

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**REPOTENCIACIÓN DE LA PLANTA DE CONTROL DE NIVEL POR
PRESIÓN HIDROSTÁTICA DEL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA
INDUSTRIAL DE LA ESFOT**

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR
EN ELECTROMECAÁNICA**

ALEXANDER JOSUÉ TORRES LIMA

DIRECTOR: ALAN DANIEL CUENCA SÁNCHEZ

DMQ, julio 2024

CERTIFICACIONES

Yo, Alexander Torres declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

ALEXANDER TORRES

alexander.torres@epn.edu.ec

aletitorres@gmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Alexander Torres, bajo mi supervisión.

ALAN CUENCA

DIRECTOR

alan.cuenca@epn.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmo que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

Alexander Torres

DEDICATORIA

A mi familia, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi fuente de inspiración y fortaleza en cada paso de este camino.

A mis amigos, por su compañía, su ánimo y por hacer de este viaje una experiencia más llevadera y enriquecedora.

Una dedicatoria especial para la persona que no me acompaña ya en mi vida, pero aún está presente. Abuelito, gracias por todo, este trabajo es por ti, gracias por enseñarme que a la vida siempre hay que sonreírle y no dejar que los problemas arruinen un día, al final, siempre se puede dar más. Gracias.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de esta tesis.

A mi familia, por su amor, paciencia y apoyo emocional durante todo este proceso. Su confianza es mi ha sido mi mayor motivación.

A mis profesores, por compartir su conocimiento y sabiduría, y por guiarme con sus valiosos consejos y sugerencias.

A todos aquellos que de una u otra manera contribuyeron a este logro, muchas gracias por su apoyo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VII
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Alcance.....	2
1.4 Marco teórico	3
2 METODOLOGÍA	6
2.1 Requerimientos del sistema	6
2.2 Planos esquemáticos.....	12
2.3 Componentes que conforman el sistema.....	12
2.4 Algoritmo de control e interfaz humano máquina	21
3 RESULTADOS.....	26
3.1 Pruebas de funcionamiento.....	26
3.2 Manual de usuario y mantenimiento	35
4 CONCLUSIONES	36
5 RECOMENDACIONES.....	38
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
7 ANEXOS	41
ANEXO I	42
ANEXO II	43
ANEXO III	44
ANEXO IV.....	47
ANEXO V.....	48
ANEXO VI.....	51

RESUMEN

El presente proyecto de integración curricular tiene como objetivo la repotenciación de la planta de control de nivel por presión hidrostática del Laboratorio de Tecnología Industrial LTI de la ESFOT. Ésta se implementó en dicho laboratorio y presenta problemas en su funcionamiento debido al paso del tiempo. El módulo es usado por los estudiantes de la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica de la ESFOT para realizar prácticas en las materias de Control y Sistemas HMI e Instrumentación.

El proyecto consta de siete capítulos que se detallan a continuación:

Capítulo 1: Introducción, se describe con claridad el componente desarrollado del proyecto, junto con su objetivo general y los objetivos específicos. Además, se expone el alcance del proyecto, donde se delinear las acciones planificadas para lograr con los objetivos específicos planteados. Se incluyen fundamentos teóricos necesarios para el desarrollo del proyecto.

Capítulo 2: Metodología, esta sección de manera específica detalla los requisitos del sistema y las medidas adoptadas para llevar a cabo la mejora de la planta. Además, incluye los planos esquemáticos, los componentes empleados, el desarrollo del algoritmo de control y la interfaz humano máquina HMI.

Capítulo 3: Resultados, se presentan los resultados obtenidos a través de gráficos y videos que muestran las pruebas de funcionamiento de la planta. Además, incluyen los manuales de usuario y de mantenimiento en formato de video correspondiente a cada uno.

Capítulo 4 y 5: Conclusiones y Recomendaciones, se registran comentarios sobre el trabajo realizado a partir de los resultados obtenidos en las pruebas de funcionamiento.

Capítulo 6: Referencias Bibliográficas, en este apartado se hace referencia a las fuentes consultadas durante la elaboración del proyecto.

Capítulo 7: Anexos, aquí se hallan documentos relevantes que, debido a su extensión, no fueron incluidos directamente en el cuerpo del documento principal, pero que contienen información relevante para el entendimiento del proyecto.

PALABRAS CLAVE: Control de nivel, Algoritmo de control, Transmisor piezoeléctrico, HMI, PLC S7-1200.

ABSTRACT

The present curricular integration project aims to repower the level control plant by hydrostatic pressure of the Industrial Technology Laboratory (LTI) at ESFOT. This plant was implemented in the said laboratory and presents operational problems due to the passage of time. The module is used by students of the Higher Technology in Electromechanics program at ESFOT to carry out practical exercises in the subjects of Control and HMI Systems and Instrumentation.

The project consists of seven chapters, which are detailed below:

Chapter 1: Introduction clearly describes the developed component of the project, scope is outlined, delineating the planned actions to achieve the specific objectives. The theoretical foundations necessary for the project's development is also included.

Chapter 2: Methodology, this section specifically details the system requirements and the measures taken to carry out the improvement of the plant. It also includes schematic diagrams, the components used, the development of the control algorithm, and the human-machine interface (HMI).

Chapter 3: Results, presents the results obtained through graphs and videos showing the plant's functional tests. Additionally, user and maintenance manuals are included in video format corresponding to each one.

Chapters 4 and 5: Conclusions and Recommendations, register comments on the work done based on the results obtained in the functional test.

Chapter 6: Bibliographic References, this section references the sources consulted during the project's development.

Chapter 7: Annexes, here, relevant documents are found that, due to their length, were not directly included in the main body of the document but contain relevant information for understanding the project.

KEYWORDS: Level control, Control algorithm, Piezoelectric transmitter, HMI, PLC S7-1200.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

El Laboratorio de Tecnología Industrial LTI de la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) posee varios módulos didácticos enfocados en el control industrial. Aquí, los estudiantes de la carrera Tecnología Superior en Electromecánica realizan prácticas relacionadas con el control de variables físicas, tales como, presión, caudal, nivel y temperatura. Estos módulos, que son controlados mediante PLC's (Controladores Lógicos Programables), incluyen una variedad de sensores, transmisores, transductores, actuadores, canales y depósitos, entre otros componentes. A lo largo del tiempo y debido a la falta de uso regular, estos dispositivos han experimentado problemas en su normal funcionamiento, lo que hace necesario realizar tareas de mantenimiento y repotenciación.

Por lo tanto, el presente proyecto de integración curricular titulado "Repotenciación de la planta de control de nivel por presión hidrostática del Laboratorio de Tecnología Industrial de la ESFOT" tiene como objetivo asegurar el funcionamiento adecuado de esta planta. Se llevará a cabo un análisis de sus requerimientos, se evaluará su operación actual y se identificarán los componentes que requieren ser mejorados o reemplazos completos.

Para cumplir con el propósito del proyecto, se realiza una serie de acciones que contribuirán al logro de los objetivos específicos definidos. Una de las primeras acciones consiste en analizar los requisitos esenciales de la planta y determinar qué componente o partes son indispensables para garantizar su funcionamiento óptimo.

Otra medida es el levantamiento de planos y diagramas tanto eléctricos, mecánicos como P&ID de la planta, de esta forma se representará la ubicación de cada componente, además de representar su tipo de conexión.

Una vez completado el levantamiento de los planos, diagramas y verificación del estado de los componentes a través de la puesta en marcha de la planta y su respectivo análisis de requerimientos y correcto funcionamiento, se valora la viabilidad de repotenciar o reemplazar los componentes necesarios. En este contexto, se identificaron problemas en el encendido de la bomba de agua, la cual fue sustituida de inmediato. Además, se llevó a cabo el mantenimiento y la válvula de control de nivel.

Luego, se desarrollará un algoritmo de control y una interfaz humano máquina HMI en el *software* Portal TIA V15. Se simularán los modos de funcionamiento de la planta de control de nivel en modo manual y automático respectivamente.

Una vez que los elementos de la planta se encuentren en perfecto estado, el algoritmo de control se transferirá a la memoria del PLC. Luego se llevarán a cabo pruebas para verificar

el correcto funcionamiento tanto de los componentes intervenidos como del algoritmo de control. Esto asegurará que los componentes operen de manera óptima y que el algoritmo cumpla con su objetivo de gestionar el proceso de control de nivel requerido para las prácticas de laboratorio.

Finalmente, se realizarán dos videos para el usuario, en uno se demostrarán los pasos a seguir para poner en marcha de forma correcta a la planta de control de nivel y el funcionamiento de esta. El otro enseñará al usuario la manera en la que se brinda mantenimiento preventivo a la planta y así mantener su vida útil.

En el Anexo 2 se encuentra el certificado de funcionamiento del proyecto realizado, el cual valida su implementación.

1.1 Objetivo general

Repotenciar la planta de control de nivel por presión hidrostática del Laboratorio de Tecnología Industrial LTI.

1.2 Objetivos específicos

- Analizar los requerimientos y funcionamiento de la planta de control de nivel.
- Elaborar planos esquemáticos.
- Realizar la sustitución de componentes con inconvenientes en la planta.
- Desarrollar el Algoritmo de Control e Interfaz Humano Máquina.
- Realizar pruebas de funcionamiento.
- Realizar dos videos del manual de usuario y mantenimiento respectivamente.

1.3 Alcance

Para el desarrollo del proyecto, se llevará a cabo la repotenciación de la planta de control de nivel, cumpliendo con las siguientes actividades detalladas a continuación.

Se realizará una evaluación sobre el funcionamiento y los requerimientos necesarios para controlar la planta de nivel, además, se realizará el mantenimiento de los elementos que conforman el sistema a controlar.

Se comprobará que todos los dispositivos de control y mando funcionen correctamente y se encuentren en buen estado. Después de la revisión, se realizarán las mejoras o reemplazos necesarios. El *software* Portal TIA V15 se usará para desarrollar tanto el algoritmo de control como la interfaz humano máquina HMI.

Finalmente, se llevarán a cabo pruebas para garantizar el correcto funcionamiento de la planta de control de nivel por presión hidrostática. Además, se elaborarán dos videos, uno como manual de usuario y otro como manual de mantenimiento, los cuales incluirán las instrucciones y recomendaciones necesarias para el uso y mantenimiento adecuados de la planta.

1.4 Marco teórico

Control de nivel

Se trata de un sistema capaz de monitorear, comparar y regular el nivel de un líquido o sólido y así conseguir un valor establecido. La medición de nivel se ve reflejado por la altura del líquido o sólido con respecto al almacenamiento del tanque. El control, medición de niveles son esenciales para garantizar un óptimo trabajo en la industria. [1]

En la Figura 1.1, se observa la medición de nivel de sólidos y líquidos.

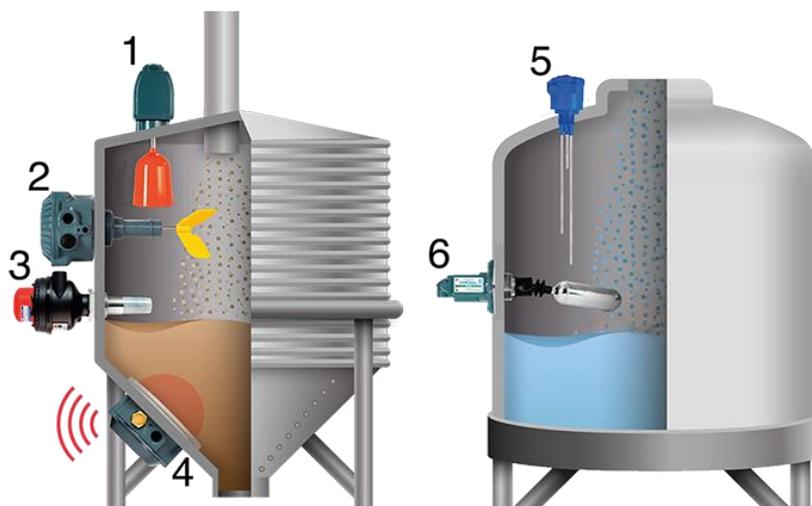


Figura 1.1. Medición de nivel de sólidos y líquidos.

Medición de nivel por presión hidrostática

Una de las aplicaciones importantes en las que se aplica un sistema de control de nivel por presión hidrostática son las Hidroeléctricas, tomando en cuenta que, el principio de funcionamiento es medir la presión que ejerce el líquido en relación con la altura del depósito donde está siendo almacenado, en el caso de las hidroeléctricas serán los embalses.

Se tiene una expresión (Ecuación 1.1) que ayuda a determinar dicha presión. [2]

$$P = \rho * g * h$$

Ecuación 1.1. Ecuación para determinar la presión

Donde:

P: Presión

ρ : Densidad

g: Gravedad

h: Altura

En la Figura 1.2, se observan las compuertas de la Hidroeléctrica de Agoyán – Baños, Ecuador.



