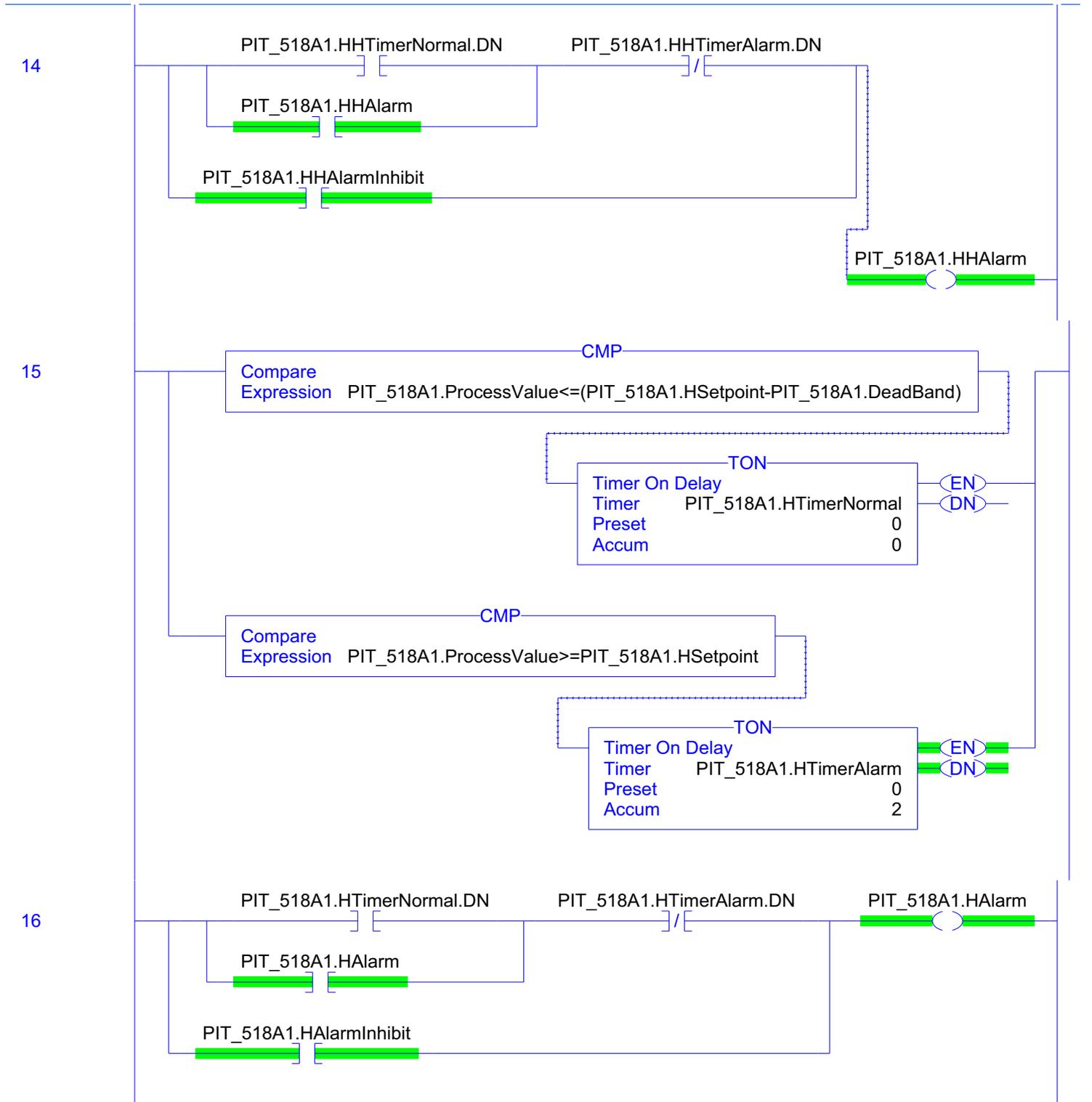


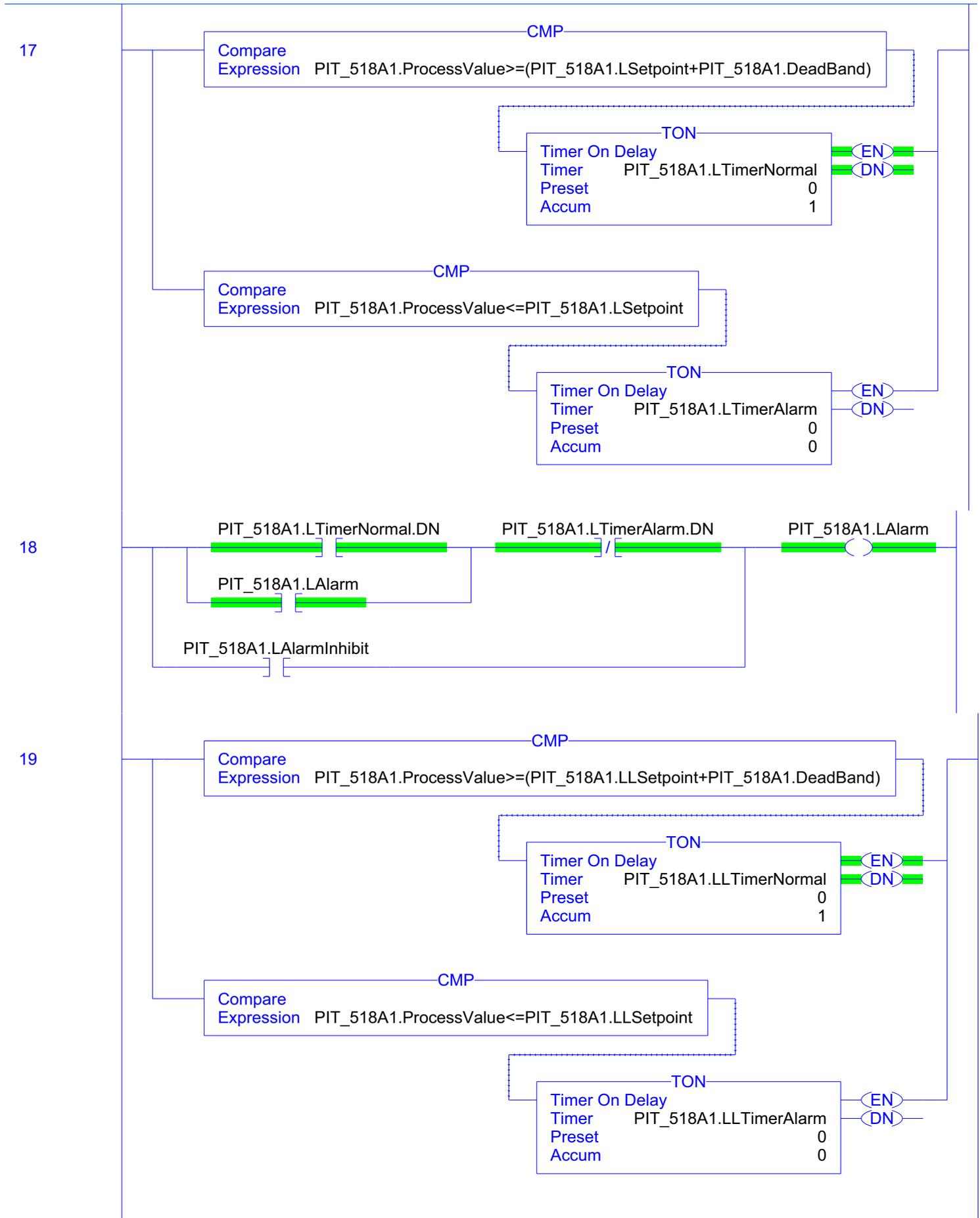


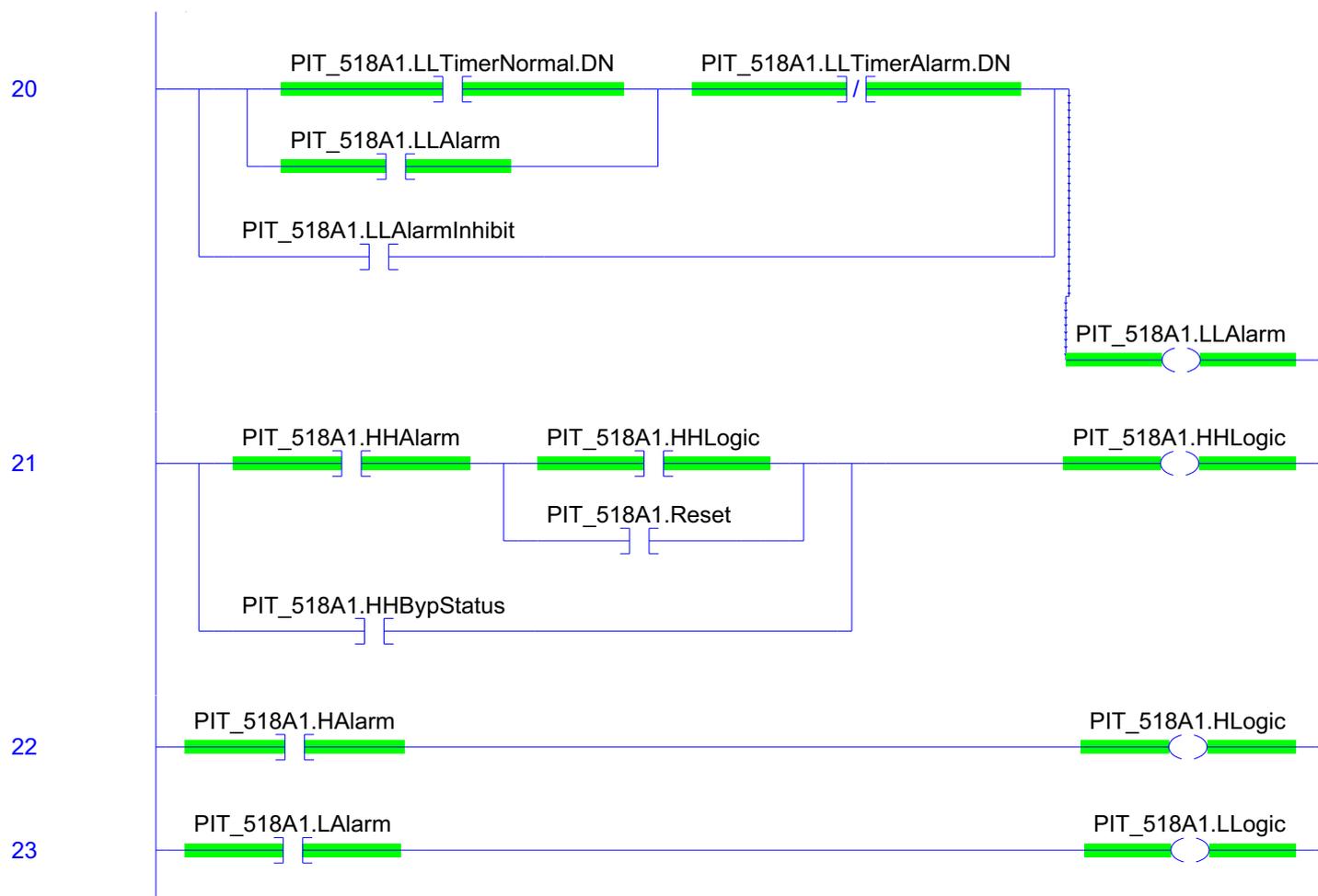




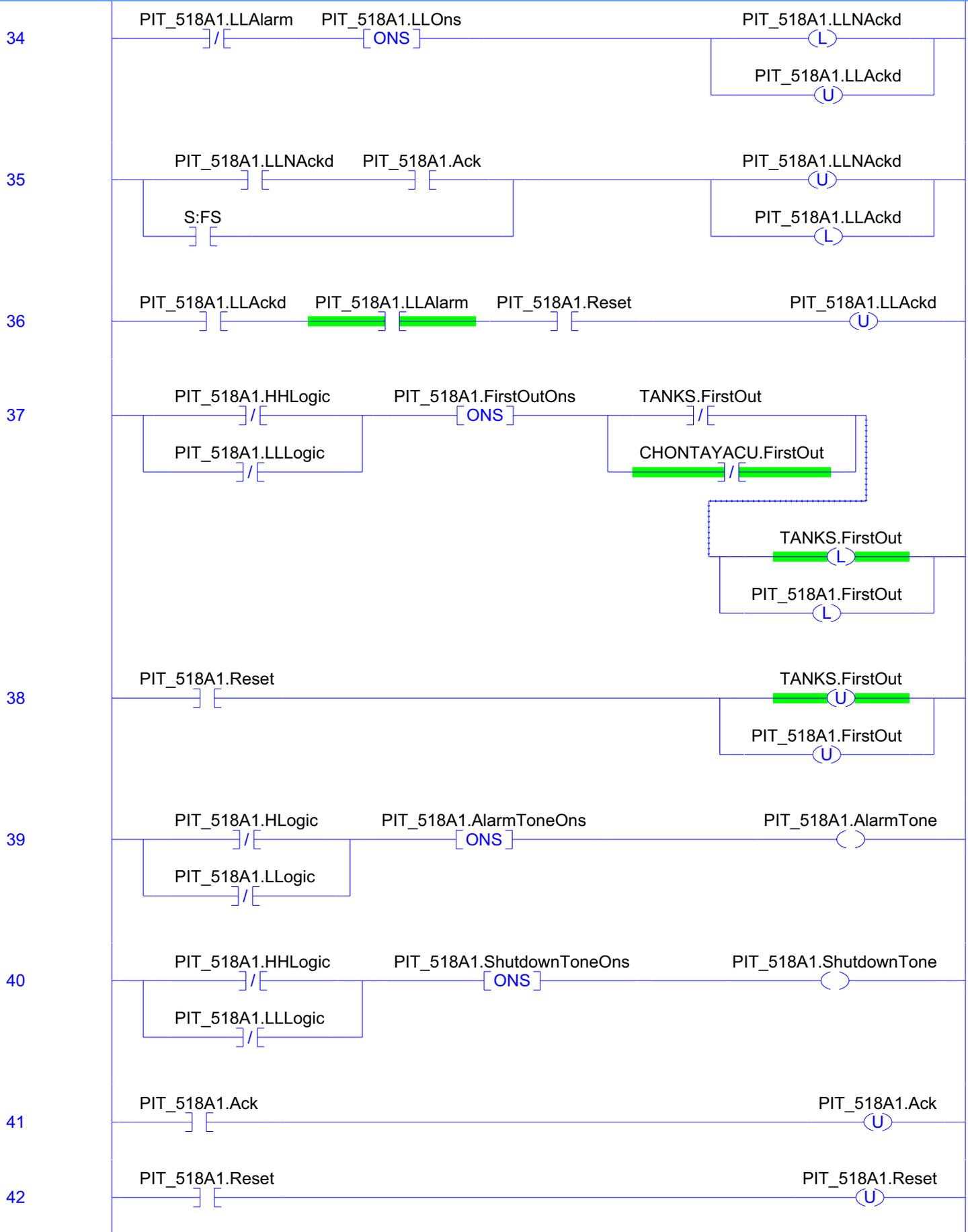












Tag Name	Type	Description
[-] Pozo_inyector	Location	
[-] FIT_520	AnalogInput	
HMICOMM	BOOL	
HMIRESET	BOOL	
LED_P518	BOOL	
LED_P519	BOOL	
[-] Local:2:C	AB:1756_IF16_Float_No_ Alm:C:0	
[-] Local:2:I	AB:1756_IF16_Float_No_ Alm:I:0	
[-] Local:5:C	AB:1756_DI:C:0	
[-] Local:5:I	AB:1756_DI:I:0	
[-] Local:6:C	AB:1756_DO:C:0	
[-] Local:6:I	AB:1756_DO:I:0	
[-] Local:6:O	AB:1756_DO:O:0	
[-] Local:7:C	AB:1756_DO:C:0	
[-] Local:7:I	AB:1756_DO:I:0	
[-] Local:7:O	AB:1756_DO:O:0	
[-] Local:9:C	AB:1756_MODULE:C:0	
[-] Local:9:I	AB:1756_MODULE_INT_ 500Bytes:I:0	
[-] Local:9:O	AB:1756_MODULE_INT_ 496Bytes:O:0	
[-] LT_522A	AnalogInput	
[-] LT_522B	AnalogInput	
[-] MCM	MCModuleDef	
[-] MJFAULTS	DINT[12]	
[-] P_518A	Pump	
[-] P_518B	Pump	
[-] P_519A	Pump	
[-] P_519B	Pump	
[-] PBESD1	DigitalInput	ESTADO DE PB-ESD
[-] PIT_518A1	AnalogInput	
[-] PIT_518A2	AnalogInput	
[-] PIT_518B1	AnalogInput	
[-] PIT_518B2	AnalogInput	
[-] PIT_519A1	AnalogInput	
[-] PIT_519A2	AnalogInput	
[-] PIT_519B1	AnalogInput	
[-] PIT_519B2	AnalogInput	
[-] PIT_520	AnalogInput	
[-] PIT_522	AnalogInput	
[-] PUMPS	Area	
[-] TANKS	Area	
[-] TIMER_P518A	TIMER	
[-] TIMER_P518B	TIMER	
[-] TIMER_P519A	TIMER	
[-] TIMER_P519B	TIMER	

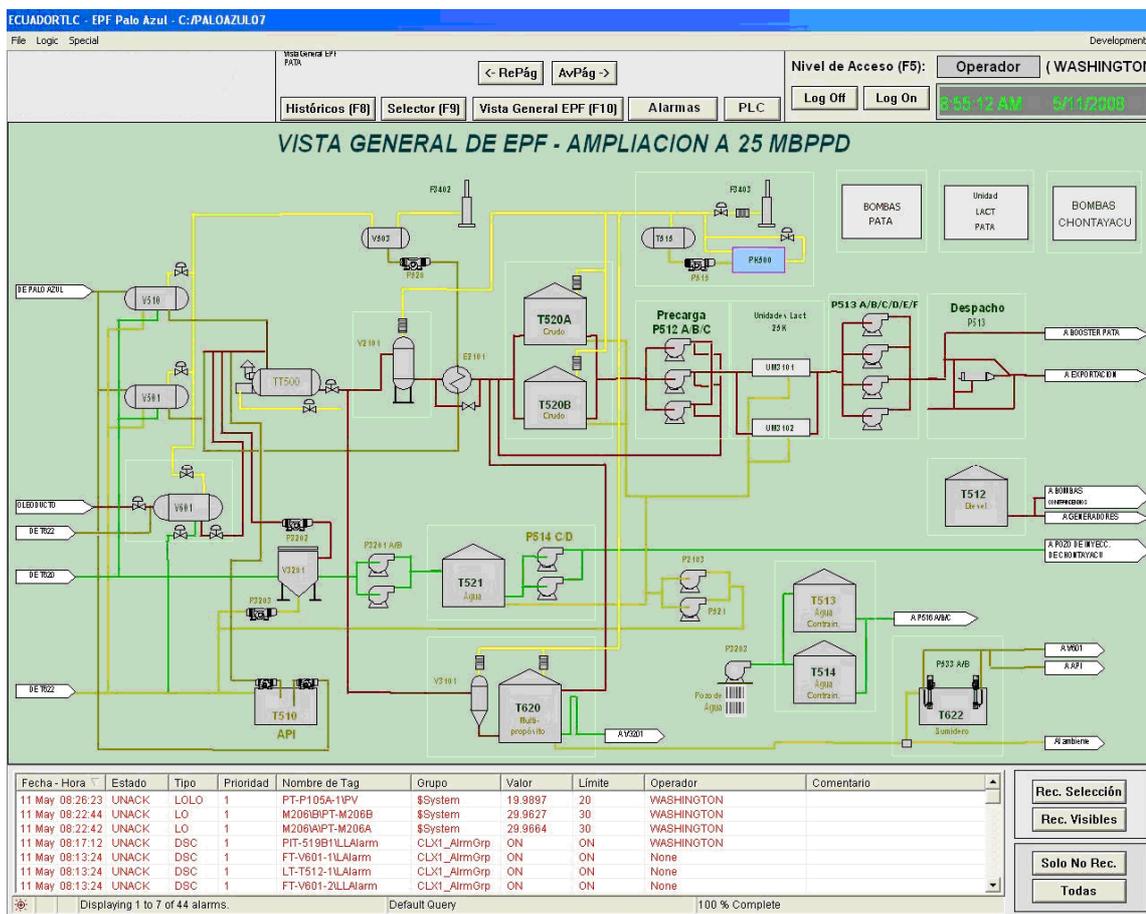
# **ANEXO D**

## **PROCEDIMIENTO PASO A PASO DE ARRANQUE Y OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS**

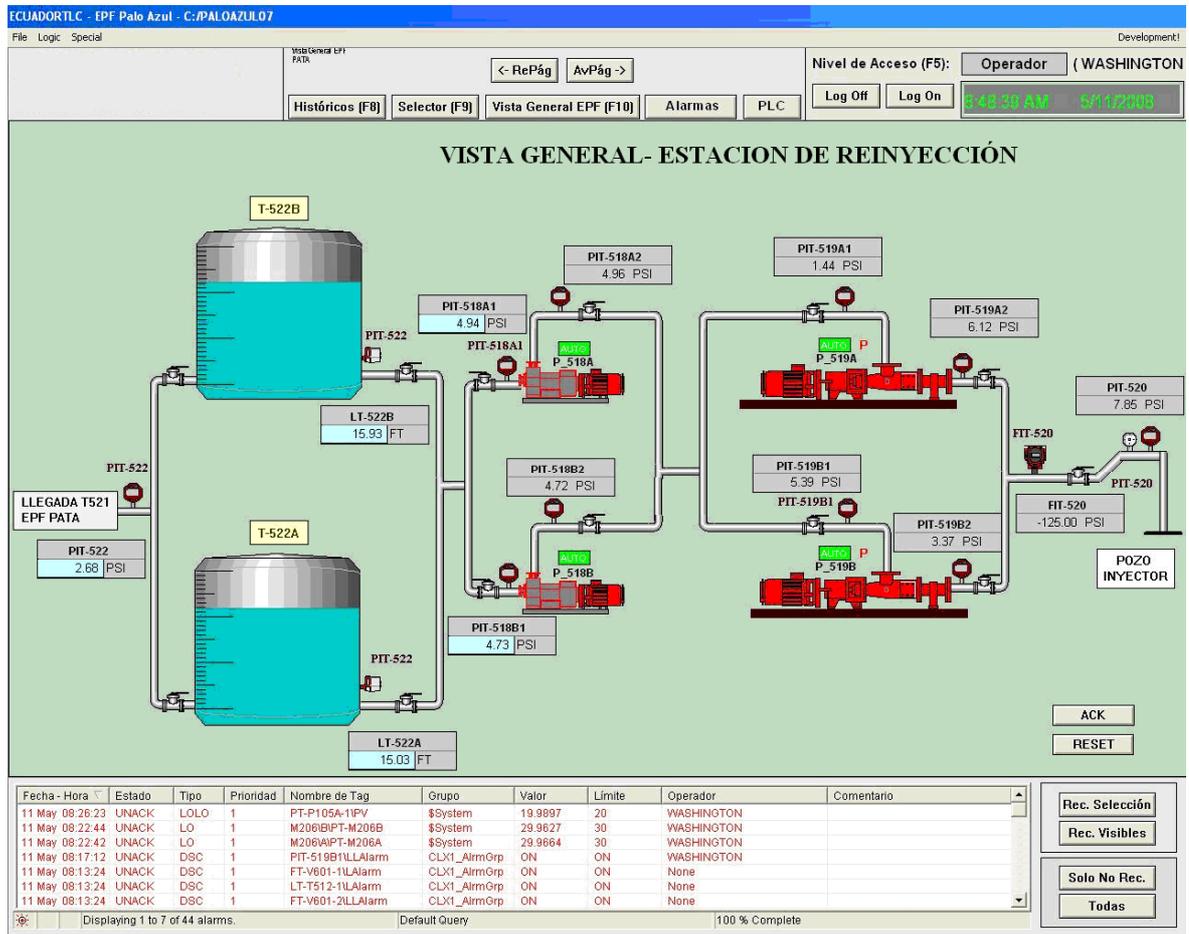
# PROCEDIMIENTO PASO A PASO DE ARRANQUE Y OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS

## 1. ANTECEDENTES

En la estación, existe un sistema de inyección compuesto por dos tanques de almacenamiento de 500 bbls, 2 bombas booster (P-518 A/B) y 2 bombas de inyección (P-519 A/B), las bombas están impulsadas por motores eléctricos que están alimentados desde arrancadores ubicados en el MCC, en estos arrancadores tenemos un selector HoA que nos permite seleccionar si el arranque es desde el campo (Hand) o desde un PLC (Automático). El procedimiento describe los requerimientos mínimos básicos para el arranque paso a paso y operación de los equipos. En el cuarto de control de la estación central existe un computador dedicado al sistema SCADA, en el cual se encuentra cargada la aplicación para monitorear y controlar la estación de reinyección.



La ventana asignada a la estación de reinyección es:



Sobre cada una de las bombas existe un pequeño rectángulo que cuando se encuentra en verde indica que el selector del HoA se encuentra en automático y si se encuentra en rojo se encuentra en modo Manual