Figura 1.2. Sistema de control de nivel por presión hidrostática (Hidroeléctrica)

Transductores de presión piezoeléctricos

Se tienen los transductores de presión piezoeléctricos, los cuales poseen un cristal en su interior capaz de convertir una magnitud física (presión) por deformación en una señal eléctrica, sin embargo, entregará una señal de bajo nivel, por ejemplo, microvoltios. Sin embargo, los transmisores de presión están constituidos interiormente con electrónica capaz de amplificar la señal eléctrica baja, de esa manera se tienen señales eléctricas con mayor nivel. [3]

Se sabe que los voltajes o señales eléctricas entregados por los transmisores son estandarizados o normalizados. Por lo tanto, se tienen señales de 4[mA] a 20[mA], 0[V] a 5[V], 1[V] a 5[V], etc.

El transductor de presión presenta múltiples ventajas, tales como:

- Alta sensibilidad, puede percibir cambios de presión pequeños.
- Tienen respuesta rápida.
- Dependiendo del modelo empleado, tienen altos rangos de medición.
- Su robustez los hace versátiles a la hora de ser usados en condiciones ambientales.

En la Figura 1.3, se observa un transductor de presión piezoeléctrico.



Figura 1.3. Transductor de presión piezoeléctrico

2 METODOLOGÍA

2.1 Requerimientos del sistema

La planta de control de nivel por presión hidrostática implementada en el Laboratorio de Tecnología Industrial de la ESFOT la cual se muestra en la Figura 2.1, debe cumplir las siguientes directrices para un correcto funcionamiento.

- Debe poseer un tanque o depósito de almacenamiento para el fluido de trabajo del sistema, en este caso, el fluido de trabajo es agua, que permanece a presión constante en las tuberías. Este contenedor cuenta con un sensor tipo boya para nivel mínimo de altura para la bomba, envía una señal al PLC cuando la cantidad de agua suministrada es insuficiente para trabajar en óptimas condiciones, al no cumplir esta condición se puede comprometer el funcionamiento de la bomba y el sistema se detendrá por completo.
- Luego del depósito, el agua atraviesa la bomba y es enviada a una cierta altura que tiene como receptor un tanque de control que se encuentra graduado en niveles bajo, medio y alto dependiendo el tipo de control que se pretende alcanzar. En este tanque se encuentra asimismo un sensor tipo boya como sistema de seguridad para evitar desbordamientos, además del transductor de presión, con éste se podrá controlar la planta de manera automática por sus características piezoeléctricas. [6]
- El sistema debe disponer dos modos de funcionamiento: Manual y Automático. En modo Manual el operador es capaz de seleccionar los tres niveles establecidos (bajo, medio y alto), llenar y vaciar desde la HMI. En modo Automático el operador puede elegir cualquier referencia (*set point*) de nivel comprendida entre 3 [cm] a 36 [cm]. Todo el control y monitoreo de la planta se realiza desde la HMI a través del PLC.
- Para la parte de descarga de la planta, se tiene una válvula de control de nivel que con sus funciones neumáticas regulará la presión interior y así podrá drenar el agua del tanque de control hasta el tanque de almacenamiento.
- El sistema debe contener una Interfaz Humano Máquina (HMI) que permita al operador controlar, supervisar y registrar el estado en el que se encuentra la planta. Además, por definición, la HMI será dinámica e interactiva y cumplirá con las normas establecidas IEC 1082-1 y la norma ANSI/ISA-S5.5-1985.



Figura 2.1. Planta de control de nivel por presión hidrostática LTI – ESFOT

Una vez revisados los requisitos para la operación de la planta de control de nivel por presión hidrostática se efectuará el reconocimiento del estado físico de sus mecanismos y así, se realizarán cambios o mejoras según corresponda.

Reconocimiento de tuberías y depósito; y reparación de fugas y filtraciones

Se ejecuta una inspección para verificar fugas o filtraciones en las respectivas tuberías, conexiones con los tanques y la bomba. Una vez desmontados los tanques de almacenamiento de la planta, se limpian los desechos y residuos. Este proceso se muestra en la Figura 2.2.



Figura 2.2. Limpieza del tanque de almacenamiento

A continuación, se desinstalan las tuberías, eliminando cualquier residuo o material del interior del tubo. Posteriormente, se vuelve a colocar el empaque en el lado exterior y el lado interior del tanque para reinstalar la tubería. Este proceso se muestra en la Figura 2.3.



Figura 2.3. Desmonte de tuberías

Se coloca teflón en las conexiones de las tuberías con los componentes de la planta y se aprieta con consistencia la unión de la bomba con el tanque de almacenamiento, de igual manera la válvula de control de nivel con el tanque de control. Este proceso se muestra en la Figura 2.4.



Figura 2.4. Colocación de teflón en las tuberías

Comprobación del sistema eléctrico

Parte fundamental de la planta es el sistema eléctrico, por lo tanto, se deben verificar los terminales de cada cable que estén correctamente conectados y ajustados, con el fin de evitar cortocircuitos o falsos contactos que puedan comprometer el funcionamiento del sistema. Este proceso se muestra en la Figura 2.5.

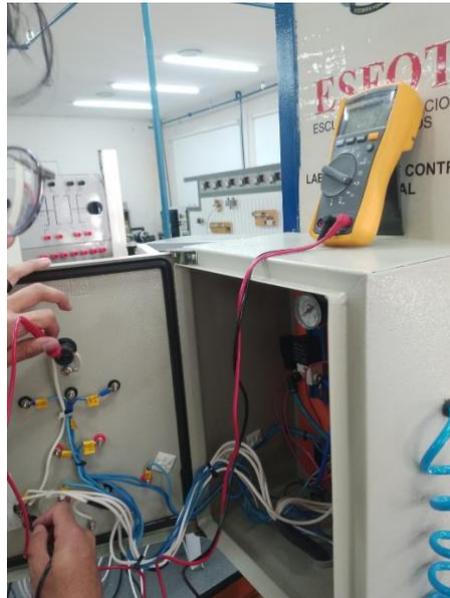


Figura 2.5. Comprobación de los cables

En la Figura 2.6, se revisa que todos los cables usados para la conexión eléctrica tengan continuidad con el fin de evitar fallos en la marcha.



Figura 2.6. Comprobación de continuidad

Además, se realiza la revisión del gabinete donde se encuentran las protecciones eléctricas de la planta, verificando la activación y funcionamiento de los dispositivos. Este proceso se muestra en la Figura 2.7.



Figura 2.7. Revisión de protecciones eléctricas

Revisión del motor de la bomba de agua

Se revisa el estado en el que se encuentra la bomba además de sus conexiones con respecto a los devanados y el capacitor de arranque.

Para identificar el devanado con el que va a operar el motor y el devanado que va conectado al capacitor de arranque se utiliza un multímetro para medir la resistencia interna que presenta cada devanado. Por definición, el devanado con menor resistencia será el opere como devanado de trabajo o principal, mientras que el devanado de arranque o auxiliar tendrá mayor resistencia. [4]

Una vez comprendida la teoría, se mide la resistencia de cada devanado, revisando las respectivas conexiones con las líneas de alimentación. Este proceso se muestra en la Figura 2.8 y la Figura 2.9 respectivamente.



Figura 2.8. Medición en ohmios del devanado principal



Figura 2.9. Medición en ohmios del devanado secundario o de arranque

Luego de analizar las medidas tomadas, se corrobora que las conexiones implementadas con respecto al devanado principal, devanado auxiliar y el capacitor de arranque son correctas, por lo que, se empalman las conexiones deshechas y se coloca nuevamente la tapa de protección del motor.

Revisión de la válvula de control de nivel

Finalmente, se revisará el funcionamiento de la válvula de control de nivel, con el objetivo de restaurar su integridad, este componente es esencial en el funcionamiento del sistema, su ausencia provoca que no exista manera de descargar el agua del tanque del control al tanque de almacenamiento de manera controlada, por lo que, se realiza el respectivo mantenimiento. En la Figura 2.10 y la Figura 2.11 se muestra el reconocimiento y el mantenimiento de la válvula respectivamente.



Figura 2.10. Reconocimiento de la válvula de control de nivel



Figura 2.11. Mantenimiento de la válvula de control de nivel

2.2 Planos esquemáticos

Planos eléctricos

Los diagramas eléctricos indican las conexiones tanto del sistema de control como del sistema de alimentación de la planta, incluyendo las conexiones necesarias entre el tablero de control de la planta, el PLC, la fuente DC (propia del módulo PLC) y la fuente de alimentación AC. En el Anexo III lámina 1 se encuentran los planos eléctricos del sistema. En el Anexo III lámina 3 se encuentra los planos con las conexiones eléctricas del sistema.

Planos mecánicos

En los planos mecánicos se muestra la estructura implementada para la planta de control de nivel, así como la distribución de las tuberías y la disposición de cada elemento que forma parte del sistema. En el Anexo III lámina 2 se encuentran los planos mecánicos del sistema.

Diagrama P&ID

El diagrama P&ID de la planta cumple con la Norma ISA S5.1, donde se indica la ubicación de cada elemento de la planta junto con su correspondiente código, símbolo o nomenclatura establecidos por la normativa. En el Anexo IV lámina 1 se encuentra el diagrama P&ID.

2.3 Componentes que conforman el sistema

Los componentes que conforman la planta de nivel se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Componentes de la planta de control de nivel por presión hidrostática

Componente	Nombre	Descripción
	Flotador sensor de nivel	Divisa el nivel del líquido acumulado en el depósito
	Llave de paso	Permite el paso del agua de la válvula de control de nivel hasta el depósito
	Bomba periférica de agua	Ingresa agua a presión en el sistema.
	Válvula de control de nivel	Regula el paso del agua a través de presión hidrostática, en un solo sentido, impidiendo el contraflujo.

Componente	Nombre	Descripción
	Sensor de presión piezoeléctrico	Mide la presión hidrostática del sistema, transforma la señal analógica en corriente y envía la información al PLC.
	Guardamotor	Brinda la posibilidad de protección contra sobrecargas, cortocircuitos, además de arrancar o detener el motor manualmente.
	Tuberías de PVC de 1"	Instrumentos por donde circula el fluido a través del sistema.
	Uniones universales	Acoplan las tuberías PVC por los fragmentos que no son continuas.

Componente	Nombre	Descripción
	Luces de Indicación	Componente que indica el nivel por el que está pasando el fluido (Nivel Bajo, Nivel Medio, Nivel Alto).
	Electroválvula	Permite abrir o cerrar el paso del aire en un sistema de manera precisa y controlada.

Los componentes que fue necesario dar mantenimiento o reemplazar por defectos son los siguientes:

Válvula de control de nivel

Antes de poner en marcha la planta de control de nivel, se realizan pruebas para verificar su funcionamiento. Durante estas pruebas, se identifica un problema potencial con la válvula de control de nivel instalada en la planta, la cual debería permitir el paso del agua para ir al tanque de almacenamiento, ésta no desfogaba el fluido de trabajo por una posible falla.

Para diagnosticar el problema y encontrar una solución, se decide retirar la válvula (ver la Figura 2.12) de la línea de tuberías de la planta.



Figura 2.12. Válvula de control de nivel

Una vez que la válvula ha sido desmontada se procede a inspeccionar los conductos para verificar si se encuentran bloqueados. Después de esta inspección inicial, se manipula la válvula para identificar la causa exacta de su funcionamiento incorrecto, encontrando que las compuertas por donde pasa el fluido de trabajo están completamente oxidadas, esto provoca su taponamiento y mala eficiencia de trabajo.

Para resolver este problema, se desarma la válvula con un alicate de presión para girar cuidadosamente las tuercas del cabezal, posteriormente se retira la membrana sin causar daños en su integridad, finalmente se limpian los canales por donde pasa el fluido de trabajo con gasolina, de esa manera se liberan las compuertas de paso. Este proceso se muestra en la Figura 2.13.



Figura 2.13. Desmontar válvula de control de nivel

Para completar la eliminación del óxido del interior de la válvula, se pone en marcha la planta para limpiar cualquier residuo.

Finalmente, se aplica cinta teflón en las roscas de las tuberías y se aprieta firmemente con una llave de tubo para prevenir fugas de agua debido al normal funcionamiento de la planta. Este proceso se muestra en la Figura 2.14.



Figura 2.14. Colocación de la cinta teflón y ajuste de la tubería

Bomba periférica

Parte fundamental de la planta es la bomba periférica clase B, donde su función es extraer agua del tanque de almacenamiento, sin embargo, al momento de poner en marcha la planta, la bomba no fue capaz de reaccionar a las ordenes que enviaba el controlador PLC.

Para diagnosticar el problema y encontrar una solución, se decide retirar la bomba (ver la Figura 2.15) del sistema.



Figura 2.15. Bomba anterior desmontada

Una vez que la bomba ha sido desmontada, se procede a desmontar las piezas que conforman el componente. Después de esta inspección inicial, se llegó a la conclusión de que los álabes de la bomba están rotos (ver la Figura 2.16) y en malas condiciones por el tiempo que no ha recibido mantenimiento. Por lo tanto, se reemplazó la bomba con una de características similares.



Figura 2.16. Ábabe en mal estado

Sensor Tipo Boya

Uno de los métodos de protección para la planta de nivel son los sensores tipo boya, que operan como interruptores para evitar que el fluido desborde por el tanque de control o que la bomba trabaje con menor cantidad de agua de la que necesita.

En el instante que se puso en marcha a la planta, el sensor tipo boya del tanque de almacenamiento no funcionaba correctamente, esto se debe a que el algoritmo de control desarrollado contempla el correcto funcionamiento de los flotadores tanto superior en el tanque de control como el inferior en el tanque de almacenamiento.

La solución otorgada a este problema era retirarlo del tanque (ver la Figura 2.17) y comprobar si el sensor tiene continuidad, en este caso el sensor por el paso del tiempo y la falta de mantenimiento provocó que la aleta se desprendiera del cuerpo del sensor (ver la Figura 2.18).



Figura 2.17. Tanque de almacenamiento sin el sensor tipo boya



Figura 2.18. Sensor tipo boya desmontado

Transmisor de presión

Parte fundamental de la planta de nivel es el transmisor de presión (ver Figura 2.19), envía una señal de corriente de 4 a 20 [mA], sin embargo, el PLC que se encuentra en el Laboratorio de Tecnología Industrial (LTI) no tiene la capacidad de recibir dicha señal sino una de voltaje, por lo que, en el gabinete de control se encuentra una resistencia en serie que permite la transformación de corriente a voltaje, esta última es recibida y leída por el PLC (ver Figura 2.20). [7]



Figura 2.19. Transmisor de presión de la planta

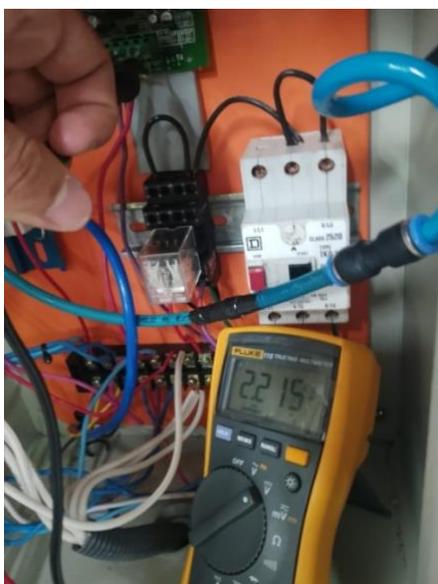


Figura 2.20. Conversión de corriente [mA] a [V]

Se debe transformar la señal de voltaje en unidades de procesamiento (unidades crudas) con el objetivo de que la señal sea leída y procesada por el PLC, este a su vez normaliza y escala la variable de proceso. La conversión realizada contempla la altura máxima y mínima a la que podrá llegar el fluido de trabajo en el tanque de control. Se tiene la siguiente información después de medir el voltaje de salida del transmisor.

Datos:

Nivel mínimo: 2.4[V] a 3 [cm]

Nivel máximo: 6[V] a 36[cm]

10[V] = 27648[up]

Por lo tanto, según las Ecuaciones 3.1 y 3.2 se obtiene:

$$u_p = \frac{2.4V * 27648up}{10V} = 6590up$$

Ecuación 3.1. Cálculo de las unidades de procesamiento nivel mínimo

$$u_p = \frac{6V * 27648up}{10V} = 16902up$$

Ecuación 3.2. Cálculo de las unidades de procesamiento nivel máximo

Finalmente, con los datos obtenidos se procede a normalizar y escalar la señal de entrada, como se muestra en la Figura 2.21.

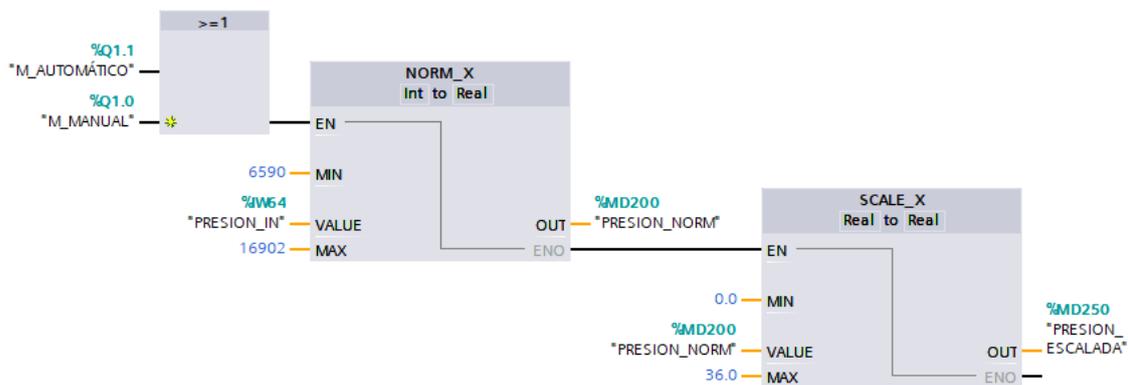


Figura 2.21. Escalamiento de la señal analógica

2.4 Algoritmo de control e interfaz humano máquina

Tras concluir el mantenimiento de los componentes físicos de la planta, se procede a desarrollar el algoritmo de control que permitirá operar la planta mediante un PLC y la interfaz humano máquina (HMI). Este paso es fundamental para realizar las pruebas necesarias y evaluar si la planta está lista para su funcionamiento o si necesita ajustes adicionales.

Para este propósito, se empleará el *software* TIA Portal V15, dado que en el Laboratorio LTI de la ESFOT se utilizan los PLC modelo S7-1200 de Siemens.

Algoritmo de control

Como su nombre lo indica, permite el control de la planta de forma Manual o Automática.

- **Modo Manual:** Se emplean dispositivos de control tanto locales como remotos que activan la bomba y la electroválvula de control de nivel para liberar agua en el tanque de control o al tanque de almacenamiento, y que también detiene el sistema de inmediato cuando se presión el botón de paro.
- **Modo Automático:** Se ingresa un valor de referencia o *set point* de nivel en centímetros, que debe estar dentro de un rango seguro y válido, específicamente entre 3 [cm] y 36[cm]. El sistema debe alcanzar y mantener este valor de nivel dentro de una banda de histéresis o seguridad de ± 0.8 [cm]. En el caso de ingresar un valor incorrecto, el sistema se bloqueará y mostrar un mensaje “FUERA DE RANGO Trabajar en un rango de 3 a 36 [cm]. Además, el sistema debe mantener el nivel incluso cuando se generan pequeñas descargas de agua a través de la válvula de control de nivel.

En el Anexo V se encuentra el diagrama de flujo del algoritmo de control desarrollado. En el Anexo VI se muestra el Algoritmo de control y la Tabla de variables estándar para el desarrollo del algoritmo de control.

Antes de proceder con el desarrollo de la interfaz humano máquina, es necesario indicar las entradas y salidas físicas que se utilizan en el algoritmo de control para la planta de nivel. Esta información es detallada en la Tabla 2.2 y Figura 2.22.

Tabla 2.2. Entradas y salidas digitales y analógicas del PLC

Nombre	Tipo de variable	Dirección	Descripción
Bomba	Bool	%Q0.1	Señal de salida para la bomba
Electroválvula	Bool	%Q0.0	Señal de salida para la electroválvula
PRESION_IN	Word	%IW64	Señal de entrada del transmisor de presión
FLOTADOR_BAJ	Bool	%I8.6	Sensor de nivel BAJO
FLOTADOR_SUP	Bool	%I8.7	Sensor de nivel ALTO
LLENAR	Bool	%I0.1	Pulsador de arranque de bomba
VACIAR	Bool	%I0.0	Pulsador de arranque de electroválvula

Nombre	Tipo de variable	Dirección	Descripción
PARO_EMERG	Bool	%I0.2	Pulsador de paro de emergencia

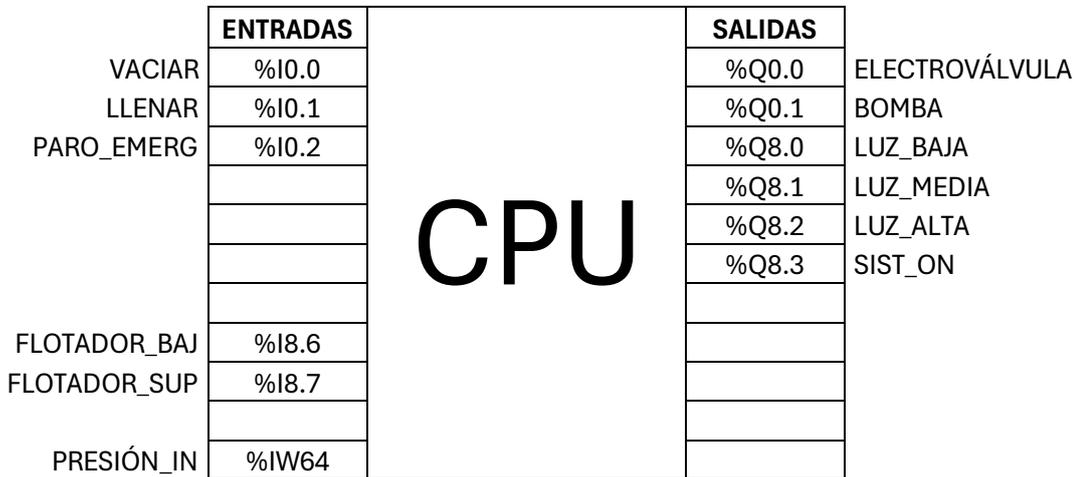


Figura 2.22. Diagrama de entradas y salidas PLC

Interfaz Humano Máquina

Para diseñar la Interfaz Humano Máquina (HMI), se utiliza el *software* WinCC Runtime en conjunto con el *software* TIA Portal V15. Este *software* permite desarrollar una o varias ventanas que incluyen gráficos y controles relacionados con el sistema, facilitando así el control, monitoreo y supervisión remota de la planta de control de nivel. [8]

Es importante destacar que el diseño de la HMI debe cumplir con normas específicas de diseño, como la norma IEC 1082-1 y la norma ANSI/ISA-S5.5-1985, que regulan el uso de colores y simbología gráfica, así como la norma ISA S5.1, que refiere al uso de diagramas P&ID.

La HMI desarrollada para la planta de control de nivel por presión hidrostática consiste en una ventana principal o de inicio. Esta ventana muestra el diagrama de la planta junto con un menú de selección que incluyen botones para navegar entre ventanas (modo manual, modo automático y curvas características de operación). Además, se incluye un botón de “*Stop Runtime*”. Esta información se resalta en la Figura 2.23.

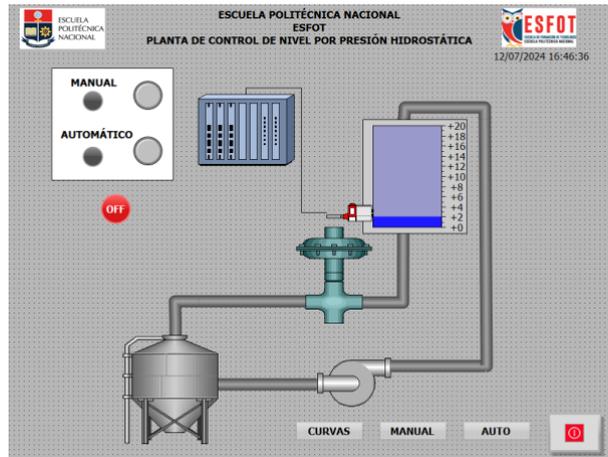


Figura 2.23. Ventana de inicio

La primera ventana presenta la operación del modo manual, incluyendo botones para apagar (OFF) y para detener el sistema (PARO), así como para controlar la bomba y la válvula de nivel (LLENAR y VACIAR), además, se tienen opciones de operación para controlar el nivel del tanque (NIVEL ALTO, NIVEL MEDIO y NIVEL BAJO). También se incluye un botón de Paro de Emergencia, botones para volver a la PANTALLA DE INICIO y otro para acceder a la pantalla de CURVAS PV(t). La pantalla cuenta con luces indicadoras que muestran el estado del nivel, así como el registro de la variable de proceso (PV). En la Figura 2.24 se visualiza la pantalla en modo de trabajo MANUAL.