Cuando el selector HoA de los arrancadores ubicados en el MCC de la estación de reinyección, se encuentra ubicado en la posición Automático, las bombas pueden ser operadas en modo Operador/Secuencia.



Cuando trabajamos en modo Secuencia las bombas serán controladas por los niveles de los tanques Alto Alto para arrancar y Bajo Bajo para parar la bomba.

Los sets a los cuales se encuentra ubicadas las alarmas de Bajo Bajo, Bajo, Alto y Alto Alto pueden ser cambiados siempre y cuando se apruebe dicho cambio por los supervisores de las áreas ligadas a producción.

En modo Operador la acción del de paro y arranque de las bombas deben ser controladas por el operador.

Existen protecciones para cada una de las bombas (Alarma de Alta Alta y Baja Baja presión), las mismas que apagarán el equipo al cual se encuentra asociado indiferente del modo en el cual se encuentre operando.

Los niveles bajo bajo de los T-522 A/B y Alta presión en la línea de descarga apagarán el sistema de inyección.

## 2. OBJETIVOS

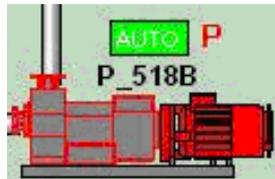
- Explicar a las personas ligadas al área de operaciones el procedimiento paso a paso del arranque y operación de los equipos implementados en la estación de reinyección.
- Entender el principio de operación y funcionamiento de la estación.

### 3. REQUISITOS

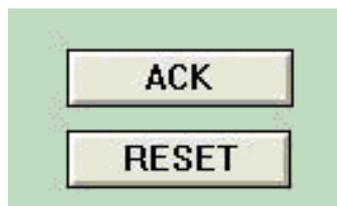
- Las válvulas tanto de la succión como de la descarga de las bombas booster, de inyección y del cabezal del pozo deben estar alineadas. Se recomienda protegerlas con cadenas y candados
- El selector del HoA de los arrancadores del MCC debe estar en modo automático, a menos que se este realizando trabajos de mantenimiento, en tal caso debemos poner el selector de HoA del MCC en posición manual

### 4. PROCEDIMIENTO

1. Verifique el nivel del tanque T-521 en el HMI de Pata y el nivel de los tanques T-522 A/B de la estación de reinyección.
2. Si el nivel de los tanques T-522 A/B esta alto se iniciará el proceso de inyección de agua en la estación, (nivel similar por vasos comunicantes)
3. Verificar que el Selector del HoA se encuentre modo Automático, observar que el rectángulo que se encuentra sobre las bombas este de color verde e indicando AUTOMÁTICO, en el caso de encontrarse en rojo con la indicación MANUAL, dirigirse a la pantalla principal de la estación de reinyección, verificar las condiciones del proceso y cambiar de posición del selector a la posición AUTOMÁTICO
4. Verificar que las bombas booster tengan permisivo para arrancar, si se observa la letra P con Rojo junto a la bomba



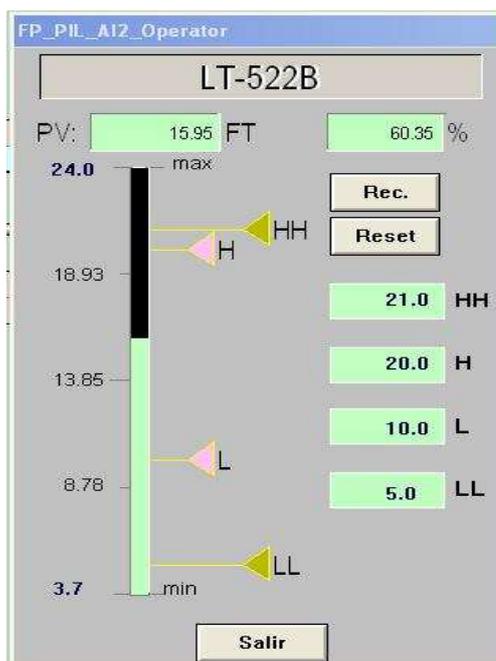
5. Proceder a reconocer y resetear las fallas, desde los botones ubicados en la esquina inferior derecha de la pantalla de la estación de reinyección.