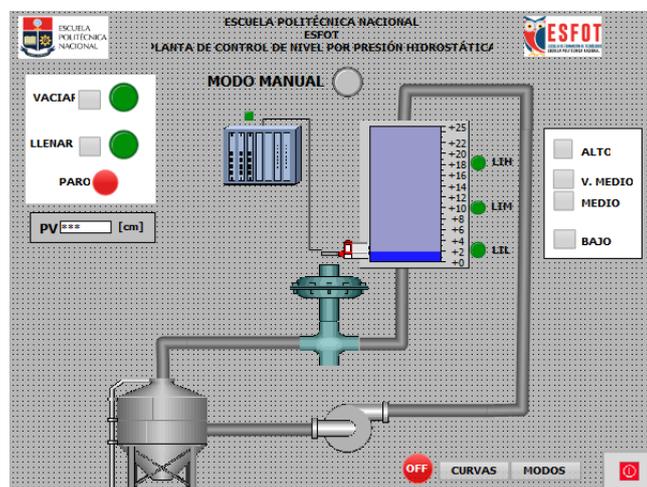


Figura 2.24. Ventana modo (Manual)

La segunda ventana define el funcionamiento del modo automático. En esta ventana se incluyen botones para activar (ARRANQUE), parar sistema (PARO), apagar (OFF) el modo automático. También se encuentra un bloque de entrada para ingresar el SET POINT, junto con un mensaje de "FUERA DE RANGO" si se introduce un valor incorrecto. Además, están presentes el botón de Paro de Emergencia y botones de navegación para volver a la

PANTALLA DE INICIO y otro para acceder a la pantalla de CURVAS PV(t). Las luces indicadoras de nivel, así como el registro de la variable de proceso (PV), también son visibles en esta pantalla. Estos elementos están ilustrados en la Figura 2.25.

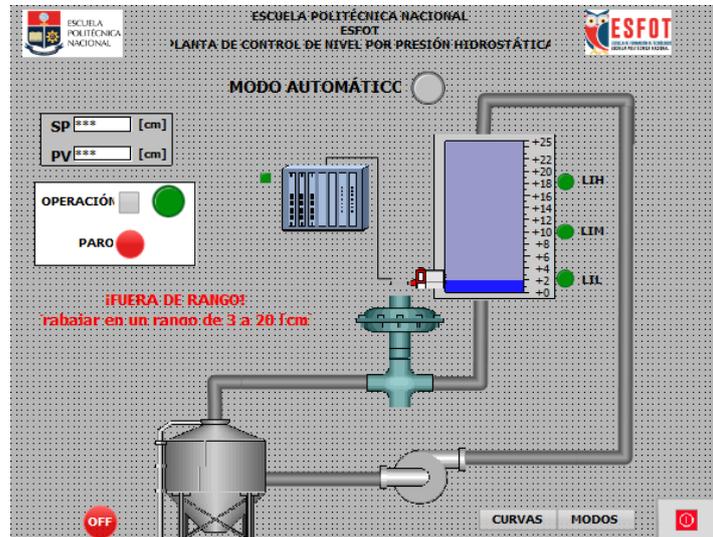


Figura 2.25. Ventana modo (Automático)

Finalmente, se tiene una tercera ventana que presenta la gráfica PV(t) en tiempo real, donde se observa el comportamiento de la variable de proceso. Este gráfico muestra los rangos de histéresis tanto superior como inferior, los cuales varían según se activa manual o automáticamente la bomba o la válvula. En esta pantalla se mantienen botones para volver al modo de trabajo seleccionado de MANUAL, AUTOMÁTICO o se quiera retornar a la PANTALLA DE INICIO. En la Figura 2.26 se muestra la ventana.

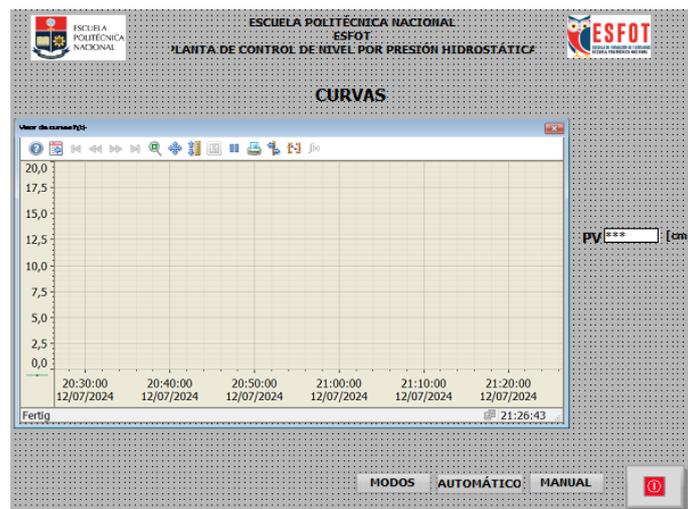


Figura 2.26. Pantalla de curvas

3 RESULTADOS

3.1 Pruebas de funcionamiento

Al finalizar con los objetivos planteados para la repotenciación de la planta de control de nivel por presión hidrostática se realizan pruebas de funcionamiento, en estas, se comprueba el correcto funcionamiento de la planta y así demostrar si los requerimientos para dicho funcionamiento se cumplen o es necesario ejecutar correcciones. En la Figura 3.1 se observa la Planta de Control de Nivel por Presión Hidrostática.



Figura 3.1. Planta Repotenciada de Nivel

Pruebas de conductividad

Para la prueba de conductividad se procede a la medición de continuidad en los terminales que forman parte del circuito de control de la planta.

Se comprueba conductividad en las líneas L1 y N que corresponden a la bomba periférica y la electroválvula. Esta prueba es realizada por partes, debido a que se evidencie que exista continuidad a lo largo de las líneas y además accionando al relé y electroválvula para verificar que cumplan su función. Este procedimiento se muestra en la Figura 3.2.



Figura 3.2. Prueba de conductividad en la bomba y electroválvula

Luego, se energiza el circuito y se comprueba que la luz indicadora roja se mantenga encendida mientras el sistema esté operativo. Este procedimiento se muestra en la Figura 3.3.



Figura 3.3. Sistema encendido

Detección de fugas

Para el correcto funcionamiento de la planta, se necesita que no existan fugas por las tuberías en las que está circulando el fluido. Así, se realizan las pruebas de funcionamiento, comprobando porque sitios existen filtraciones de agua. Este procedimiento se muestra en la Figura 3.4.



Figura 3.4. Detección de fugas

Pruebas de conexión con el PLC

Una vez realizadas las pruebas de conductividad y detección de fugas se realizan las respectivas conexiones de la planta con el PLC S7-1200 de Siemens, mediante el *software* TIA Portal V15. Este procedimiento se muestra en la Figura 3.5.



Figura 3.5. Conexión de la planta con el PLC

Después de realizar las conexiones físicas, se carga el programa desarrollado en el PLC S7-1200 y se inicia la pantalla HMI PLC System, como se muestra en los siguientes pasos.

Primero, se asigna una dirección IP al computador que sea distinta a la del PLC pero que se encuentre en la misma red. Este procedimiento se muestra en la Figura 3.6.

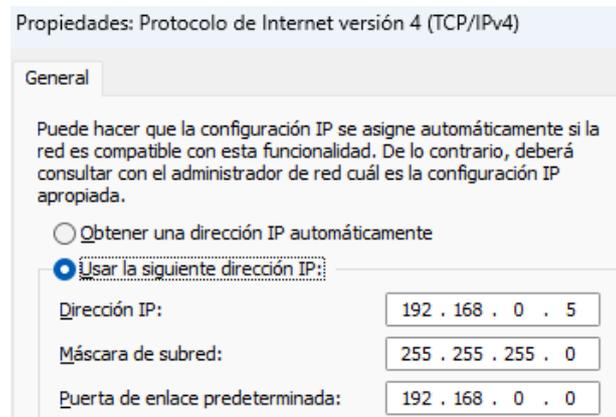


Figura 3.6. Dirección IP de la computadora

Luego, se asigna dicha dirección IP a la HMI PC System que está usando el computador y se asigna la dirección IP al PLC S7-1200. Una vez ejecutado este procedimiento, se realiza la conexión de red y verifica que los dispositivos interconectados tengan direcciones IP distintas dentro de la misma red. Este procedimiento se muestra en la Figura 3.7.

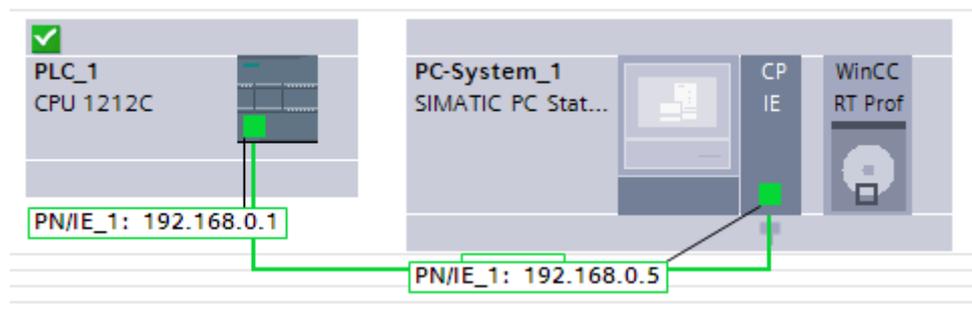


Figura 3.7. Conexión en red de PLC S7-1200 y HMI PC System

Posteriormente, se verifica que exista conexión entre la computadora y el PLC como se muestra en la Figura 3.8, luego, se compila el algoritmo de control y se carga en el PLC. Posteriormente, se activa la pestaña de visualización para comprobar que esté cargado correctamente como se evidencia en la Figura 3.9.

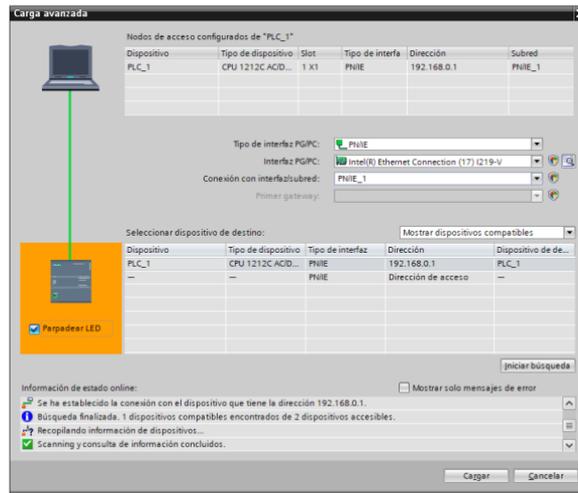


Figura 3.8. Compilación y carga del algoritmo al PLC

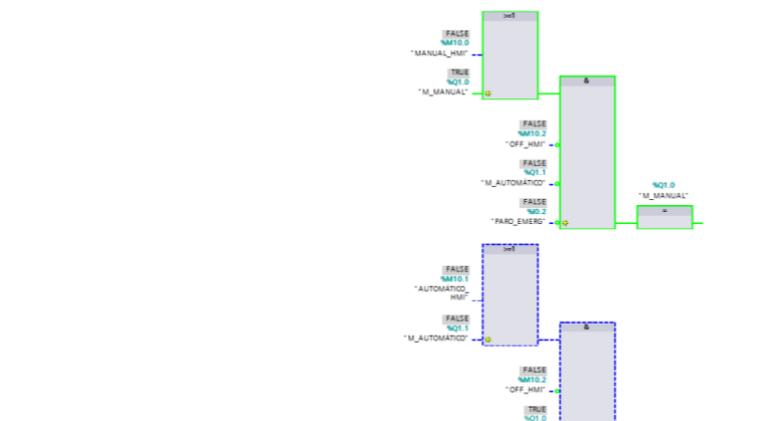


Figura 3.9. Comprobación de conexión con el PLC y observación activada

Finalmente, se compila y se carga la imagen que corresponde a la pantalla HMI y se inicia la simulación de la pantalla. Este procedimiento se muestra en la Figura 3.10 y Figura 3.11.

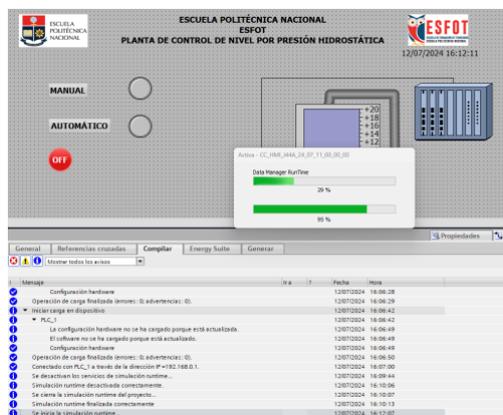


Figura 3.10. Compilación y arranque de la HMI

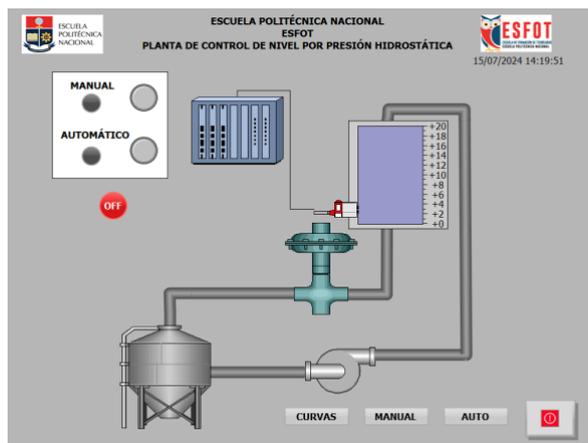


Figura 3.11. Pantalla de inicio de la simulación de la HMI

Prueba de control de nivel en modo manual

Para operar en modo manual, el usuario debe presionar el botón MANUAL, éste, se encuentra en la pantalla principal de la HMI. Una vez seleccionado el modo, el sistema está listo para operar de esta manera, así, se puede controlar la bomba o la electroválvula presionando los botones de: LLENAR, VACIAR, N. BAJO, N. MEDIO, N. ALTO y V. N. MEDIO.

Al presionar el botón LLENAR, se activa la bomba en el proceso y en la HMI (activación en color verde) y se visualizan las tuberías (activación en color celeste) por donde el fluido de trabajo está moviéndose hasta el tanque de control.

La bomba también se acciona si se presiona el botón N. MEDIO o N. ALTO, el algoritmo de control está diseñado para que dicho componente se apague automáticamente una vez llegue a la medida previamente seleccionada que determina el nivel elegido. Este procedimiento se muestra en la Figura 3.12.

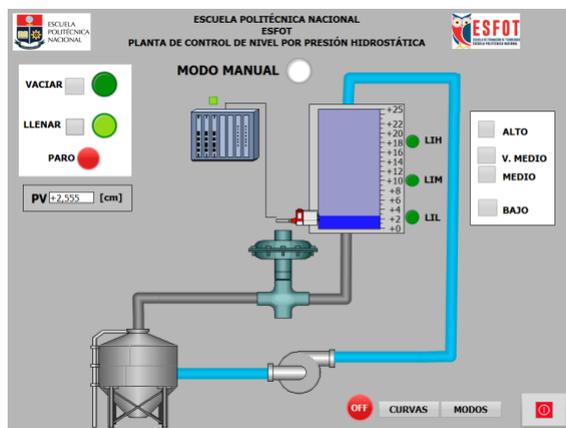


Figura 3.12. Arranque de la bomba en modo Manual

Para la prueba de la electroválvula se presiona el botón VACIAR, y se acciona la válvula de nivel juntamente con la de la interfaz (activación en color verde), de igual manera, se visualiza un color celeste en las tuberías que muestran que el fluido está siendo desechado desde el tanque de control hasta el tanque de almacenamiento. Este procedimiento se muestra en la Figura 3.13.

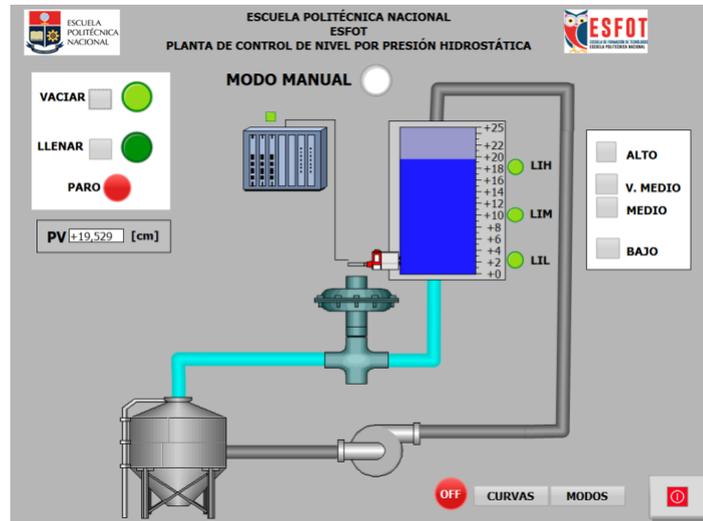


Figura 3.13. Arranque de electroválvula en modo Manual

La electroválvula también se activa mediante el botón N. BAJO o V. N. MEDIO, el algoritmo de control está diseñado para que dicho componente se apague automáticamente una vez llegue a la medida previamente seleccionada que determina el nivel elegido.

Para observar la gráfica de comportamiento de la variable de proceso junto con el *Set Point* se presiona el botón CURVAS, que, lleva al usuario a una ventana detallada mostrando en tiempo real la señal del transmisor de presión, como se muestra en la Figura 3.14.



Figura 3.14. Trend de curvas

Prueba de control de nivel en modo automático

Para operar en modo automático, el usuario debe presionar el botón AUTOMÁTICO, éste, se encuentra en la pantalla principal de la HMI.

Para este modo no existen botones que activen a la bomba o electroválvula como en el modo manual, sin embargo, se tiene un bloque de entrada donde el usuario ingresa un valor *Set Point* según el cual actúa la bomba o la electroválvula, si el usuario ingresa un valor de *Set Point* que esté fuera de rango, en la pantalla se visualizará un mensaje diciendo “FUERA DE RANGO”. Este proceso se muestra en la Figura 3.15.

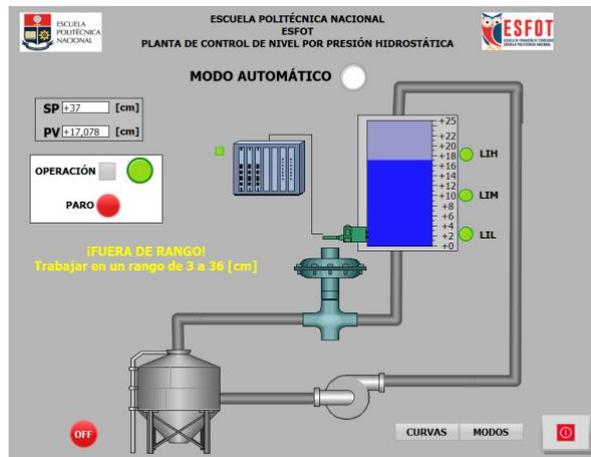


Figura 3.15 Mensaje “FUERA DE RANGO”

Para la activación de la bomba se debe ingresar un *Set Point* mayor al valor mostrado por el transmisor de presión, luego se presiona el botón de ARRANQUE y la bomba comienza a trabajar hasta cuando la variable de proceso iguala o cumple el rango de histéresis del *Set Point* (rango de ± 0.8). Este proceso se muestra en la Figura 3.16.

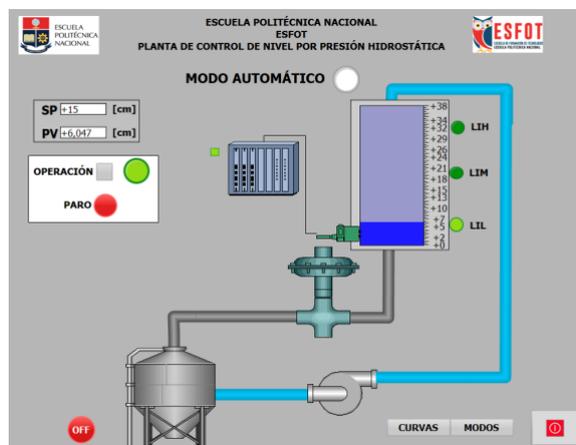


Figura 3.16 Encendido de bomba en modo Manual

Para la activación de la electroválvula se debe ingresar un *Set Point* menos al valor mostrado en el transmisor presión, luego se presiona el botón de ARRANQUE y la electroválvula comienza a trabajar hasta cuando la variable de proceso sea igual o cumpla el rango de histéresis del *Set Point* (rango de ± 0.8). Este proceso se muestra en la Figura 3.17.

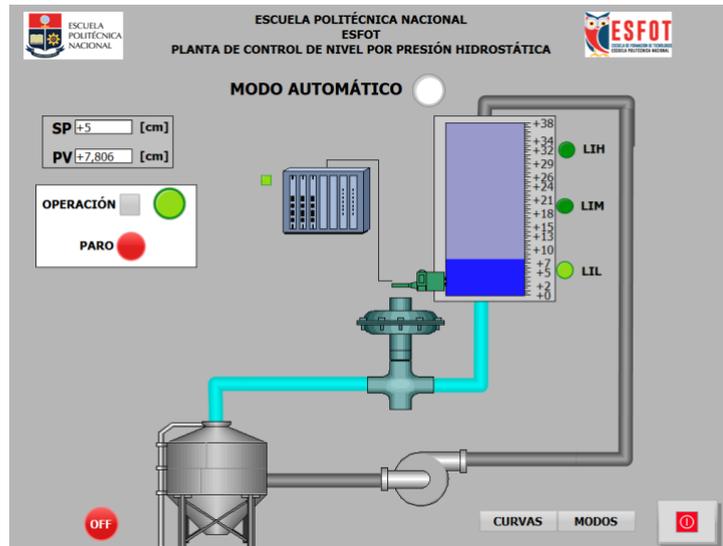


Figura 3.17 Arranque de electroválvula en modo Automático

Finalmente, se deja que la bomba o la electroválvula opere hasta que el sistema de control se apague automáticamente o se presione un botón de PARO que detendrá a la bomba o electroválvula en cualquier instante. Sin importar si el sistema está operando en modo Manual o Automático. Esto se muestra en la Figura 3.18.



Figura 3.18 Botón de paro del sistema

3.2 Manual de usuario y mantenimiento

Para observar el video “Manual de Usuario” de la Planta de Control de Nivel por Presión Hidrostática. Escanear el código QR que se muestra en la Figura 3.19 o ingresar al link adjunto.



Figura 3.19. Código QR para Manual de Usuario

LINK: <https://youtu.be/GqMa3daylpg>

Para observar el video “Manual de Mantenimiento” de la Planta de Control de Nivel por Presión Hidrostática. Escanear el código QR que se muestra en la Figura 3.20 o ingresar al link adjunto.



Figura 3.20. Código QR para Manual de Mantenimiento

LINK: <https://youtu.be/qlKIYSxInK4>

4 CONCLUSIONES

- Mediante el presente trabajo de titulación se logró cumplir con el objetivo general que corresponde a la repotenciación de la Planta de Control de Nivel por Presión Hidrostática, por lo que se han realizado actividades relacionadas al mantenimiento, reparación y sustitución de componentes. El sistema queda totalmente operativo para que los estudiantes de la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica puedan complementar sus conocimientos prácticos relacionados al control de variables físicas.
- A través de la inspección de la planta del Laboratorio de Tecnología Industrial, se observa que dicho sistema no está operativo por problemas en la válvula de nivel y en la bomba (dañada). Además, se realizó limpieza, verificación y ajustes en las tuberías, llaves de paso y en los tanques.
- Según los criterios de operación de la planta de nivel, es fundamental que el sistema sea sólido y opere de manera óptima. Por lo tanto, se revisó que los componentes cumplan con estos estándares. Además, se evaluó el desempeño del transmisor de presión piezoeléctrico, dado que es crucial para la señal del control del sistema.
- El tanque de almacenamiento de agua tiene una capacidad adecuada para cumplir las necesidades del sistema y asegurar el correcto funcionamiento de la bomba. Su capacidad garantiza que siempre exista la cantidad suficiente de agua requerida.
- Los terminales del sistema eléctrico de la planta se encuentran en excelentes condiciones y aseguran una conexión óptima tanto entre sí como con los diversos componentes de la planta. Además, están debidamente etiquetados para facilitar su identificación.
- La sustitución de la bomba y la restauración de la válvula en la planta de control de nivel resultaron ser importantes para asegurar el óptimo funcionamiento del sistema. Estas intervenciones permitieron restablecer la funcionalidad de la planta, garantizando un control adecuado del nivel de agua a través de los modos Manual y Automático.
- Los planos mecánicos y eléctricos permiten localizar cada elemento que conforma el sistema de nivel. De esa manera, se pueden realizar pruebas y diagnósticos ante una falla o mantenimiento.

- Durante el desarrollo de la repotenciación de la planta de nivel se aplicaron conocimientos de las asignaturas Control Electromecánico (conexiones de bomba y electroválvula, control físico), Control y Sistemas HMI (control remoto, escalamiento de señales analógicas, PLC's). Lo cual permite evidenciar la aplicación de los conocimientos adquiridos en la carrera de Tecnología Superior Electromecánica.
- Para el desarrollo del algoritmo de control del sistema, se utilizó lenguaje FBD, el cual permite la utilización de bloques para el manejo de señales analógicas (normalización y escalamiento de la señal del transmisor de presión), además, permite una correcta integración de la planta, el PLC y la HMI.
- La interfaz humano máquina HMI permite a los usuarios comandar la planta de forma interactiva y sencilla a través de una PC, además, permite controlar, supervisar y monitorear el proceso en tiempo real.
- Para medir el nivel de fluido en el tanque de control utilizando el transmisor de presión, es indispensable normalizar y escalar la señal que emite con la finalidad de que coincida con el rango operativo de entrada del PLC. Este rango corresponde a 0V hasta 10V, además de contar con 10 bits de resolución en el canal analógico.
- Las pruebas realizadas en el sistema de control de nivel determinan que el control (ON/OFF) actúa según los requerimientos para su correcto funcionamiento. Por lo tanto, se encuentra listo para ser utilizada en futuras prácticas en la asignatura de Control y Sistemas HMI.
- El manual de usuario y de mantenimiento proporcionan una guía detallada sobre la conexión, operación y mantenimiento de la planta de control de nivel, asegurando su correcto uso en el laboratorio.