6. Seleccionar el modo de operación de las bombas: Operador/Secuencia, si escogió el modo Operador.



7. Active la bomba booster con la que desee trabajar.
8. Active la bomba de inyección con la que desee trabajar.
9. En el HMI se visualiza el nivel del tanque T-522 A/B si el nivel es muy baja, es decir, 5 FT correspondiente a nivel bajo bajo se apagará el sistema.



10. Cuando el tenga un nivel 10 FT (usted puede variar este set) se activa una alarma en la sala de control de la estación central.
11. Cuando se tenga un alto nivel en los tanques 20 FT (usted puede variar este set) alarma en la sala de control en la estación central.
12. Cuando se tenga muy alto nivel en los tanques 21 FT (usted puede variar este set) se activará una alarma sonora en la sala de control de la estación central.
13. En modo Secuencia se arrancará la bomba booster P-518 A o P-518 B siempre y cuando tengan permiso para el arranque, de no poseerlo proceder a reconocer y resetear las fallas, luego de 10 segundos arrancará la bomba P-519 A o P-519 B.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Las válvulas del sistema de inyección deben estar alineadas (siempre abiertas) y poseer cadenas y candados para evitar manipulación inadecuada.
- El selector HoA ubicado en los arrancadores del MCC deben estar en la posición Automático.
- Verificar siempre que las bombas booster posean permiso para el arranque automático ya sea en el modo Secuencia o en el modo Operador

# **ANEXO E**

## **HOJAS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

### Información para hacer pedidos

TABLA 11. Transmisores modelo 3051C de presión absoluta, manométrica y diferencial – = No Aplicable • = Aplicable

Modelo	Tipo de Transmisor (Seleccione uno)			CD	CG	CA
3051CD	Transmisor de presión diferencial			•	–	–
3051CG	Transmisor de presión manométrica			–	•	–
3051CA	Transmisor de presión absoluta			–	–	•
	3051CD	3051CG <sup>(1)</sup>	3051CA	CD	CG	CA
0 <sup>(2)</sup>	–7,5 a 7,5 mbar/0,25 mbar (–3 a 3 inH <sub>2</sub> O/0.1 inH <sub>2</sub> O)	No corresponde	No corresponde	•	–	•
1	–62,2 a 62,2 mbar/1,2 mbar (–25 a 25 inH <sub>2</sub> O/0.5 inH <sub>2</sub> O)	–62,2 a 62,2 mbar/1,2 mbar (–25 a 25 inH <sub>2</sub> O/0.5 inH <sub>2</sub> O)	0 a 2,1 bar/20,7 mbar (0 a 30 psia/0.3 psia)	•	•	•
2	–623 a 623 mbar/6,2 mbar (–250 a 250 inH <sub>2</sub> O/2.5 inH <sub>2</sub> O)	–623 a 623 mbar/6,2 mbar (–250 a 250 inH <sub>2</sub> O/2.5 inH <sub>2</sub> O)	0 a 10,3 bar/0,1 bar (0 a 150 psia/1.5 psia)	•	•	•
3	–2,5 a 2,5 bar/25 mbar (–1000 a 1000 inH <sub>2</sub> O/10 inH <sub>2</sub> O)	–1,01 a 2,5 bar/25 mbar (–407 a 1000 inH <sub>2</sub> O/10 in H <sub>2</sub> O)	0 a 55,2 bar/0,55 bar (0 a 800 psia/8 psia)	•	•	•
4	–20,7 a 20,7 bar/0,2 bar (–300 a 300 psi/3 psi)	–1,01 a 20,7 bar/0,2 bar (–14.7 a 300 psi/3 psi)	0 a 275,8 bar/2,8 bar (0 a 4000 psia/40 psia)	•	•	•
5	–137,9 a 137,9 bar/1,4 bar (–2000 a 2000 psi/20 psi)	–1,01 a 137,9 bar/1,4 bar (–14.7 a 2000 psig/20 psi)	No corresponde	•	•	–
Código	Salida			CD	CG	CA
A	4–20 mA con señal digital basada en el protocolo <i>HART</i>			•	•	•
M <sup>(3)</sup>	Baja potencia, 1–5 V cc con señal digital basada en el protocolo <i>HART</i> ( <i>Consultar la Opción C2 para 0,8–3,2 V cc</i> )			•	•	•
F	<i>FOUNDATION</i> fieldbus			•	•	•
W	Profibus – PA			•	•	•
Código	Materiales de construcción			CD	CG	CA
	Tipo de brida de proceso	Material de brida	Drenaje/Ventilación			
2	<i>Coplanar</i>	Acero inoxidable	Acero inoxidable	•	•	•
3 <sup>(4)</sup>	<i>Coplanar</i>	<i>Alloy C</i>	<i>Hastelloy C276</i>	•	•	•
4	<i>Coplanar</i>	<i>Monel</i>	<i>Monel</i>	•	•	•
5	<i>Coplanar</i>	CS cromado	Acero inoxidable	•	•	•
7 <sup>(4)</sup>	<i>Coplanar</i>	Acero inoxidable	<i>Hastelloy C276</i>	•	•	•
8 <sup>(4)</sup>	<i>Coplanar</i>	CS cromado	<i>Hastelloy C276</i>	•	•	•
0	Brida alterna – Consultar las opciones en la página 25			•	•	•
Código	Diafragma aislante			CD	CG	CA
2 <sup>(4)</sup>	Acero inoxidable 316L			•	•	•
3 <sup>(4)</sup>	<i>Hastelloy C276</i>			•	•	•
4	<i>Monel</i>			•	•	•
5	Tántalo ( <i>Disponible sólo en 3051CD y CG, rangos 2–5. No disponible en 3051CA</i> )			•	•	–
6	<i>Monel</i> chapado en oro ( <i>Usar en combinación con el código B para la opción de junta tórica.</i> )			•	•	•
7	Acero inoxidable chapado en oro			•	•	•
Código	Junta tórica			CD	CG	CA
A	PTFE relleno de fibra de vidrio			•	•	•
B	PTFE relleno de grafito			•	•	•
Código	Líquido de llenado			CD	CG	CA
1	Silicona			•	•	•
2	Llenado inerte (halocarbono)			•	•	–

## Hoja de datos del producto

00813-0109-4001, Rev FA

Agosto de 2004

## Rosemount 3051

TABLA 11. Transmisores modelo 3051C de presión absoluta, manométrica y diferencial – = No Aplicable • = Aplicable

Código	Material del alojamiento	Tamaño del conducto de entrada	CD	CG	CA
A	Aluminio cubierto con poliuretano	½–14 NPT	•	•	•
B	Aluminio cubierto con poliuretano	M20 × 1.5 (CM20)	•	•	•
C	Aluminio cubierto con poliuretano	PG 13.5	•	•	•
D	Aluminio cubierto con poliuretano	G½	•	•	•
J	Acero inoxidable	½–14 NPT	•	•	•
K	Acero inoxidable	M20 × 1.5 (CM20)	•	•	•
L	Acero inoxidable	PG 13.5	•	•	•
M	Acero inoxidable	G½	•	•	•
Código	Funcionalidad <i>PlantWeb</i>		CD	CG	CA
A01	Juego de control regulador: PID, arit, carga de señales, integ, etc.; requiere <i>FOUNDATION</i> fieldbus		•	•	•
D01	Juego de diagnósticos, diagnósticos SPM y de detección de bloqueo en las líneas de impulso; requiere <i>FOUNDATION</i> fieldbus		•	•	•
Código	Opciones de brida alterna (requiere materiales de construcción código 0)		CD	CG	CA
H2	Brida tradicional, acero inoxidable 316, drenaje/ventilación de acero inoxidable		•	•	•
H3 <sup>(4)</sup>	Brida tradicional, <i>Alloy C</i> , drenaje/ventilación de <i>Hastelloy C276</i>		•	•	•
H4	Brida tradicional, <i>Monel</i> , drenaje/ventilación de <i>Monel</i>		•	•	•
H7 <sup>(4)</sup>	Brida tradicional, acero inoxidable 316, drenaje/ventilación de <i>Hastelloy C276</i>		•	•	•
HJ	La brida tradicional cumple con DIN, acero inoxidable, 7/16 pulg., empernado de manifold/adaptador		•	•	•
HK	La brida tradicional cumple con DIN, acero inoxidable, empernado de manifold/adaptador de 10 mm		•	•	•
HL	La brida tradicional cumple con DIN, acero inoxidable, empernado de manifold/adaptador de 12mm (No disponible en 3051CD0)		•	•	•
FA	Brida de nivel, acero inoxidable, 2 pulgadas, ANSI Clase 150, montaje vertical		•	•	•
FB	Brida de nivel, acero inoxidable, 2 pulgadas, ANSI Clase 300, montaje vertical		•	•	•
FC	Brida de nivel, acero inoxidable, 3 pulgadas, ANSI Clase 150, montaje vertical		•	•	•
FD	Brida de nivel, acero inoxidable, 3 pulgadas, ANSI Clase 300, montaje vertical		•	•	•
FP	Brida de nivel DIN, acero inoxidable, DN 50, PN 40		•	•	•
FQ	Brida de nivel DIN, acero inoxidable, DN 80, PN 40		•	•	•
Código	Opciones de manifold de montaje integral (requiere materiales de construcción código 0)		CD	CG	CA
S5	Monte al manifold integral Rosemount 305 (se especifica por separado, consultar las Hojas de datos de manifolds integrados 305 y 306 de Rosemount (documento número 00813-0100-4733))		•	•	•
Código	Elementos primarios de montaje integral (Opcional)		CD	CG	CA
S4	Montado en fábrica al elemento primario de Rosemount ( <i>Anubar</i> u orificio integral modelo 1195 de Rosemount) (Con el elemento primario instalado, la temperatura máxima de operación será igual que la del transmisor o la del elemento primario, la que sea menor. Opcionalmente se pueden montar en fábrica sólo a transmisores de rango 1–4)		•	–	–
S3	Montado en fábrica al elemento primario modelo 405 de Rosemount		•	–	–
Código	Conjuntos de sellos de diafragma (Opcional)		CD	CG	CA
<b>NOTA: La brida estándar y los pernos del adaptador son de acero inoxidable 316 austenítico.</b>					
S1	Un sello de diafragma (Tipo de conexión de montaje directo o capilar)		•	•	•
S2	Dos sellos de diafragma (Tipo de conexión de montaje directo o capilar)		•	–	–
Código	Opcional sistemas de sello de diafragma todo soldado (para aplicaciones de alto vacío)		CD	CG	CA
<b>NOTA: La brida estándar y los pernos del adaptador son de acero inoxidable 316 austenítico.</b>					
S7	Un sello de diafragma, sistema todo soldado (Tipo de conexión capilar)		•	•	•
S8	Dos sellos de diafragma, sistema todo soldado (Tipo de conexión capilar)		•	–	–
S0	Un sello de diafragma, sistema todo soldado (Tipo de conexión de montaje directo)		•	•	•
S9	Dos sellos de diafragma, sistema todo soldado (Tipo de conexión de un montaje directo y un capilar)		•	–	–

# Rosemount 30513

TABLA 11. Transmisores modelo 3051C de presión absoluta, manométrica y diferencial – = No Aplicable • = Aplicable

Código	Opciones de soportes de montaje	CD	CG	CA
B4	<i>Coplanar</i> Soporte de brida para tubo de 2 pulgadas o instalación en panel, todo en acero inoxidable	•	•	•
B1	Abrazadera de brida tradicional para soporte de tubo de 2 pulgadas, Pernos CS	•	•	•
B2	Abrazadera de brida tradicional para el soporte de montaje, Pernos CS	•	•	•
B3	Abrazadera plana de brida tradicional para soporte de tubo de 2 pulgadas, Pernos CS	•	•	•
B7	Abrazadera B1 con pernos de la serie 300 SST	•	•	•
B8	Abrazadera B2 con pernos de la serie 300 SST	•	•	•
B9	Abrazadera B3 con pernos de la serie 300 SST	•	•	•
BA	Abrazadera SST B1 con pernos de la serie 300 SST	•	•	•
BC	Abrazadera SST B3 con pernos de la serie 300 SST	•	•	•
Código	Opciones de certificación para lugares peligrosos	CD	CG	CA
E5	Aprobación de FM antideflagrante	•	•	•
I5	Aprobación de seguridad intrínseca y antideflagrante FM	•	•	•
K5	Aprobación de seguridad intrínseca y antiexplosiones FM	•	•	•
I1 <sup>(5)</sup>	Intrínsecamente seguro y certificación a prueba de polvos según ATEX	•	•	•
N1 <sup>(5)</sup>	Certificación para polvos y ATEX tipo N	•	•	•
E8	Certificación a prueba de polvos y antideflagrante según ATEX	•	•	•
E4 <sup>(5)</sup>	Certificación antideflagrante JIS	•	•	•
I4	Certificación de seguridad intrínseca JIS ( <i>Sólo disponible con el código A para opción de protocolo HART</i> )	•	•	–
C5 <sup>(6)</sup>	Aprobación canadiense de precisión en medición ( <i>disponibilidad limitada dependiendo del rango y tipo de transmisor. Contactar con un representante de Emerson Process Management</i> )	•	•	•
C6	Aprobación de seguridad intrínseca y antiexplosiones CSA	•	•	•
K6 <sup>(5)</sup>	Aprobación de seguridad intrínseca y antiexplosiones CSA y ATEX (combinación de C6 y K8)	•	•	•
KB	Aprobaciones de seguridad intrínseca y antiexplosiones FM y CSA (combinación de K5 y C6)	•	•	•
K7	Aprobaciones de seguridad intrínseca y antiexplosiones SAA (combinación de I7, N7 y E7)	•	•	•
K8 <sup>(5)</sup>	Aprobaciones de seguridad intrínseca y antiexplosiones ATEX (combinación de I1 y E8)	•	•	•
KD <sup>(5)</sup>	Aprobación de seguridad intrínseca y antiexplosiones CSA, FM y ATEX (combinación de K5, C6, I1 y E8)	•	•	•
I7	Certificación de seguridad intrínseca SAA	•	•	•
E7	Certificación antideflagrante SAA	•	•	•
N7	Certificación SAA tipo N	•	•	•
IA	Seguridad intrínseca ATEX para FISCO; sólo para el protocolo <i>FOUNDATION</i> fieldbus	•	•	•
Código	Opciones de Pernos	CD	CG	CA
L4	Pernos austeníticos de acero inoxidable 316	•	•	•
L5	Pernos ASTM A 193, Grado B7M	•	•	•
L6	Pernos de <i>Monel</i>	•	•	•
Código	Medidores (opcional)	CD	CG	CA
M5	Pantalla de cristal líquido para alojamiento de aluminio (Códigos de alojamiento A, B, C y D solamente)	•	•	•
M6	Medidor de pantalla de cristal líquido para alojamiento de acero inoxidable (Códigos de alojamiento J, K y L solamente)	•	•	•