5 RECOMENDACIONES

- La bomba periférica debe permanecer en constante mantenimiento, además, tener en cuenta que ésta no debe quedarse sin agua, esto provoca oxidación y afecta a su estructura interna a mediano y largo plazo.
- Limpiar los depósitos de la planta, tanto tanque de almacenamiento como tanque de control, una vez a la semana para evitar la acumulación de sedimentos, basura u objetos pequeños en los elementos que conforman la planta.
- Para que el sistema mantenga su vida útil, es necesario realizar un chequeo de las conexiones que se realizaron para este módulo, es decir, prueba de continuidad, reajuste de bornes, con la intención de evitar cortocircuitos, falsos contactos, etc.
- Realizar un chequeo a los sensores tipo boya del sistema, ya que estos son dispositivos de seguridad para evitar que la bomba trabaje con aire, y en el tanque de control se desborde el agua. Además, si alguno de estos no funciona, el sistema no encenderá.
- Es importante ajustar el cuello de la válvula de nivel para evitar fugas de agua desde el tanque de control. Con ello se obtiene un comportamiento adecuado de la variable de proceso (nivel) en relación con la banda de histéresis establecida de ± 0.8 [cm].
- Para el escalamiento de la señal analógica, se recomienda instalar una resistencia en serie a la salida del transmisor (el transmisor de presión envía una señal de corriente en mA), para obtener un voltaje equivalente, ya que el PLC S7-1200 del laboratorio acepta señales analógicas tipo voltaje.
- En el algoritmo de control se recomienda realizar todo tipo de interbloqueos, por temas de seguridad tanto de los usuarios como de los dispositivos, esto hace referencia al encendido de los actuadores, selección de modos de funcionamiento, desborde de agua en los tanques, pulsadores de accionamiento, etc.
- La interfaz humano máquina debe ser dinámica y entendible para cualquier tipo de usuario, por lo tanto, se recomienda no saturar las pantallas con imágenes o textos que no aporten valor explicativo a la operación del sistema. Además, cumplir con los lineamientos establecidos en las normas IEC 1082-1 y ANSI/ISA S5.5.
- Se recomienda observar los videos de Manual de Usuario y Manual de Mantenimiento antes de realizar cualquier acción en la planta, en los videos, se

visualiza a detalle el correcto arranque del sistema, conexiones, precauciones, mantenimiento y operación de esta.

- Reposicionar la tubería que descarga agua en el tanque de control, esto se debe a que, si el tanque se encuentra sin agua, al momento de llenarlo existen salpicaduras, por lo tanto, el espacio de trabajo queda mojado.
- Implementar dispositivos controladores con los que pueda funcionar la planta normalmente, sea el desarrollo de una aplicación en los dispositivos móviles para visualizar la variable de proceso o configurar un *Set Point* o añadir una pantalla táctil, de esta manera se puede controlar el sistema de forma remota además de la computadora.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Codison, «MEDICIÓN DE NIVEL», Cosin. Accedido: 13 de Junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://codisin.com/instrumentacion-4/nivel/>.
- [2] F. E. France, «Medición de nivel: sensor de nivel hidrostático» Funji Electric. Accedido: 14 de Junio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://lc.cx/Qn8dqV>.
- [3] A. Fernandez, «Transductores piezoeléctricos» Cloud Condition Monitoring, 2024. Accedido: 11 de Julio de 2024 [En línea]: <https://power-mi.com/es/content/transductores-piezoel%C3%A9ctricos>.
- [4] «Descripción de la tabla de resistencia de devanado de motores», (24 Septiembre 2022). Accedido 27 de junio de 2024 [En línea]. Disponible: <https://www.xinnuomotor.com/es/single-phase-motor-winding-resistance-chart#:~:text=Un%20motor%20monof%C3%A1sico%20consta%20de,delgados%20que%20tienen%20alta%20resistencia..>
- [5] T. Kleckers, «Cómo funciona un transductor de fuerza piezoeléctrico», HOTTINGER BRUEL Y KJAER. Accedido: 10 de Julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.hbm.com/es/7318/como-funciona-un-transductor-de-fuerza-piezoelectrico/>
- [6] *PLANTA DE CONTROL DE NIVEL POR PRESIÓN HIDROSTÁTICA*, (21 Agosto 2021). Accedido 10 de Julio de 2024 [En línea Video]. Disponible: https://www.youtube.com/watch?v=kr0vMx0aQG8&t=112s&ab_channel=Docente%3AAIa nCuenca.
- [7] Gútiez Iñigo, «Señal analógica en TIA Portal - Escalado» Programación SIEMENS. Accedido 18 de junio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://programacionsiemens.com/escalado-de-una-senal-analogica-en-tia-portal/>
- [8] «Qué es un HMI», Aula 21. Accedido 11 de junio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-hmi/>

7 ANEXOS

ANEXO I. Informe de similitud obtenido en *Turnitin*

ANEXO II. Certificación de funcionamiento del Trabajo de Integración Curricular

ANEXO III. Planos eléctrico, mecánico y conexiones eléctricas

ANEXO IV. Diagrama P&ID

ANEXO V. Diagrama de flujo

ANEXO VI. Algoritmo de control y tabla de variables estándar

ANEXO I

Yo, Alan Daniel Cuenca Sánchez, como director del presente Trabajo de Integración Curricular, certifico que el siguiente es el resultado de la evaluación de similitud realizado por la plataforma Turnitin:

Autor de la entrega:	ALEXANDER JOSUE TORRES LIMA
Título del ejercicio:	TIC 2024A
Título de la entrega:	TIC TORRES
Nombre del archivo:	TIC_TORRES.pdf
Tamaño del archivo:	2.48M
Total páginas:	42
Total de palabras:	7,652
Total de caracteres:	38,833
Fecha de entrega:	19-jul.-2024 01:20p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre...	2419270802

TIC TORRES

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

Ing. Alan Daniel Cuenca Sánchez, MSc.

DIRECTOR

ANEXO II

Certificado de funcionamiento del trabajo de integración curricular

DMQ, 19 de julio de 2024

Yo, Alan Daniel Cuenca Sánchez, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como director de este trabajo de integración curricular, certifico que he constatado el correcto funcionamiento del sistema de control de nivel realizado por el estudiante Alexander Josué Torres Lima. El proyecto cumple con los requerimientos necesarios para que cualquier usuario pueda usar el sistema.

Ing. Alan Daniel Cuenca Sánchez, MSc.

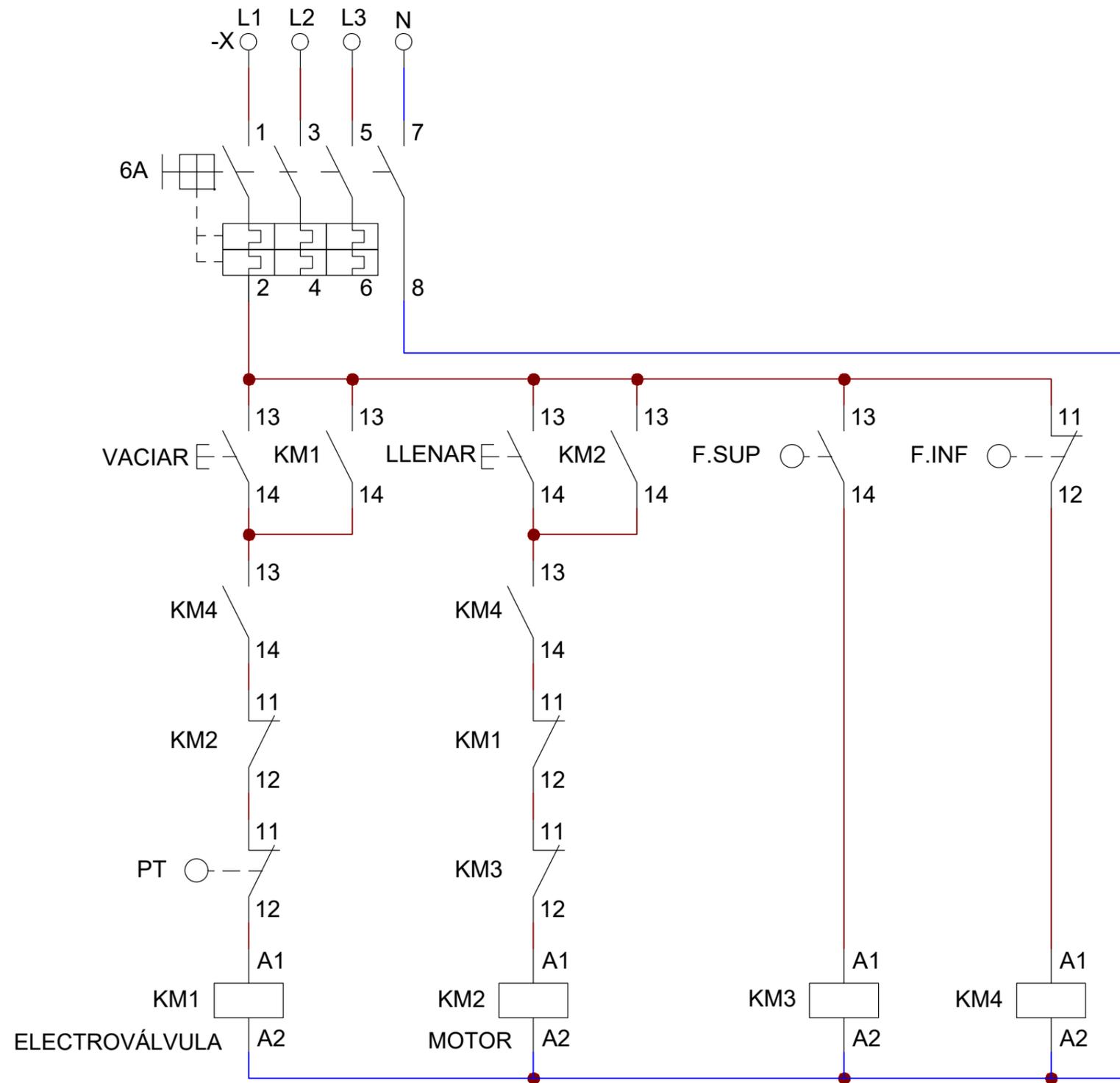
DIRECTOR

ANEXO III

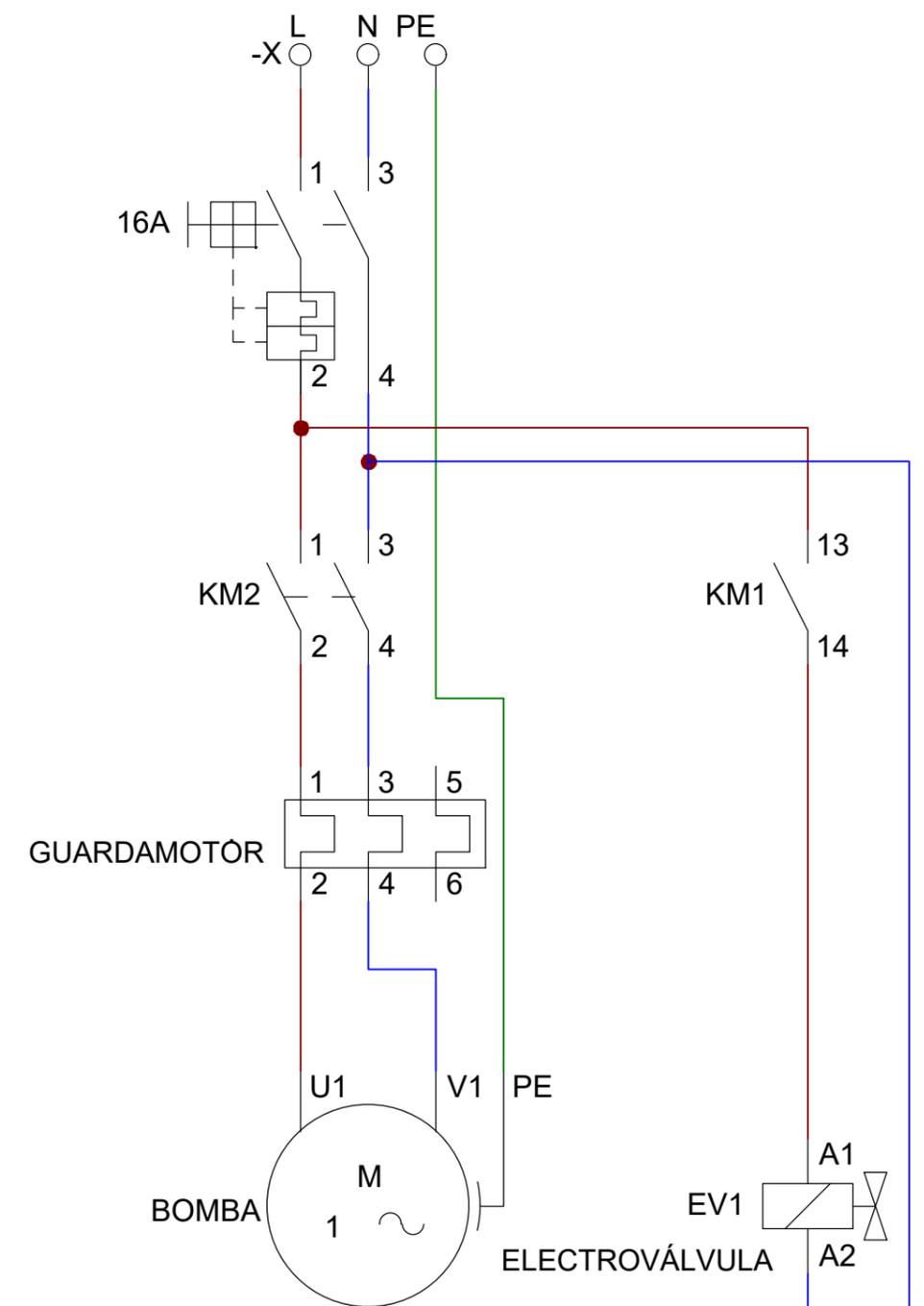
Planos eléctrico, mecánico y conexiones eléctricas.