# Hoja de datos del producto

00813-0109-4001, Rev FA

Agosto de 200444

# Rosemount 3051

TABLA 11. Transmisores modelo 3051C de presión absoluta, manométrica y diferencial – = No Aplicable • = Aplicable

Código	Otras opciones	CD	CG	CA
Q4	Hoja de datos de calibración	•	•	•
Q8	Certificación de trazabilidad de material según EN 10204 3.1.B (disponible sólo para la carcasa de módulo del sensor y bridas Coplanar o tradicionales y adaptadores (3051C), y para la carcasa de módulo de sensor y adaptador y brida Coplanar de volumen bajo (3051C con código de opción S1))	•	•	•
Q16	Certificación de acabado superficial para sellos sanitarios remotos	•	•	•
QP	Certificación de calibración y sello revelador de alteraciones	•	•	•
QS	Certificación de calidad para seguridad	•	•	•
J1 <sup>(6)(7)</sup>	Ajuste local de cero solamente	•	•	•
J3 <sup>(6)(7)</sup>	Sin ajuste local de cero o de span	•	•	•
T1	Bloque de terminales de protección transitoria	•	•	•
C1 <sup>(6)</sup>	Configuración del software según especificaciones del cliente (se requiere un CDS 00806-0100-4001 completo con el pedido)	•	•	•
C2 <sup>(6)</sup>	Salida de 0,8–3,2 V cc con señal digital basada en el protocolo HART(sólo código de salida M)	•	•	•
C3	Calibración manométrica (sólo 3051CA4)	–	–	•
C4 <sup>(6)(8)</sup>	Los niveles de salida analógica cumplen con la recomendación NAMUR NE 43	•	•	•
CN <sup>(6)(8)</sup>	Los niveles de salida analógica cumplen con la recomendación NAMUR NE 43 Configuración de Alarmas – Baja	•	•	•
P1	Prueba hidrostática	•	•	•
P2	Limpieza para servicios especiales	•	•	•
P3	Limpieza para <1 PPM Cloro/Flúor	•	•	•
P4	Calibrar a presión de tubería (Especificar Q48 en el pedido para el certificado correspondiente)	•	•	•
DF	1/2 -14 NPT, adaptador(es) de brida– Material determinado por el material de la brida	•	•	•
D7	Brida Coplanar sin orificios de drenaje/ventilación	•	•	•
D8	Rejilla/ventilas de bola de cerámica	•	•	•
D9	Conexión de proceso JIS – Brida RC 1/4 con adaptador de brida RC 1/2	•	•	•
P8	Exactitud de 0,04% a una relación de reducción de 5:1 (Rango 2–4)	•	•	•
P9	Límite de presión estática de 4500 psig (sólo 3051CD Rangos 2–5)	•	–	–
V5 <sup>(9)</sup>	Conjunto de tornillos externos de toma de tierra	•	•	•

Número típico de modelo: 3051CD 2 A 2 2 A 1 A B4

- (1) El límite inferior del rango del modelo 3051CG varía con la presión atmosférica.
- (2) El modelo 3051CD0 está disponible sólo con el código de salida A, brida de proceso código 0 (brida alterna H2, H7, HJ, o HK), diafragma aislante código 2, junta tórica código A y opción de empinado L4.
- (3) No está disponible con los códigos de opción I1, N1, E4, K6 y K8 de la certificación para lugares peligrosos.
- (4) Los materiales de construcción cumplen con las recomendaciones de acuerdo a NACE MR0175/ISO 15156 para ambientes de producción de campo de aceite amargo. Los límites ambientales aplican a ciertos materiales. Para más información, consultar el estándar más reciente. Los materiales seleccionados también cumplen con NACE MR0103 para ambientes de refinación amarga.
- (5) No está disponible con la opción de baja potencia.
- (6) No disponible con Fieldbus (código de salida F) o Profibus (código de salida W).
- (7) Los ajustes locales de cero y span son estándar a menos que se especifique el código de opción J1 ó J3
- (8) La opción de funcionamiento conforme con NAMUR se establece previamente en fábrica y no pueden cambiarse a funcionamiento estándar en el campo.
- (9) La opción V5 no se necesita con la opción T1; se incluye conjunto de tornillos de tierra externos con la opción T1.

## Specifications

Cat. No.	1756-PA72/C	1756-PB72/C
Mounting Location	Left side of ControlLogix chassis	
Chassis Compatibility	Series A or B	
Input Voltage Range	85...265V ac	18...32V dc <sup>(7)</sup>
Input Voltage, Nom.	120V/240V ac	24V dc
Input Frequency Range	47...63 Hz	dc
Input Power, Max.	100VA/100 W	95 W
Output Power, Max. <sup>(1)</sup>	75 W @ 60 °C	
Power Dissipation	25 W @ 60 °C	20 W @ 60 °C
Power Consumption	85.3 BTU/hr	68.2 BTU/hr
Hold Up Time <sup>(2)</sup>	5 cycles @ 85V ac, 50/60 Hz 6 cycles @ 120V ac, 50/60 Hz 6 cycles @ 200V ac, 50/60 Hz 6 cycles @ 240V ac, 50/60 Hz	35 ms @ 18V dc 40 ms @ 24V dc 40 ms @ 32V dc
Inrush Current, Max.	20 A	30 A
Current Capacity, @ 1.2V	1.5 A	
Current Capacity, @ 3.3V	4 A	
Current Capacity, @ 5.1V	10 A	
Current Capacity, @ 24V	2.8 A	
Overcurrent Protection, Max. <sup>(3)</sup>	15 A, user-supplied	
Fusing <sup>(4)</sup>	Non-replaceable fuse is soldered in place	
Isolation voltage (continuous-voltage withstand rating)	250 V continuous	
Conductors, Wire Size	#14 AWG	
Conductors, Wire Type	Copper	
Conductors, Category	1 <sup>(6)</sup>	
Conductor Screw Torque, Imperial	7 in·lb	
Conductor Screw Torque, Metric	0.8 N·m	
Dimensions (H x W x D), Imperial	5.51 x 4.41 x 5.71 in	
Dimensions (H x W x D), Metric	140 x 112 x 145 mm	
Weight, Imperial	2.10 lb	
Weight, Metric	1.12 kg	

Cat. No.	1756-PA72/C	1756-PB72/C
Environmental Conditions		
Operational Temperature	IEC 60068-2-1 (Test Ad, Operating Cold), IEC 60068-2-2 (Test Bd, Operating Dry Heat), IEC 60068-2-14 (Test Nb, Operating Thermal Shock): 0 to 60°C (32 to 140°F)	
Storage Temperature	IEC 60068-2-1 (Test Ab, Un-packaged Non-operating Cold), IEC 60068-2-2 (Test Bb, Un-packaged Non-operating Dry Heat), IEC 60068-2-14 (Test Na, Un-packaged Non-operating Thermal Shock): -40 to 85°C (-40 to 185°F)	
Relative Humidity	IEC 60068-2-30 (Test Db, Un-packaged Non-operating Damp Heat): 5 to 95% non-condensing	
Vibration	IEC 60068-2-6 (Test Fc, Operating): 5g @ 10-500Hz	
Operating Shock	IEC 60068-2-27 (Test Ea, Unpackaged Shock): 30g	
Non-operating Shock	IEC 60068-2-27 (Test Ea, Unpackaged Shock): 50g	
Emissions	CISPR 11: Group 1, Class A	
ESD Immunity	IEC 61000-4-2: 6kV contact discharges 8kV air discharges	
Radiated RF Immunity	IEC 61000-4-3: 10V/m with 1kHz sine-wave 80%AM from 30MHz to 2000MHz 10V/m with 200Hz 50% Pulse 100%AM at 900Mhz 10V/m with 200Hz 50% Pulse 100%AM at 1890Mhz	
EFT/B Immunity	IEC 61000-4-4: ±4kV at 5kHz on power ports	
Surge Transient Immunity	IEC 61000-4-5: ±1kV line-line(DM) and ±2kV line-earth(CM) on power ports	
Conducted RF Immunity	IEC 61000-4-6: 10Vrms with 1kHz sine-wave 80%AM from 150kHz to 80MHz	
Oscillatory Surge Withstand	IEEE C37.90.1: 3kV	
Enclosure Type Rating	None (open-style)	

Cat. No.	1756-PA72/C	1756-PB72/C
Voltage Variation	IEC 61000-4-11: 30% dips for 1 period at 0° & 180° on AC supply ports 60% dips for 5 & 50 periods on AC supply ports ±10% fluctuations for 15min on AC supply ports >95% interruptions for 250 periods on AC supply ports	IEC 61000-4-11: 60% dips for 100ms on DC supply ports 100% dips for 50ms on DC supply ports ±20% fluctuations for 15min on DC supply ports 5sec interruptions on DC supply ports
Certifications: <sup>(5)</sup> (when product is marked)	UL UL Listed Industrial Control Equipment CSA CSA Certified Process Control Equipment CSA CSA Certified Process Control Equipment for Class I, Division 2 Group A,B,C,D Hazardous Locations FM FM Approved Equipment for use in Class I Division 2 Group A,B,C,D Hazardous Locations CE European Union 89/336/EEC EMC Directive, compliant with: EN 50082-2; Industrial Immunity EN 61326; Meas./Control/Lab., Industrial Requirements EN 61000-6-2; Industrial Immunity EN 61000-6-4; Industrial Emissions European Union 73/23/EEC LVD Directive, compliant with: EN 61131-2; Programmable Controllers <b>(1756-PA72 only)</b> C-Tick Australian Radiocommunications Act, compliant with: AS/NZS CISPR 11; Industrial Emissions EEx European Union 94/9/EC ATEX Directive, compliant with: EN 50021; Potentially Explosive Atmospheres, Protection "n" (Zone 2) <b>(1756-PB72 only)</b>	

- (1) The combination of all output power (5.1V backplane, 24V backplane, 3.3V backplane and 1.2V backplane) cannot exceed 75W.
- (2) Time between input voltage removal and dc power failure.
- (3) Use time-delay type overcurrent protection in all ungrounded conductors.
- (4) This fuse is intended to guard against fire hazard due to short circuit conditions.
- (5) See the Product Certification link at [www.ab.com](http://www.ab.com) for Declarations of Conformity, Certificates, and other certification details.
- (6) Use this Conductor Category information for planning conductor routing. Refer to Publication 1770-4.1, "Industrial Automation Wiring and Grounding Guidelines".
- (7) Input may drop to 16V for a maximum of two minutes each hour for motor starting.

## Specifications - ControlLogix Controllers

Catalog Number	Memory		Nonvolatile Memory	Backplane Current		Power Dissipation	Thermal Dissipation	Weight
	Data and Logic <sup>(1)</sup>	I/O <sup>(2)</sup>		@ 5.1V dc	@ 24V dc			
1756-L55M22	750 KB	208 KB	Yes	1.23 A	0.014 A	5.6 W	19.1 BTU/hr	0.35 kg (12.5 oz)
1756-L55M23	1.5 MB	208 KB	Yes	1.23 A	0.014 A	5.6 W	19.1 BTU/hr	0.35 kg (12.5 oz)
1756-L55M24	3.5 MB	208 KB	Yes	1.25 A	0.014 A	5.7 W	19.4 BTU/hr	0.36 kg (12.8 oz)
1756-L61/A	2 MB	478 KB	Yes <sup>(3)</sup>	1.20 A	14 mA	3.5 W	11.9 BTU/hr	0.32 kg (11.3 oz)
1756-L62/A	4 MB	478 KB						
1756-L63/A	8 MB	478 KB						
1756-L61/B	2 MB	478 KB	Yes <sup>(3)</sup>	1.20 A	14 mA	3.5 W	11.9 BTU/hr	0.35 kg (12.4 oz)
1756-L62/B	4 MB	478 KB						
1756-L63/B	8 MB	478 KB						
1756-L64/B	16 MB	478 KB						

(1) Data and logic memory stores: tags other than I/O, produced, or consumed tags; logic routines; and communication with OPC/DDE tags that use RSLinx software (also uses I/O memory).

(2) I/O memory stores: I/O tags, produced tags, consumed tags, communication via Message (MSG) instructions, communication with workstations, and communication with OPC/DDE tags that use RSLinx software (also uses data and logic memory).

(3) Requires a 1784-CF64 Industrial CompactFlash card.

The following specifications apply to these ControlLogix controllers: 1756-L1, 1756-L1M1, 1756-L1M2, 1756-L1M3, 1756-L55, 1756-L55M12, 1756-L55M13, 1756-L55M14, 1756-L55M16, 1756-L55M22, 1756-L55M23, 1756-L55M24, 1756-L61, 1756-L62, 1756-L63, and 1756-L64.

### ControlLogix Controller Common Specifications

Attribute	Value
Operating Temperature	IEC 60068-2-1 (Test Ad, Operating Cold), IEC 60068-2-2 (Test Bd, Operating Dry Heat), IEC 60068-2-14 (Test Nb, Operating Thermal Shock): <ul style="list-style-type: none"> <li>0 ... 60 °C (32...140 °F)</li> </ul>
Storage Temperature	IEC 60068-2-1 (Test Ab, Unpackaged Nonoperating Cold), IEC 60068-2-2 (Test Bb, Unpackaged Nonoperating Dry Heat), IEC 60068-2-14 (Test Na, Unpackaged Nonoperating Thermal Shock): <ul style="list-style-type: none"> <li>-40... 85 °C (-40...185 °F)</li> </ul>
Relative Humidity	IEC 60068-2-30 (Test Db, Unpackaged Damp Heat): <ul style="list-style-type: none"> <li>5...95% noncondensing</li> </ul>
Vibration	IEC60068-2-6 (Test Fc, Operating): <ul style="list-style-type: none"> <li>2 g @ 10...500 Hz</li> </ul>
Shock, Operating	IEC60068-2-27 (Test Ea, Unpackaged Shock): <ul style="list-style-type: none"> <li>30 g</li> </ul>
Shock, Nonoperating	IEC60068-2-27 (Test Ea, Unpackaged Shock): <ul style="list-style-type: none"> <li>50 g</li> </ul>
Emissions	CISPR 11: <ul style="list-style-type: none"> <li>Group 1, Class A</li> </ul>
ESD Immunity	IEC 61000-4-2: <ul style="list-style-type: none"> <li>6 kV contact discharges</li> <li>8 kV air discharges</li> </ul>
Radiated RF Immunity	IEC 61000-4-3: <ul style="list-style-type: none"> <li>10V/M with 1 kHz sine-wave 80% AM from 30...2000 MHz</li> <li>10V/M with 200 Hz 50% Pulse 100% AM at 900 Mhz</li> <li>10V/M with 200 Hz 50% Pulse 100% AM at 1890 Mhz</li> <li>1V/m with 1 kHz line-wave 80% AM from 2.0...2.7 GHz</li> </ul>
EFT/B immunity	IEC 61000-4-4: <ul style="list-style-type: none"> <li>±4 kV at 5 kHz on communications ports</li> </ul>

## ControlLogix Controller Common Specifications

Attribute	Value	
Surge Transient Immunity	IEC 61000-4-5: <ul style="list-style-type: none"> <li>±2 kV line earth (CM) on communications ports</li> </ul>	
Conducted RF Immunity	IEC 61000-4-6: <ul style="list-style-type: none"> <li>10V rms with 1 kHz sine-wave 80% AM from 150 kHz...80 MHz</li> </ul>	
Enclosure Type Rating	None, open style	
Isolation Voltage	30V (continuous), Basic Insulation Type, RS232 to system <ul style="list-style-type: none"> <li>Controllers tested to withstand 707V dc for 60 s</li> </ul>	
Wiring Category <sup>(1)</sup>	2 - on communications ports	
Programming Cable	1756-CP3 or 1747-CP3 serial cable	
North American Temperature Code	T4A	
IEC Temperature Code	T4	
Intrinsically Safe	No	
Replacement Battery	<b>For This Component</b>	<b>Use This Battery</b>
	1756-L1, 1756-L1M1, 1756-L1M2, 1756-L1M3	1756-BA1 (0.59 g lithium)
	1756-L55, 1756-L55M12, 1756-L55M13, 1756-L55M14, 1756-L55M16, 1756-L55M22, 1756-L55M23, 1756-L55M24	1756-BA1 (0.59 g lithium)
	1756-L61/A, 1756-L62/A, 1756-L63/A	1756-BA1 (0.59 g lithium)
	1756-L61/B, 1756-L62/B, 1756-L63/B, 1756-L64/B	1756-BA2 (0.50 g lithium)
	1756-BATM battery module	1756-BATA (10 g lithium)

<sup>(1)</sup> Use this Conductor Category information for planning conductor routing. Refer to Industrial Automation Wiring and Grounding Guidelines, publication 1770-4.1.

## ControlLogix Memory Board Specifications

The following specifications apply to these ControlLogix memory boards: 1756-M1, 1756-M2, 1756-M3, 1756-M12, 1756-M13, 1756-M14, 1756-M16, 1756-M22, 1756-M23, and 1756-M24.

### ControlLogix Memory Board Common Specifications

Attribute	Value
Operating Temperature	IEC 60068-2-1 (Test Ad, Operating Cold), IEC 60068-2-2 (Test Bd, Operating Dry Heat), IEC 60068-2-14 (Test Nb, Operating Thermal Shock): <ul style="list-style-type: none"> <li>0 ... 60 °C (32...140 °F)</li> </ul>
Storage Temperature	IEC 60068-2-1 (Test Ab, Unpackaged Nonoperating Cold), IEC 60068-2-2 (Test Bb, Unpackaged Nonoperating Dry Heat), IEC 60068-2-14 (Test Na, Unpackaged Nonoperating Thermal Shock): <ul style="list-style-type: none"> <li>-40... 85 °C (-40...185 °F)</li> </ul>
Relative Humidity	IEC 60068-2-30 (Test Db, Unpackaged Nonoperating Damp Heat): <ul style="list-style-type: none"> <li>5...95% noncondensing</li> </ul>
Vibration	IEC 60068-2-6 (Test Fc, Operating): <ul style="list-style-type: none"> <li>2 g @ 10...500 Hz</li> </ul>
Shock, Operating	IEC60068-2-27 (Test Ea, Unpackaged Shock): <ul style="list-style-type: none"> <li>30 g</li> </ul>
Shock, Nonoperating	IEC60068-2-27 (Test Ea, Unpackaged Shock): <ul style="list-style-type: none"> <li>50 g</li> </ul>
Emissions	CISPR 11: <ul style="list-style-type: none"> <li>Group 1, Class A</li> </ul>
ESD Immunity	IEC 61000-4.2: <ul style="list-style-type: none"> <li>6 kV indirect contact discharge</li> <li>8 kV air discharge</li> </ul>
Radiated RF Immunity	IEC 61000-4-3: <ul style="list-style-type: none"> <li>10V/m with 1 kHz sine-wave 80% AM from 3...2000 MHz</li> <li>10V/m with 200 Hz 50% Pulse 100% AM at 900 MHz</li> <li>10V/m with 200 Hz 50% Pulse 100% AM at 1890 MHz</li> <li>1V/m with 1 kHz line-wave 80% AM from 2.0...2.7 GHz</li> </ul>
Enclosure Type Rating	None, open style

## ControlLogix Memory Board Common Specifications

Attribute	Value
North American Temperature Code	T4A
IEC Temperature Code	T4
Intrinsically Safe	No

## Specifications - Industrial CompactFlash Card - 1784-CF64

Attribute	Value
User Available Memory	64 MB
Nonvolatile Memory	Yes
Weight	14.2 g (0.5 oz)
Operating Temperature	IEC 60068-2-1 (Test Ad, Operating Cold), IEC 60068-2-2 (Test Bd, Operating Dry Heat), IEC 60068-2-14 (Test Nb, Operating Thermal Shock): <ul style="list-style-type: none"> <li>0...60 °C (32...140 °F)</li> </ul>
Storage Temperature	IEC 60068-2-1 (Test Ab, Unpackaged Nonoperating Cold), IEC 60068-2-2 (Test Bb, Unpackaged Nonoperating Dry Heat), IEC 60068-2-14 (Test Na, Unpackaged Nonoperating Thermal Shock): <ul style="list-style-type: none"> <li>-40...85 °C (-40...185 °F)</li> </ul>
Relative Humidity	IEC 60068-2-30 (Test Db, Unpackaged Nonoperating Damp Heat): <ul style="list-style-type: none"> <li>5...95% noncondensing</li> </ul>
Vibration	IEC 60068-2-6 (Test Fc, Operating): <ul style="list-style-type: none"> <li>2 g @ 10...500 Hz</li> </ul>
Shock, Operating	IEC 60068-2-27 (Test Ea, Unpackaged Shock): <ul style="list-style-type: none"> <li>30 g</li> </ul>
Shock, Nonoperating	IEC 60068-2-27 (Test Ea, Unpackaged Shock): <ul style="list-style-type: none"> <li>50 g</li> </ul>
Emissions	CISPR 11: <ul style="list-style-type: none"> <li>Group 1, Class A</li> </ul>

## 50 ControlLogix Controller and Memory Board

---

Attribute	Value
ESD Immunity	IEC 61000-4-2: <ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="544 383 855 416">• 4 kV contact discharges</li><li data-bbox="544 421 799 454">• 8 kV air discharges</li></ul>
Radiated RF Immunity	IEC 61000-4-3: <ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="544 524 1257 557">• 10V/m with 1 kHz sine-wave 80% AM from 30...2000 MHz</li><li data-bbox="544 562 1182 595">• 10V/m with 200 Hz 50% Pulse 100% AM at 900 Mhz</li><li data-bbox="544 600 1198 633">• 10V/m with 200 Hz 50% Pulse 100% AM at 1890 Mhz</li><li data-bbox="544 638 1219 672">• 1V/m with 1 kHz line-wave 80% AM from 2.0...2.7 GHz</li></ul>
Enclosure Type Rating	None, open style

## Specifications

	<b>1756-A4</b>	<b>1756-A7</b>	<b>1756-A10</b>
dimensions (with tabs) W x H x D	26.3 x 16.9 x 14.5 cm (10.35 x 6.65 x 5.71 in)	36.8 x 16.9 x 14.5 cm (14.49 x 6.65 x 5.71 in)	48.3 x 16.9 x 14.5 cm (19.0 x 6.65 x 5.71 in)
	<b>1756-A13</b>	<b>1756-A17</b>	
	58.8 x 16.9 x 14.5 cm (23.15 x 6.65 x 5.71 in)	73.8 x 16.9 x 14.5 cm (29.06 x 6.65 x 5.71 in)	
minimum cabinet size W x H x D	<b>1756-A4</b>	<b>1756-A7</b>	<b>1756-A10</b>
	50.7 x 50.7 x 20.3 cm (20 x 20 x 8 in)	50.7 x 70 x 20.3 cm (20 x 24 x 8 in)	76.2 x 50.7 x 20.3 cm (30 x 20 x 8 in)
	<b>1756-A13</b>	<b>1756-A17</b>	
	76.2 x 70 x 20.3 cm (30 x 24 x 8 in)	82.2 x 76.2 x 20.3 cm (36 x 30 x 8 in)	
approximate weight (without modules)	<b>1756-A4</b>	<b>1756-A7</b>	<b>1756-A10</b>
	0.75 kg (1.7 lbs)	1.1 kg (2.4 lbs)	1.45 kg (3.2 lbs)
	<b>1756-A13</b>	<b>1756-A17</b>	
	1.9 kg (4.2 lbs)	2.2 kg (4.8 lbs)	
module slots	<b>1756-A4</b>	<b>1756-A7</b>	<b>1756-A10</b>
	4	7	10
	<b>1756-A13</b>	<b>1756-A17</b>	
	13	17	
maximum backplane current (All chassis)		<u>chassis/slot</u>	
	5.1V dc	15 A/6 A	
	24V dc	2.8 A/2.8 A	
	3.3V dc	4 A/4 A	
type of mount (All chassis)	panel mount		
Environmental Conditions			
Operational Temperature	IEC 60068-2-1 (Test Ad, Operating Cold), IEC 60068-2-2 (Test Bd, Operating Dry Heat), IEC 60068-2-14 (Test Nb, Operating Thermal Shock): 0 to 60°C (32 to 140°F)		
Storage Temperature	IEC 60068-2-1 (Test Ab, Un-packaged Non-operating Cold), IEC 60068-2-2 (Test Bb, Un-packaged Non-operating Dry Heat), IEC 60068-2-14 (Test Na, Un-packaged Non-operating Thermal Shock): -40 to 85°C (-40 to 185°F)		

Relative Humidity	IEC 60068-2-30 (Test Db, Un-packaged Non-operating Damp Heat): 5 to 95% non-condensing	
Vibration	IEC 60068-2-6 (Test Fc, Operating): 5g @ 10-500Hz	
Operating Shock	IEC 60068-2-27 (Test Ea, Unpackaged Shock): 30g	
Non-operating Shock	IEC 60068-2-27 (Test Ea, Unpackaged Shock): 50g	
Emissions	CISPR 11: Group 1, Class A	
ESD Immunity	IEC 61000-4-2: 6kV contact discharges 8kV air discharges	
Radiated RF Immunity	IEC 61000-4-3: 10V/m with 1kHz sine-wave 80%AM from 30MHz to 2000MHz 10V/m with 200Hz 50% Pulse 100%AM at 900Mhz 10V/m with 200Hz 50% Pulse 100%AM at 1890Mhz	
EFT/B Immunity	IEC 61000-4-4: ±4kV at 2.5kHz on power ports	
Conducted RF Immunity	IEC 61000-4-6: 10Vrms with 1kHz sine-wave 80%AM from 150kHz to 80MHz	
Enclosure Type Rating	None (open-style)	
Certifications: (when product is marked)	UL	UL Listed Industrial Control Equipment
	CSA	CSA Certified Process Control Equipment
	CSA	CSA Certified Process Control Equipment for Class I, Division 2 Group A,B,C,D Hazardous Locations
	FM	FM Approved Equipment
	CE <sup>(1)</sup>	European Union 89/336/EEC EMC Directive, compliant with: EN 50082-2; Industrial Immunity EN 61326; Meas./Control/Lab., Industrial Requirements EN 61000-6-2; Industrial Immunity EN 61000-6-4; Industrial Emissions
	C-Tick <sup>(1)</sup>	Australian Radiocommunications Act, compliant with: AS/NZS CISPR 11; Industrial Emissions
	EEx <sup>(1)</sup>	European Union 94/9/EC ATEX Directive, compliant with: EN 50021; Potentially Explosive Atmospheres, Protection "n" (Zone 2)

<sup>(1)</sup> See the Product Certification link at [www.ab.com](http://www.ab.com) for Declarations of Conformity, Certificates, and other certification details.

## 1756-IF16 Specifications

Number of Inputs	16 single ended, 8 differential or 4 differential (high speed)
Module Location	1756 ControlLogix Chassis
Backplane Current	150mA @ 5.1V dc & 65mA @ 24V dc (2.33W)
Power Dissipation within Module	2.3W voltage 3.9W current
Thermal Dissipation	7.84 BTU/hr voltage 13.30 BTU/hr current
Input Range and Resolution	+/-10.25V – 320 $\mu$ V/cnt (15 bits plus sign bipolar) 0-10.25V – 160 $\mu$ V/cnt (16 bits) 0-5.125V – 80 $\mu$ V/cnt (16 bits) 0-20.5mA – 0.32 $\mu$ A/cnt (16 bits)
Data Format	Integer mode (Left justified, 2s complement) Floating point IEEE 32 bit
Input Impedance	
Voltage	>1meg $\Omega$
Current	249 $\Omega$
Open Circuit Detection Time	<b>Differential voltage</b> - Positive full scale reading within 5s <b>Single Ended/Diff. current</b> - Negative full scale reading within 5s <b>Single Ended voltage</b> - Even numbered channels go to positive full scale reading within 5s, odd numbered channels go to negative full scale reading within 5s
Overvoltage Protection	30V dc voltage 8V dc current
Normal Mode Noise Rejection <sup>(1)</sup>	>80dB at 50/60Hz
Common Mode Noise Rejection	>100dB at 50/60Hz
Calibrated Accuracy at 25°C	Better than 0.05% of range - voltage Better than 0.15% of range - current
Gain Drift with Temperature	15 ppm/degree C - voltage 20 ppm/degree C - current
Input Offset Drift with Temp.	45 $\mu$ V/degree C
Module Error over Full Temp. Range	0.1% of range - voltage 0.3% of range - current
Module Conversion Method	Sigma-Delta
Isolation Voltage	30V maximum continuous
User to system	100% tested at 2550 dc for 1s

## 20 ControlLogix™ Voltage/Current Input Module

Module Scan Time for All Channels (Sample Rate Module Filter Dependent)	16 pt single ended - 16-488ms 8 pt differential - 8-244ms 4 pt differential - 5-122ms
RTB Screw Torque (Cage clamp)	4.4 inch-pounds (0.4Nm)
Module Keying (Backplane)	Electronic
RTB Keying	User defined
Field Wiring Arm and Housing	36 Position RTB (1756-TBCH or TBS6H) <sup>(2)</sup>
Environmental Conditions	
Operating Temperature	IEC 60068-2-1 (Test Ad, Operating Cold), IEC 60068-2-2 (Test Bd, Operating Dry Heat), IEC 60068-2-14 (Test Nb, Operating Thermal Shock): 0 to 60°C (32 to 140°F)
Storage Temperature	IEC 60068-2-1 (Test Ab, Un-packaged Non-operating Cold), IEC 60068-2-2 (Test Bb, Un-packaged Non-operating Dry Heat), IEC 60068-2-14 (Test Na, Un-packaged Non-operating Thermal Shock): -40 to 85°C (-40 to 185°F)
Relative Humidity	IEC 60068-2-30 (Test Db, Un-packaged Non-operating Damp Heat): 5 to 95% non-condensing
Vibration	IEC60068-2-6 (Test Fc, Operating): 2g @ 10-500Hz
Shock	IEC60068-2-27 (Test Ea, Unpackaged shock): Operating 30g Non-operating 50g
Emissions	CISPR 11: Group 1, Class A
ESD Immunity	IEC 61000-4-2: 6kV contact discharges 8kV air discharges
Radiated RF Immunity	IEC 61000-4-3: 10V/m with 1kHz sine-wave 80%AM from 30MHz to 1000MHz 10V/m with 200Hz 50% Pulse 100%AM at 900Mhz
EFT/B Immunity	IEC 61000-4-4: ±2kV at 5kHz on signal ports

Surge Transient Immunity	IEC 61000-4-5: ±2kV line-earth (CM) on shielded ports
Conducted RF Immunity	IEC 61000-4-6: 10Vrms with 1kHz sine-wave 80%AM from 150kHz to 80MHz
Enclosure Type Rating	None (open-style)
Conductors Wire Size	#22 to #14 AWG (0.324 to 2.08 sq. mm) stranded <sup>(2)</sup> 3/64 inch (1.2mm) insulation maximum
Category	2 <sup>(3), (4)</sup>
Screwdriver Width for RTB	1/8 inch (3.2mm) maximum
Certifications (when product is marked)	<p>UL UL Listed Industrial Control Equipment</p> <p>CSA CSA Certified Process Control Equipment</p> <p>CSA CSA Certified Process Control Equipment for Class I, Division 2 Group A,B,C,D Hazardous Locations</p> <p>FM FM Approved Equipment for use in Class I Division 2 Group A,B,C,D Hazardous Locations</p> <p>CE<sup>(5)</sup> European Union 89/336/EEC EMC Directive, compliant with: EN 50082-2; Industrial Immunity EN 61326; Meas./Control/Lab., Industrial Requirements EN 61000-6-2; Industrial Immunity EN 61000-6-4; Industrial Emissions</p> <p>C-Tick<sup>(5)</sup> Australian Radiocommunications Act, compliant with: AS/NZS 2064; Industrial Emissions</p> <p>EEx<sup>(5)</sup> European Union 94/9/EEC ATEX Directive, compliant with: EN 50021; Potentially Explosive Atmospheres, Protection “n”</p>

(1) This specification is module filter dependent.

(2) Maximum wire size requires the extended housing - 1756-TBE.

(3) Use this conductor category information for planning conductor routing as described in the system level installation manual.

(4) Refer to publication 1770-4.1 *Industrial Automation Wiring and Grounding Guidelines*.

(5) See the Product Certification link at [www.ab.com](http://www.ab.com) for Declarations of Conformity, Certificates, and other certification details.

## 1756-OW16I Specifications

Number of Outputs	16 N.O. (Contacts individually isolated)												
Module Location	1756 ControlLogix Chassis												
Backplane Current	150mA @ 5.1V dc & 150mA @ 24V dc (4.4W Total backplane power)												
Maximum Power Dissipation (Module)	4.5W @ 60°C												
Thermal Dissipation	15.35 BTU/hr												
Output Voltage Range	10-265V 47-63Hz/5-150V dc												
Output Voltage Range (load dependent)	5-30V dc @ 2.0A resistive 48V dc @ 0.5A resistive 125V dc @ 0.25A resistive 125V ac @ 2.0A resistive 240V ac @ 2.0A resistive												
UL Ratings	C300, R150 Pilot Duty												
Minimum Load Current	10mA per point												
Initial Contact Resistance	30mΩ												
Switching Frequency	1 operation/3s (0.3Hz at rated load) maximum												
Bounce Time	1.2ms (mean)												
Expected Contact Life	300k cycles resistive/100k cycles inductive												
Maximum Off-State Leakage Current	1.5mA per point												
Output Delay Time OFF to ON ON to OFF	10ms maximum 10ms maximum												
Scheduled Outputs	Synchronization within 16.7 seconds maximum, reference to the Coordinated System Time												
Output Current Rating (at rated power)	<table border="0"> <thead> <tr> <th><u>Resistive</u></th> <th><u>Inductive</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2A @ 5-30V dc</td> <td>2.0A steady state @ 5-30V dc</td> </tr> <tr> <td>0.5A @ 48V dc</td> <td>0.5A steady state @ 48V dc</td> </tr> <tr> <td>0.25A @ 125V dc</td> <td>0.25A steady state @ 125V dc</td> </tr> <tr> <td>2A @ 125V ac</td> <td>2.0A steady state, 15A make @ 125V ac</td> </tr> <tr> <td>2A @ 240V ac</td> <td>2.0A steady state, 15A make @ 240V ac</td> </tr> </tbody> </table>	<u>Resistive</u>	<u>Inductive</u>	2A @ 5-30V dc	2.0A steady state @ 5-30V dc	0.5A @ 48V dc	0.5A steady state @ 48V dc	0.25A @ 125V dc	0.25A steady state @ 125V dc	2A @ 125V ac	2.0A steady state, 15A make @ 125V ac	2A @ 240V ac	2.0A steady state, 15A make @ 240V ac
<u>Resistive</u>	<u>Inductive</u>												
2A @ 5-30V dc	2.0A steady state @ 5-30V dc												
0.5A @ 48V dc	0.5A steady state @ 48V dc												
0.25A @ 125V dc	0.25A steady state @ 125V dc												
2A @ 125V ac	2.0A steady state, 15A make @ 125V ac												
2A @ 240V ac	2.0A steady state, 15A make @ 240V ac												

Power Rating (steady state)	250W maximum for 125V ac resistive output 480W maximum for 240V ac resistive output 60W maximum for 30V dc resistive output 24W maximum for 48V dc resistive output 31W maximum for 125V dc resistive output 250VA maximum for 125V ac inductive output 480VA maximum for 240V ac inductive output 60VA maximum for 30V dc inductive output 24VA maximum for 48V dc inductive output 31VA maximum for 125V dc inductive output
Configurable Fault States/Point	Hold Last State, ON or OFF (OFF is the default)
Configurable States in Program Mode per Point	Hold Last State, ON or OFF (OFF is the default)
Fusing	Not protected - Fused IFM can be used to protect outputs (See publication 1492-2.12). The Bulletin 1492 IFM may not be used in any application that requires agency certification of the ControlLogix system. Use of the IFM violates the UL, CSA and FM certifications of this product.
Isolation Voltage User to system	250V maximum continuous 100% tested at 2546V dc for 1s
RTB Screw Torque (Cage clamp)	4.4 inch-pounds (0.4Nm) maximum
Module Keying (Backplane)	Software configurable
RTB Keying	User defined mechanical keying
Field Wiring Arm and Housing	36 Position RTB (1756-TBCH or TBS6H) <sup>(1)</sup>
Environmental Conditions	
Operating Temperature	IEC 60068-2-1 (Test Ad, Operating Cold), IEC 60068-2-2 (Test Bd, Operating Dry Heat), IEC 60068-2-14 (Test Nb, Operating Thermal Shock): 0 to 60°C (32 to 140°F)
Storage Temperature	IEC 60068-2-1 (Test Ab, Un-packaged Non-operating Cold), IEC 60068-2-2 (Test Bb, Un-packaged Non-operating Dry Heat), IEC 60068-2-14 (Test Na, Un-packaged Non-operating Thermal Shock): -40 to 85°C (-40 to 185°F)

## 16 ControlLogix™ AC (10-265V) DC (5-150V) Isolated Contact Module

Relative Humidity	IEC 60068-2-30 (Test Db, Un-packaged Non-operating Damp Heat): 5 to 95% non-condensing
Vibration	IEC60068-2-6 (Test Fc, Operating): 2g @ 10-500Hz
Shock	IEC60068-2-27 (Test Ea, Unpackaged shock): Operating 30g Non-operating 50g
Emissions	CISPR 11: Group 1, Class A
ESD Immunity	IEC 61000-4-2: 6kV contact discharges 8kV air discharges
Radiated RF Immunity	IEC 61000-4-3: 10V/m with 1kHz sine-wave 80%AM from 30MHz to 1000MHz 10V/m with 200Hz 50% Pulse 100%AM at 900Mhz
EFT/B Immunity	IEC 61000-4-4: ±4kV at 2.5kHz on power ports ±4kV at 2.5kHz on signal ports
Surge Transient Immunity	IEC 61000-4-5: ±1kV line-line(DM) and ±2kV line-earth(CM) on power ports ±1kV line-line(DM) and ±2kV line-earth(CM) on signal ports
Conducted RF Immunity	IEC 61000-4-6: 10Vrms with 1kHz sine-wave 80%AM from 150kHz to 80MHz
Enclosure Type Rating	None (open-style)

Conductors	Wire Size	#22 to #14 AWG (0.324 to 2.08 sq. mm) stranded <sup>(1)</sup> 3/64 inch (1.2mm) insulation maximum
	Category	1 <sup>(2)</sup> , <sup>(3)</sup>
Screwdriver Blade Width for RTB		1/8 inch (3.2mm) maximum
Certifications (when product is marked)		<p>UL UL Listed Industrial Control Equipment</p> <p>CSA CSA Certified Process Control Equipment</p> <p>CSA CSA Certified Process Control Equipment for Class I, Division 2 Group A,B,C,D Hazardous Locations</p> <p>FM FM Approved Equipment for use in Class I Division 2 Group A,B,C,D Hazardous Locations</p> <p>CE<sup>(4)</sup> European Union 89/336/EEC EMC Directive, compliant with: EN 50082-2; Industrial Immunity EN 61326; Meas./Control/Lab., Industrial Requirements EN 61000-6-2; Industrial Immunity EN 61000-6-4; Industrial Emissions</p> <p>European Union 73/23/EEC LVD Directive, compliant with: EN 61131-2; Programmable Controllers</p> <p>C-Tick<sup>(4)</sup> Australian Radiocommunications Act, compliant with: AS/NZS 2064; Industrial Emissions</p> <p>EEx<sup>(4)</sup> European Union 94/9/EEC ATEX Directive, compliant with: EN 50021; Potentially Explosive Atmospheres, Protection “n” when conformal coated</p>

(1) Maximum wire size requires extended housing - 1756-TBE.

(2) Use this conductor category information for planning conductor routing as described in the system level installation manual.

(3) Refer to publication 1770-4.1 *Industrial Automation Wiring and Grounding Guidelines*.

(4) See the Product Certification link at [www.ab.com](http://www.ab.com) for Declarations of Conformity, Certificates, and other certification details.

### Specifications

Module Location	Any slot in the ControlLogix chassis
Backplane Current (mA) at 5V.1V dc	700mA
Backplane Current (mA) at 24V	3mA
Isolation Voltage, Continuous	30V Tested to 707V dc for 60 seconds
Power Dissipation, Max.	3.65W
Conductors Wire Size Category	802.3 compliant - shielded or unshielded twisted pair 2 <sup>1</sup>
Ethernet Connector	RJ45 Cat. 5
User Manual	ENET-UM001
Environmental Conditions	
Operating Temperature	IEC 60068-2-1 (Test Ad, Operating Cold), IEC 60068-2-2 (Test Bd, Operating Dry Heat), IEC 60068-2-14 (Test Nb, Operating Thermal Shock): 0 to 60°C (32 to 140°F)
Storage Temperature	IEC 60068-2-1 (Test Ab, Un-packaged Non-operating Cold), IEC 60068-2-2 (Test Bb, Un-packaged Non-operating Dry Heat), IEC 60068-2-14 (Test Na, Un-packaged Non-operating Thermal Shock): -40 to 85°C (-40 to 185°F)
Relative Humidity	IEC 60068-2-30 (Test Db, Un-packaged Non-operating Damp Heat): 5 to 95% non-condensing
Vibration	IEC60068-2-6 (Test Fc, Operating): 2g @ 10-500Hz
Shock, Operating	IEC60068-2-27 (Test Ea, Unpackaged shock): 30g

Shock, Non-operating	IEC60068-2-27 (Test Ea, Unpackaged shock): 50g
Emissions	CISPR 11: Group 1, Class A
ESD Immunity	IEC 61000-4-2: 6kV contact discharges 8kV air discharges
Radiated RF Immunity	IEC 61000-4-3: 10V/m with 1kHz sine-wave 80%AM from 30MHz to 2000MHz 10V/m with 200Hz 50% Pulse 100%AM at 900Mhz 10V/m with 200Hz 50% Pulse 100%AM at 1890Mhz
EFT/B Immunity	IEC 61000-4-4: $\pm 2$ kV at 5kHz on communications ports
Surge Transient Immunity	IEC 61000-4-5: $\pm 2$ kV line-earth(CM) on communications ports
Conducted RF Immunity	IEC 61000-4-6: 10Vrms with 1kHz sine-wave 80%AM from 150kHz to 80MHz
Enclosure Type Rating	None (open-style)



UL<sup>®</sup> Class 1, Division 2,  
Groups A, B, C, and D Hazardous  
Locations.  
CE



## Modbus Master/Slave Communication Module MVI56-MCM

Applications using the Modbus Communication Module can be found in many industrial sectors, including:

- Foreign device data concentrator
- Pipelines and offshore platforms
- Food processing
- Mining
- Pulp and paper
- SCADA communications

### How to Contact Us: Sales and Support

All ProSoft Technology® products are backed with unlimited technical support. Contact our worldwide Technical Support team directly by phone or email:

#### Asia Pacific

+603.7724.2080, asiapc@prosoft-technology.com  
Languages spoken include: Chinese, Japanese, English

#### Europe – Middle East – Africa

+33 (0) 5.34.36.87.20, support.EMEA@prosoft-technology.com  
Languages spoken include: French, English

#### North America

+1.661.716.5100, support@prosoft-technology.com  
Languages spoken include: English, Spanish

#### Latin America (Sales only)

+1.281.298.9109, latinam@prosoft-technology.com  
Languages spoken include: Spanish, English

#### Brasil

+55-11.5084.5178, eduardo@prosoft-technology.com  
Languages spoken include: Portuguese, English

## Modbus Master/Slave Communication Module

### MVI56-MCM

The MVI56 Modbus Master/Slave Communication Module allows ControlLogix processors to interface easily with other Modbus protocol compatible devices.

Compatible devices include not only Modicon PLCs (which all support the Modbus protocol) but also a wide assortment of end devices. The module acts as an input/output module between the Modbus network and the ControlLogix processor. The data transfer from the processor is asynchronous from the actions on the Modbus network. A 5000-word register space in the module exchanges data between the processor and the Modbus network.

### Features and Benefits

The MVI56 Modbus Master/Slave Communications module is designed to allow ControlLogix processors to interface easily with Modbus protocol-compatible devices and hosts.

The MVI56-MCM module acts as an input/output module between the Modbus network and the ControlLogix processor. The data transfer from the ControlLogix processor is asynchronous from the actions on the Modbus network. A 5000-word register space in the module exchanges data between the processor and the Modbus network.

Many host SCADA applications support the Modbus protocol, while devices commonly supporting the protocol include several PLCs, as well as many other third party devices in the marketplace. (For a partial list of devices that speak Modbus, please visit the ProSoft Tested section of the ProSoft Technology web site).

### General Specifications

- Single Slot – 1756 backplane compatible
- Local or remote rack
- The module is recognized as an Input/Output module and has access to processor memory for data transfer between processor and module
- Ladder Logic is used for data transfer between module and processor.
- Configuration data obtained through user-defined ladder. Sample ladder file included

## Hardware Specifications

Specification	Description
Backplane Current Load	800 mA @ 5 V
Operating Temperature	0 to 60°C (32 to 140°F)
Storage Temperature	-40 to 85°C (-40 to 185°F)
Shock	30g Operational 50g non-operational Vibration: 5 g from 10 to 150 Hz
Relative Humidity	5% to 95% (non-condensing)
LED Indicators	Module Status Backplane Transfer Status Application Status Serial Activity
<b>Debug/Configuration port (CFG)</b>	
CFG Port (CFG)	RJ45 (DB-9M with supplied cable) RS-232 only
<b>Application ports (PRT1 &amp; PRT2)</b>	
Full hardware handshaking control, providing radio, modem and multi-drop support	
Software configurable communication parameters	Baud rate: 110 to 115,200 baud, depending on protocol RS-232, 485 and 422 Parity: none, odd or even Data bits: 5, 6, 7, or 8 Stop bits: 1 or 2 RTS on/off delay: 0 to 65535 milliseconds
App Ports (P1,P2) (Serial modules)	RJ45 (DB-9M with supplied cable) RS-232 handshaking configurable 500V Optical isolation from backplane
Shipped with Unit	RJ45 to DB-9M cables for each port 6-foot RS-232 configuration cable

## Functional Specifications

- Support for the storage and transfer of up to 5000 registers to/from the ControlLogix processor's data files
- Module memory usage that is completely user definable
- Two ports to emulate any combination of Modbus master or slave device
- Supports Enron version of Modbus protocol for floating point data transactions

## Slave Specifications

A port configured as a Modbus slave permits a remote master to interact with all data contained in the module. This data can be derived from other Modbus slave devices on the network, through a master port, or from the ControlLogix processor. The MVI56-MCM module accepts Modbus function code commands of 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 15, 16, 17, 22 and 23 from an attached Modbus master unit.

## Master Specifications

A port configured as a virtual Modbus master device on the MVI56-MCM module actively issues Modbus commands to other nodes on the Modbus network. One hundred (100) commands are supported on each port. Additionally, the master ports have an optimized polling characteristic that polls slaves with communication problems less frequently. The ControlLogix processor can be programmed to control the activity on the port by actively selecting commands from the command list to execute or issuing commands directly from the ladder logic.

## Additional Products

ProSoft Technology offers a full complement of hardware and software solutions for a wide variety of industrial communication platforms.

Compatible products in the inRAX product line also include:

**Modbus Master/Slave Communication Module for Remote Chassis (MVI56-MCMR)**

**Modbus Plus Communication Module for ControlLogix (MVI56-MBP)**

**Modbus TCP/IP Client Server Communication Module for ControlLogix (MVI56-MNET)**

**Modbus TCP/IP Client Communication Module for ControlLogix (MVI56-MNETC)**

Visit our web site at <http://www.prosoft-technology.com> for a complete list of products.

## Ordering Information

To order this product, please use the following:

**MVI56-MCM**      Modbus Master/Slave  
Communication Module

To place an order, please contact your local ProSoft Technology distributor. For a list of ProSoft distributors near you, go to <http://www.prosoft-technology.com>

### Distributors:

Place your order by email or fax to:

**North American / Latin American / Asia Pacific**  
orders@prosoft-technology.com,  
fax to +1 661.716.5101

**Europe**  
europe@prosoft-technology.com,  
fax to +33 (0) 5.61.78.40.52

Copyright © ProSoft Technology, Inc. 2000 - 2007. All Rights Reserved.  
June 15, 2007

# Terminal Block Relays

## *With Reliable Gold Plated Contacts*

Product Profile

### Bulletin 700-HL

Rockwell Automation has enhanced its line of Terminal Block Relays by offering the Allen-Bradley 700-HL Gold Plated Contact version. The gold plated contacts are ideal for very low energy logic switching applications, (8V, 2.5 mA).

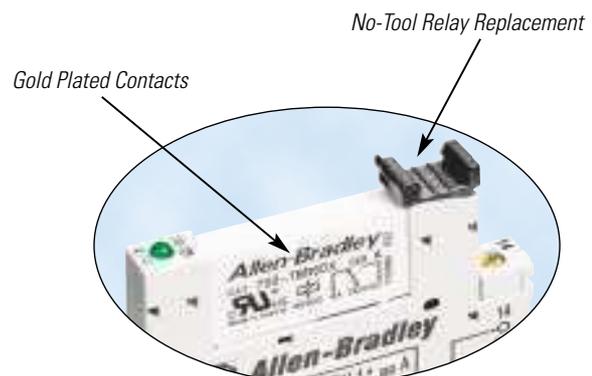
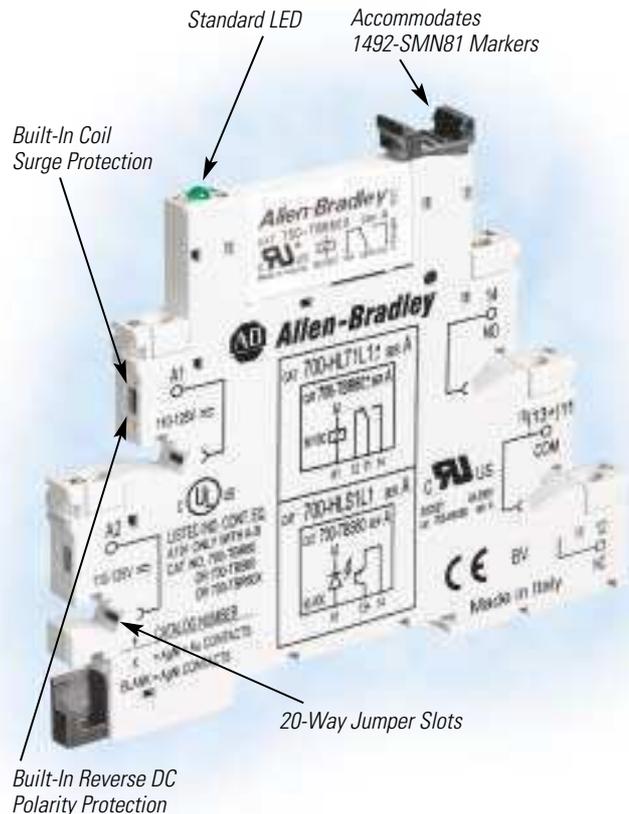
### Terminal Block Relay

- **Space Savings** – The 700-HL Terminal Block Relay meets the demand for panel space savings up to 80% with our new 6.2 mm wide General Purpose Relay.
- **Reduced Labor Costs** – Electrical wiring costs can be reduced up to 50% on projects. For example, the use of the 20-way jumper wiring system requires only one wire to connect to a terminal.
- **Standard Built-in Protection** – Reverse DC polarity protection ensures DC coil devices are not damaged if improper polarity is connected. Coil surge protection ensures longer relay life in applications where surges up to 2KV common and 1KV differential occur from power supplies or fluctuations in system voltages.

### Gold Plated Contacts

#### Reliable

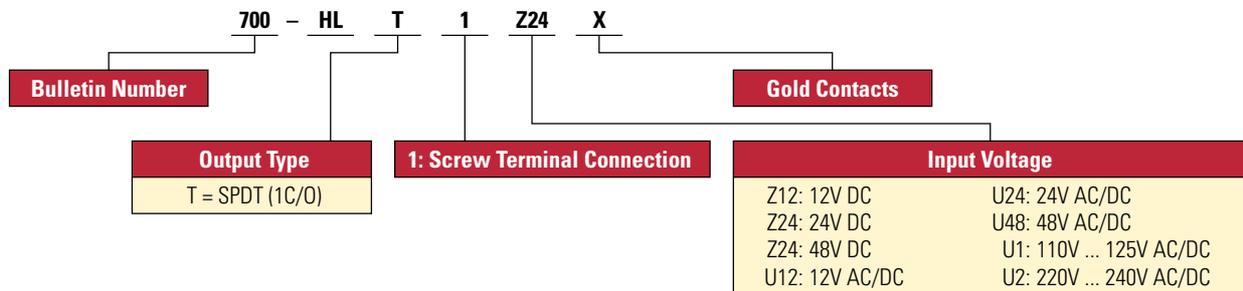
- Ensures corrosion will not form on the contact surface over time.
- Switches low energy loads reliably as low as 8V, 2.5 mA.
- Ideal for very low energy logic switching applications such as TTL drive enables and low energy I/O Cards such as Allen-Bradley 1734, 1746, 1756, 1764, 1771, 1791 and 1792 modules.



### Gold Plated Contact Specification Overview

<b>Type</b>	<b>Screw Terminal</b>		
<b>Output Style</b>	SPDT (1C/O)		
<b>Wire Range</b>	0.14 mm <sup>2</sup> ... 2.5 mm <sup>2</sup> (#26 ... #14 AWG)		
<b>Pilot Duty Rating</b>	6A B300, R300		
	Inductive	1-Pole	
<b>Contacts</b>	24V AC, 1-phase 120V AC, 1-phase 240V AC, 1-phase	Make: 30 A 30 A 15 A	Break: 5 A 3 A 1.5 A
	Make/Break and Continuous V DC	24V DC 120V DC 240V DC	1.0 A 0.2 A 0.1 A
<b>Min. Permissible Contact Ratings</b>	8V, 2.5 mA (20 mW)		
<b>Permissible Coil Voltage Variation</b>	85 ... 110% of Normal Voltage at 50HZ 85 ... 110% of Normal Voltage at 60HZ 80 ... 110% of Normal Voltage at DC		
<b>Contact Material</b>	Silver Tin with Gold Plating, AgSnO/Au		
<b>Output Ratings</b>	$I_{th} = 6 A$		
<b>Certifications</b>	cULus, cURus, ABS, RINA, CE		

### How to Order



[www.rockwellautomation.com](http://www.rockwellautomation.com)

#### Corporate Headquarters

Rockwell Automation, 777 East Wisconsin Avenue, Suite 1400, Milwaukee, WI, 53202-5302 USA, Tel: (1) 414.212.5200, Fax: (1) 414.212.5201

#### Headquarters for Allen-Bradley Products, Rockwell Software Products and Global Manufacturing Solutions

Americas: Rockwell Automation, 1201 South Second Street, Milwaukee, WI 53204-2496 USA, Tel: (1) 414.382.2000, Fax: (1) 414.382.4444  
 Europe/Middle East/Africa: Rockwell Automation SA/NV, Vorstlaan/Boulevard du Souverain 36, 1170 Brussels, Belgium, Tel: (32) 2 663 0600, Fax: (32) 2 663 0640  
 Asia Pacific: Rockwell Automation, 27/F Citicorp Centre, 18 Whitfield Road, Causeway Bay, Hong Kong, Tel: (852) 2887 4788, Fax: (852) 2508 1846

#### Headquarters for Dodge and Reliance Electric Products

Americas: Rockwell Automation, 6040 Ponders Court, Greenville, SC 29615-4617 USA, Tel: (1) 864.297.4800, Fax: (1) 864.281.2433  
 Europe/Middle East/Africa: Rockwell Automation, Brühlstraße 22, D-74834 Elztal-Dallau, Germany, Tel: (49) 6261 9410, Fax: (49) 6261 17741  
 Asia Pacific: Rockwell Automation, 55 Newton Road, #11-01/02 Revenue House, Singapore 307987, Tel: (65) 6356-9077, Fax: (65) 6356-9011

Part Number Número de Parte Référence	Weight (lbs/g) Peso (lbs/g) Poids (lbs/g)	Input / Entrada / Entrée		Voltage Voltage Tensio	Output / Salida / Sortie	
		Nominal / Intrush Nominal / Arranque Nominale / Irruption			Power Potencia Puissance	Current Corrente Courant
SDN 2.5-24-100P	1.6 lb (725g)	1.3A/0.7A/ Typ. <25A		85-264VAC 90-375VDC	60W	2.5A
SDN 4-24-100LP	2.4 lbs (1055g)	2.1A/1A Typ. <20A		85-132 / 176-264VAC 210-375VDC	92W	3.8A
SDN 5-24-100P	2.4 lbs (1055g)	2.2A/1.0A/ Typ. <20A			120W	5A
SDN 10-24-100P	3.3 lbs (1480g)	5A/2.0A typical / Typ. <40A			240W	10A

## Technical Data

### Input

- Nominal voltage: 115/230 VAC auto select (SDN 2.5-24-100P Universal) as required to meet EN61000-3-2
- Power factor (PFC): as required to meet EN61000-3-2

### Output

- Nominal voltage: 24V (22.5-28.5VDC Adj. [SDN 4-24-100LP, 24V(22.5-25.7VDC Adj.)])  
2x nominal current for 2 sec. (except for SDN 4-24-100P)
- Power boost: > 20ms at Full Load (25°C)
- Holdup time: < ±2% overall
- Tolerance: <0.5%
- Line regulation: <0.5%
- Load regulation: <1%
- Time & temp. drift: 24.5V ± 1%
- Initial voltage setting: < 50mVpp
- Ripple: > 35V
- Power back immunity: Jumper Selectable Via Front Panel
- Parallel Operation: < 33VDC
- Over voltage protection: < 33VDC [except SDN 4-24-100LP < 27VDC]

### Standards, Certifications

- EMC**
- Emissions EN 61000-6-3, Class B EN55011, EN55022 Radiated Conducted including Annex A
- Immunity EN 61000-6-2, EN61000-4-2 Level 4, EN61000-4-3 Level 3, EN61000-4-6 Level 3, EN61000-4-4 Level 4 input and level 3 output. EN61000-4-5 Isolation class 4, EN61000-4-11, Transient protection according to VDE 0160/W2 over entire load range.
- Approvals EN60950, UL508 Listed, cULus, UL 60950, cURus, CE (LVD 73/23 & 93/68/EEC), (EMC 89/336 & 93/68/EEC), EN61000-3-2, EN60079-15 (Class 1, Zone 2 hazardous location, Groups A, B, C, D w/ T3 temp class up to 60°C Ambient.), CENELEC ATEX EEx nC IIC T3 II 3 G, SEMIF47, Sag Immunity, SDN 2.5 & 4 [SDN 4-24-100LP additional approval UL 1310, class 2]

### Environmental Data

- Ambient temperature
- Storage/Shipment -25°C...+85°C
  - Full nominal load -10°C...+60°C
  - Derated +60°C...+70°C

**Degree of protection:** IP20 (EN60529), Protect the unit from moisture (and condensation)

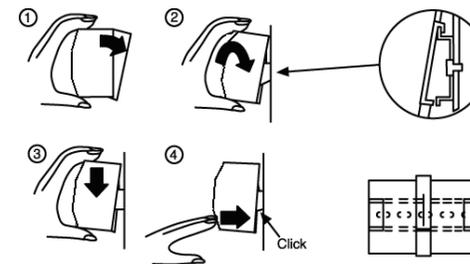
### Installation

- Fusing**
- Input Internally fused.
- Output Outputs are capable of providing high currents for short periods of time for inductive load startup or switching.
- Mounting Simple snap-on to DIN TS35/7.5 or TS35/15 rail system. Unit should handle normal shock and vibration of industrial use and transportation without falling off the rail.
- Connections Input: screw terminals, connector size range: 16-10AWG (1.5-6mm<sup>2</sup>) for solid conductors.
- Output: Two terminals per output, connector size range: 16-10AWG(1.5-6mm<sup>2</sup>) for solid conductors.

This equipment is suitable for use in Class 1, Zone 2, Groups A,B,C,D or non-hazardous locations only

**WARNING – EXPLOSION HAZARD –** Substitution of components may impair suitability for Class 1, Zone 2.

**WARNING – EXPLOSION HAZARD –** Do not disconnect equipment unless power has been switched off or the area is known to be non-hazardous.



DIN Rail Mounting	Montaje en Riel DIN	Montage du Rail DIN
Snap on the DIN Rail:	Atorar en en Riel DIN:	Poser le Rail DIN:
1. Tilt unit as illustrated	1. Incline la unidad como se ilustra	1. Incliner l'appareil comme illustré
2. Put it onto the DIN Rail	2. Póngala sobre el Riel DIN	2. Encliquer sur le Rail DIN
3. Push downwards until stopped	3. Empuje hacia abajo hasta que se detenga	3. Pousser vers le bas jusqu'à l'arrêt
4. Push at the lower front edge to lock	4. Empuje de la parte baja del frente para asegurar	4. Appuyer sur le bord inférieur pour fixer
5. Shake the unit slightly to ensure that the unit is secure	5. Mueva la unidad ligeramente para verificar está segura	5. Vérifier que l'appareil est bien fixé

**EGS** **SOLA/ HEVI-DUTY**  
Electrical Group

## SDN Series Power Supplies

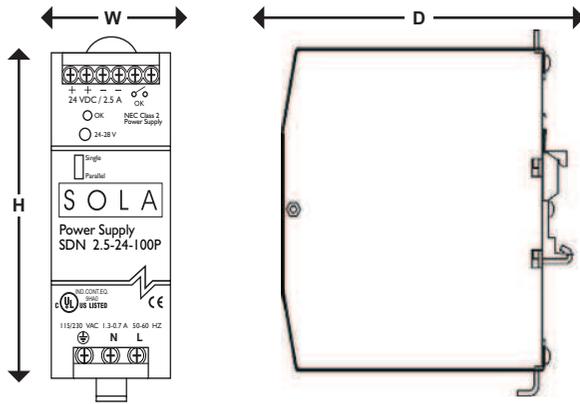
**EMERSON**  
Industrial Automation

### Technical Services

SDN 2.5-24-100P  
SDN 4-24-100LP  
SDN 5-24-100P  
SDN 10-24-100P

USA (800) 377-4384  
International (847) 268-6000  
E-Mail tech@sola-hevi-duty.com

www.solaheviduty.com



Required Free Space for Cooling Espacio Requerido para Enfriamiento Espace Disponible Nécessaire au Refroidissement	
SDN 2.5-24-100P	25mm above and below, 25mm left and right, 10mm in front
SDN 4-24-100LP	
SDN 5-24-100P	25mm above and below, 25mm left and right, 15 mm in front
SDN 10-24-100P	70mm above and below, 25mm left and right, 15mm in front

Dimensions/Dimensiones/Dimensions			
	H	W	D
SDN 2.5-24-100P	4.88 (124)	1.97 (50)	4.55 (116)
SDN 4-24-100LP	4.88 (124)	2.56 (65)	4.55 (116)
SDN 5-24-100P	4.88 (124)	2.56 (65)	4.55 (116)
SDN 10-24-100P	4.88 (124)	2.56 (65)	4.55 (116)

## Datos Técnicos

### Entrada

- Voltaje nominal: 115/230 VAC auto-seleccionable (SDN 2.5-24-100P Universal)
- Factor de Potencia (PFC): según se requiere para cumplir con EN61000-3-2

### Salida

- Voltaje nominal: 24V (22.5-28.5VDC Ajust.) [SDN-4-24-100LP, 24V(22.5-25.7VDC Adj.)]
- Elevación de Potencia: 2x la corriente nominal por 2 seg. (excepto para la SDN 4-24-100LP)
- Tiempo de Retención: > 20ms a Plena Carga (25° C)
- Tolerancia: < ±2 % en todo el rango
- Regulación de Línea: < 0.5%
- Regulación de Carga: < 0.5%
- Desviación de Tiempo y temp: < 1%
- Ajuste Inicial de Voltaje: 24.5V ± 1%
- Rizo: < 50mVpp
- Inmunidad de Potencia inversa: > 35V
- Operación Paralela: Jumper Seleccionable a través del Panel Frontal
- Protección de sobre voltaje: < 33VDC [excepto SDN 4-24-100LP < 27VDC]

### Estándares, Certificaciones

#### EMC

Emisiones EN 61000-6-3, Clase B EN55011, EN55022 Radiada  
Conducida incluida en el Anexo A

Inmunidad EN61000-6-2, EN61000-4-2 Nivel 4, EN61000-4-3 Nivel 3, EN61000-4-6 Nivel 3, EN61000-4-4 Nivel 4 entrada y nivel salida. EN61000-4-5 Aislamiento clase 4, EN61000-4-11, Protección contra Transientes de acuerdo a VDE 0160/W2 sobre todo el rango de la carga.

Aprobaciones EN60950, Listado UL508, cULus, UL 60950, cURus, CE (LVD 73/23 & 93/68/EEC), (EMC 89/336 & 93/68/EEC). EN61000-3-2, EN60079-15 (Clase 1, Zona 2 área peligrosa, Grupos A, B, C, D / de clase temp T3 hasta 60° C Ambiente.) CENELEC ATEX EEx nC IIC T3 II 3 G, SEMIF47 Inmunidad a Picos, SDN2.5 & 4 – SDN4-24-100LP se ajusta a UL 1310 clase 2.

### Datos Ambientales

#### Temperatura Ambiente

- Almacenamiento/Embarque -25° C...+85° C
- Carga nominal completa -10° C...+60° C
- Capacidad Normal Reducida +60° C...+70° C

**Grado de Protección:** IP20 (EN60529), Protege la unidad contra la humedad (y condensación)

### Instalación

#### Fusibles

Entrada Fusibles Internos.

Salida Las salidas son capaces de suministrar altas corrientes por periodos cortos de tiempo para arranque de carga inductiva o conmutada.

Montaje Se adapta de manera sencilla en sistema Riel DIN TS35/7.5 ó Sistema TS35/15. La unidad debe soportar un golpe normal y vibración de uso industrial y transportación sin caer del riel.

Conexiones Terminales de entrada con tornillo, rango de tamaño del conector: 16-10AWG (1.5-6mm<sup>2</sup>) para conductores sólidos. Salida: Dos terminales por salida, rango de tamaño del conector: 16-10AWG (1.5-6mm<sup>2</sup>) para conductores sólidos.

Este equipo puede ser utilizado únicamente en áreas Clase 1, Zona 2, grupos A,B,C,D, o en áreas no peligrosas.

ADVERTENCIA – PELIGRO DE EXPLOSION – Substituir los elementos que componen el equipo puede impedir su utilización en áreas Clase 1, Zona 2.

ADVERTENCIA – PELIGRO DE EXPLOSION – No desconecte el equipo a no ser que el botón de encendido haya sido apagado o tenga conocimiento de que el área sea no peligrosa.

## Données Techniques

### Entrée

- Valeur nominale: 115/230 VAC sélection auto. (SDN 2.5-24-100P Universel)
- Facteur de puissance (PFC): remplit les conditions de l'EN61000-3-2

### Sortie

- Valeur nominale: 24V (22.5-28.5VDC Adj.) [SDN-4-24-100LP, 24V(22.5-25.7VDC Adj.)]
- Surtension: 2 x valeur nominale pendant 2 secondes (sauf pour SDN 4-24-100LP)
- Temps de maintien: > 20ms à pleine charge (25° C)
- Tolérance: < ±2 % total
- Régulation de ligne: < 0.5%
- Régulation de charge: < 0.5%
- Décalage temps et température: < 1%
- Réglage initial du courant: 24.5V ± 1%
- Ondulation: < 50mVpp
- Retour de puissance: > 35V
- Opération parallèle: câble à sélectionner via panneau avant
- Protection contre la surtension: < 33VDC [excepté SDN 4-24-100LP < 27VDC]

### Normes, Approbations

#### CEM

Emissions dégagées EN 61000-6-3 immunité contre les parasites, Classe B EN55011, EN55022 Annexe A incluse, et pour l'émission.

Immunité EN 61000-6-2, EN61000-4-2 Niveau 4, EN61000-4-3 Niveau 3, EN61000-4-6 Niveau 3, EN61000-4-4 Niveau 1 4 alimentation et niveau 3 sortie. EN61000-4-5 classe isolation 4, EN61000-4-11, Transitoire Protection selon VDE 0160/W2 sur gamme de charge entière.

Approbations EN60950, UL508 classé, cULus, UL 60950, cURus, CE (LVD 73/23 & 93/68/EEC), (EMC 89/336 & 93/68/EEC). EN61000-3-2, EN60079-15 (Classe 1, Zone 2 endroit dangereux, Groupes A, B, C, D avec T3 classe temp. jusqu'à 60° C Ambient.) CENELEC ATEX EEx nC IIC T3 II 3 G, SEMIF47 immunité aux Surcharges, SDN2.5 & 4 – SDN 4-24-100LP en conforme avec UL1310 classe 2

### Données climatiques

#### Température ambiante

- Stockage/transport -25° C...+85° C
- Pleine charge nominale -10° C...+60° C
- Charge réduite +60° C...+70° C

**Indice de protection:** IP20 (EN60529), Protection contre l'humidité et la condensation.

### Installation

#### Protection

Alimentation avec fusible intégré

Débit Les débits sont capables de fournir de hauts courants pendant de courtes périodes au démarrage ou lors de l'interruption de charge inductive.

Montage Simple encliquetage sur rail DIN, système TS35/7.5 ou TS35/15. L'unité doit pouvoir subir des chocs, vibrations de type industriel Pendant le transport, sans dérailler.

Connexions Entrée: bornes à vis, dimensions de raccordement: 16-10AWG (1.5-6mm<sup>2</sup>) pour des conducteurs rigides.

Sortie: deux bornes par type de puissance, dimensions de raccordement: 16-10AWG (1.5-6mm<sup>2</sup>) pour des conducteurs rigides.

Cet équipement ne peut être utilisé qu' en Classe 1, Zone 2, Groupes A,B,C,D ou hors zone dangereuse.

ATTENTION – RISQUE D' EXPLOSION – Le remplacement de composants peut rendre le matériel impropre à une utilisation en Classe 1, Zone 2.

ATTENTION – RISQUE D' EXPLOSION – Ne déconnecter l'équipement qu' hors tension ou en zone connue comme non dangereuse.

**ELABORADO POR:**

---

Elena del Rocío Proaño Oña

---

Wilmer Gabriel Quishpe Andrade

**APROBADO POR:**

---

Ing. Armando Alvarez S.  
DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA  
ELÉCTRICA E INSTRUMENTACIÓN

**CERTIFICADO POR:**

---

Dr. Eduardo Vásquez  
SECRETARIO ACADÉMICO