Lámina 1: Plano eléctrico del circuito de control y potencia del sistema de control de nivel

CIRCUITO DE CONTROL



CIRCUITO DE POTENCIA



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT



Lámina 1: Plano eléctrico - Planta de Control de Nivel

DISEÑADOR: Alexander Torres

REVISOR: Ing. Alan D. Cuenca S. M. Sc.

ESCALA: 1:1

FECHA: 19 de julio del 2024

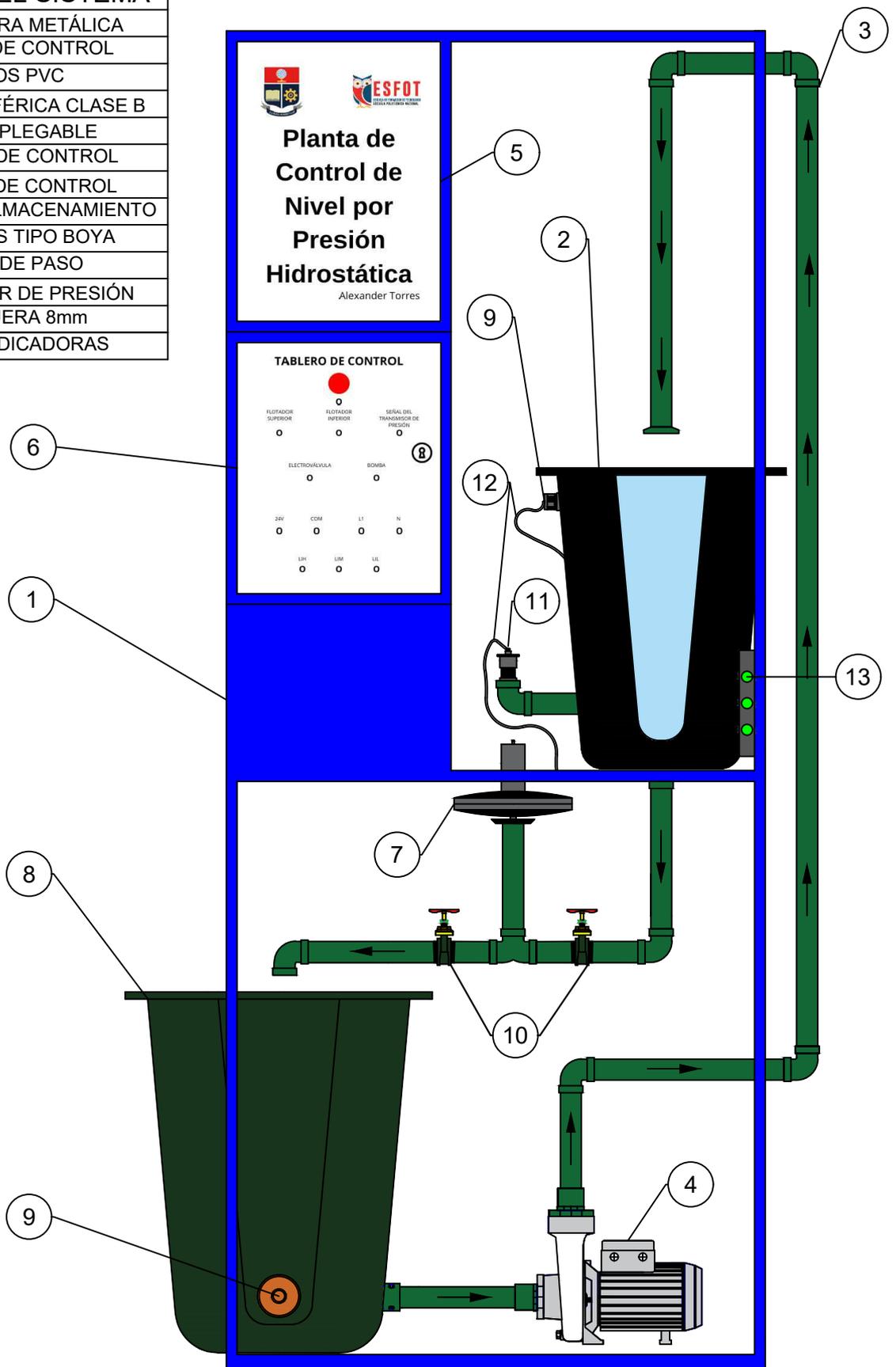
UNIDADES: mm

ANEXO: III

Lámina 2: Plano mecánico del sistema de control de nivel

ELEMENTOS DEL SISTEMA

1	ESTRUCTURA METÁLICA
2	TANQUE DE CONTROL
3	TUBOS PVC
4	BOMBA PERIFÉRICA CLASE B
5	DISEÑO PLEGABLE
6	TABLERO DE CONTROL
7	VÁLVULA DE CONTROL
8	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
9	SENSORES TIPO BOYA
10	LLAVE DE PASO
11	TRANSMISOR DE PRESIÓN
12	MANGUERA 8mm
13	LUCES INDICADORAS



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT



Lámina 2: Plano mecánico - Planta de Control de Nivel

DISEÑADOR: Alexander Torres

REVISOR: Ing. Alan D. Cuenca S.M.Sc.

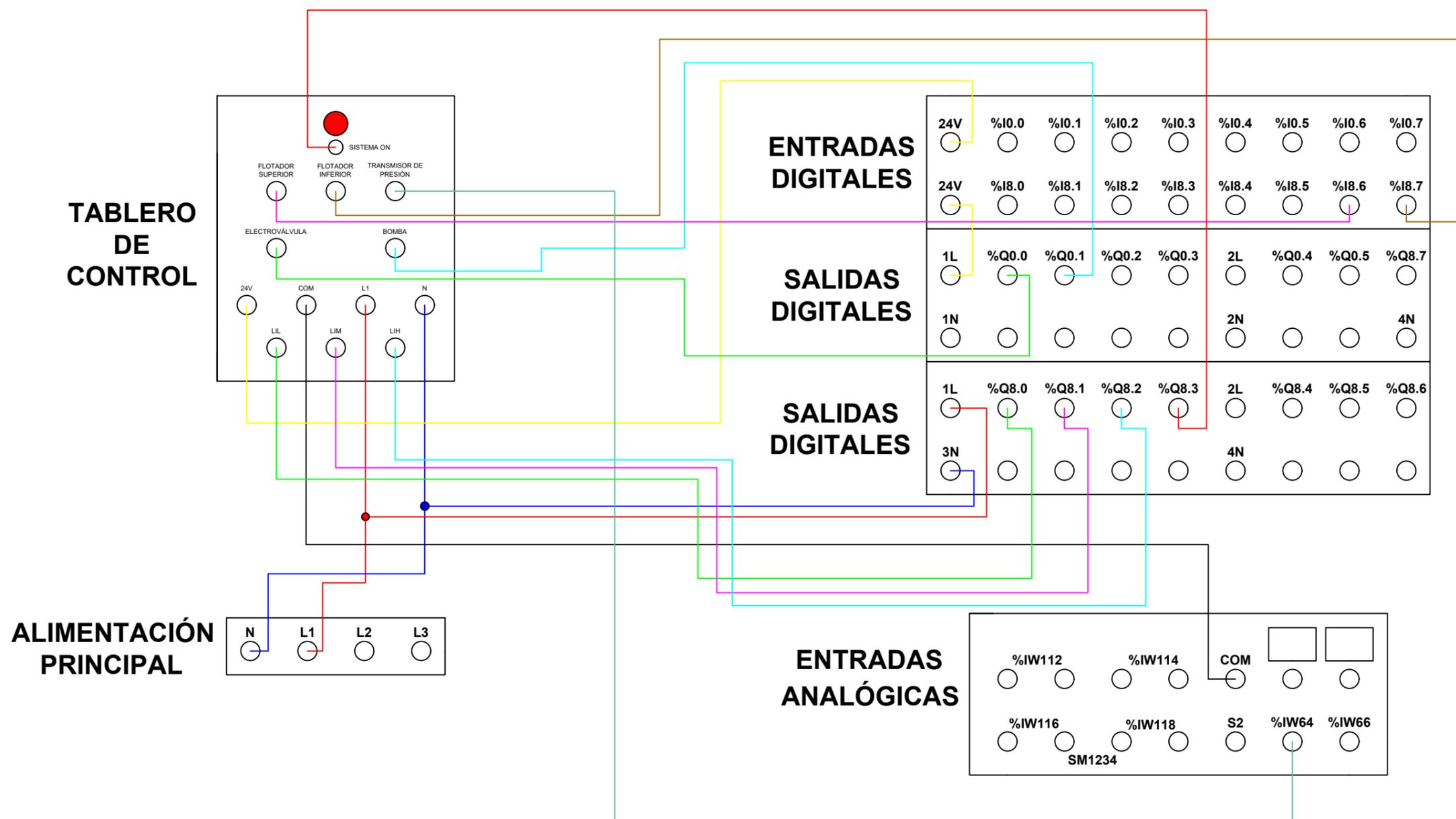
ESCALA: 1:1

FECHA: 19 de julio del 2024

UNIDADES: mm

ANEXO: III

Lámina 3: Planos de conexiones eléctricas del sistema de control de nivel con el PLC



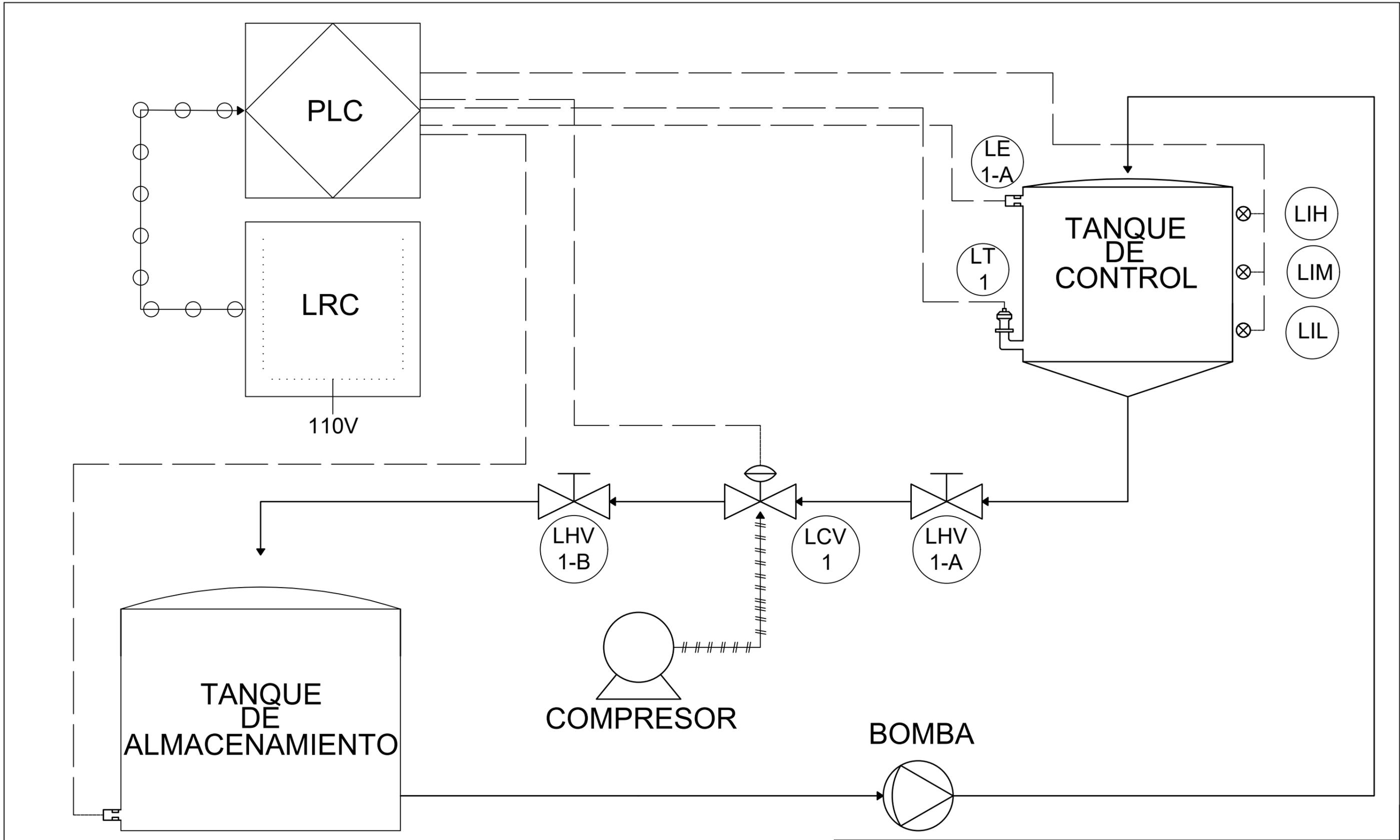
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT



<p>Lámina 3: Conexiones eléctricas - Planta de Control de Nivel</p> <p>DISEÑADOR: Alexander Torres</p> <p>REVISOR: Ing. Alan D. Cuenca S. M. Sc.</p>	<p>ESCALA: 1:1</p> <p>FECHA: 19 de julio del 2024</p>
	<p>UNIDADES: mm</p>
	<p>ANEXO: III</p>

ANEXO IV

Diagrama P&ID



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT

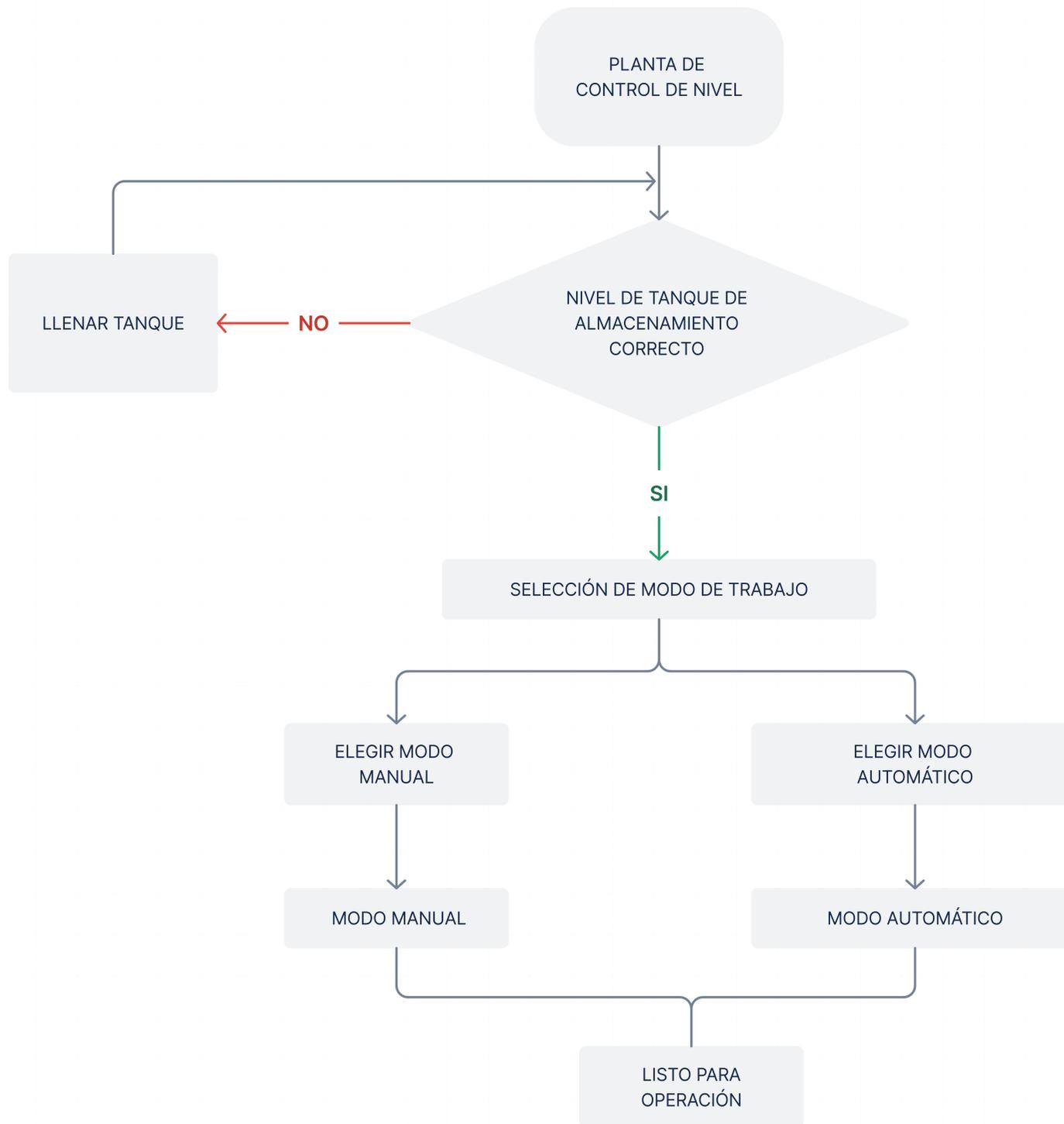


Lámina 1: Diagrama P&ID - Planta de Control de Nivel		ESCALA: 1:1
DISEÑADOR: Alexander Torres		FECHA: 19 de julio del 2024
REVISOR: Ing. Alan D. Cuenca S. M.Sc.		UNIDADES: mm
		ANEXO: IV

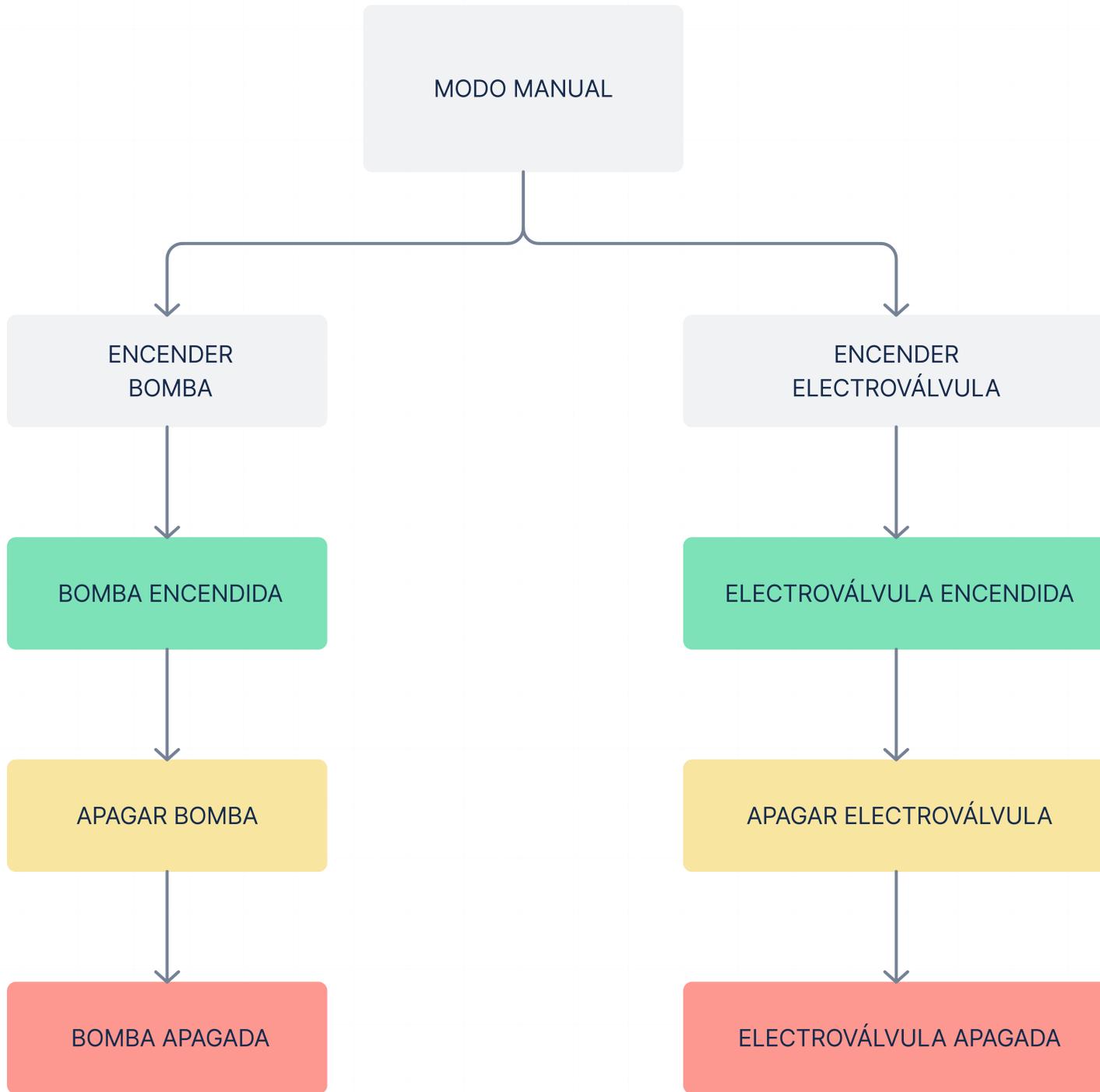
ANEXO V

Diagrama de flujo

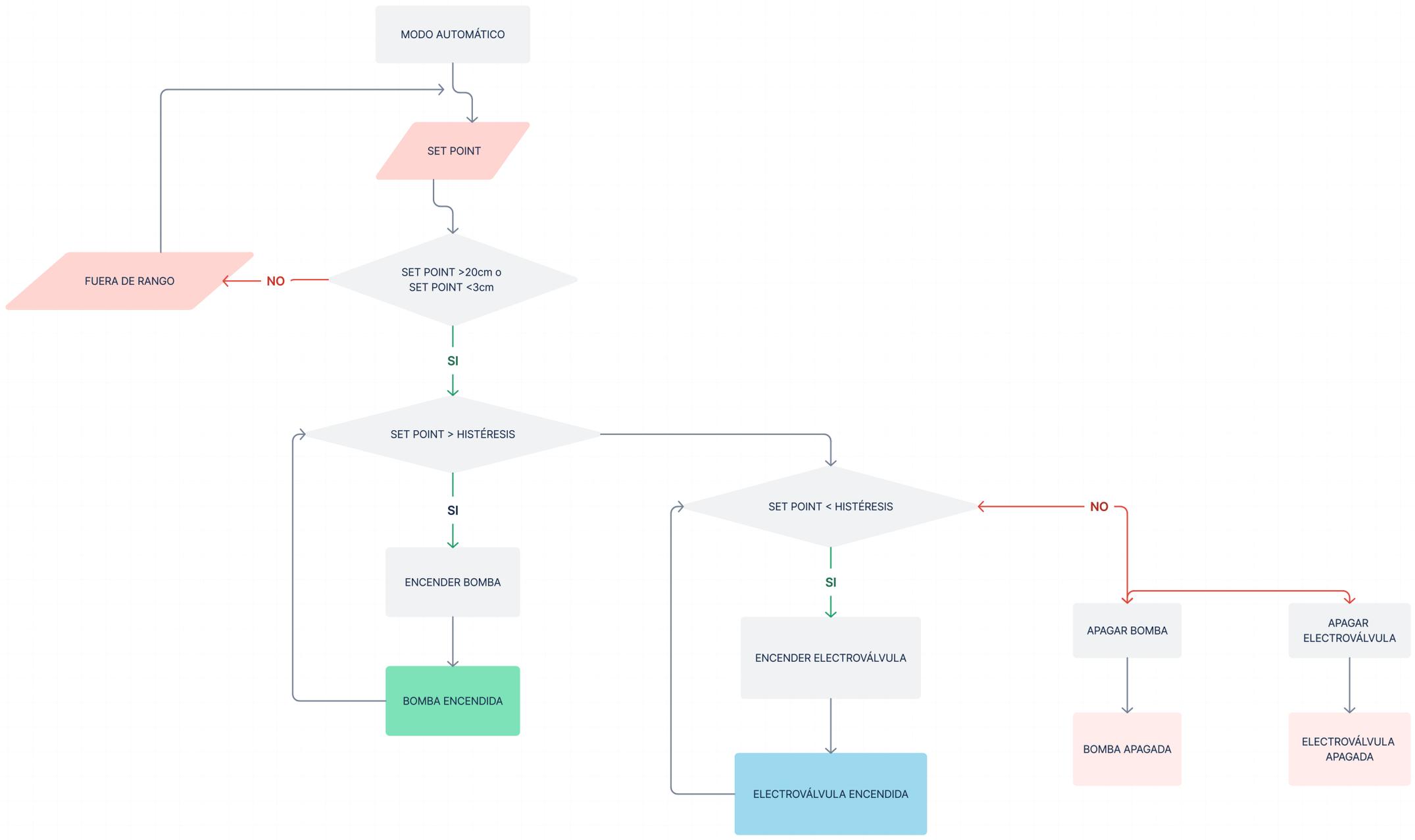
Menú de modo de trabajo



Modo Manual



Modo Automático



ANEXO VI

Algoritmo de control y tabla de variables estándar

TESIS / PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

Main_1 [OB123]

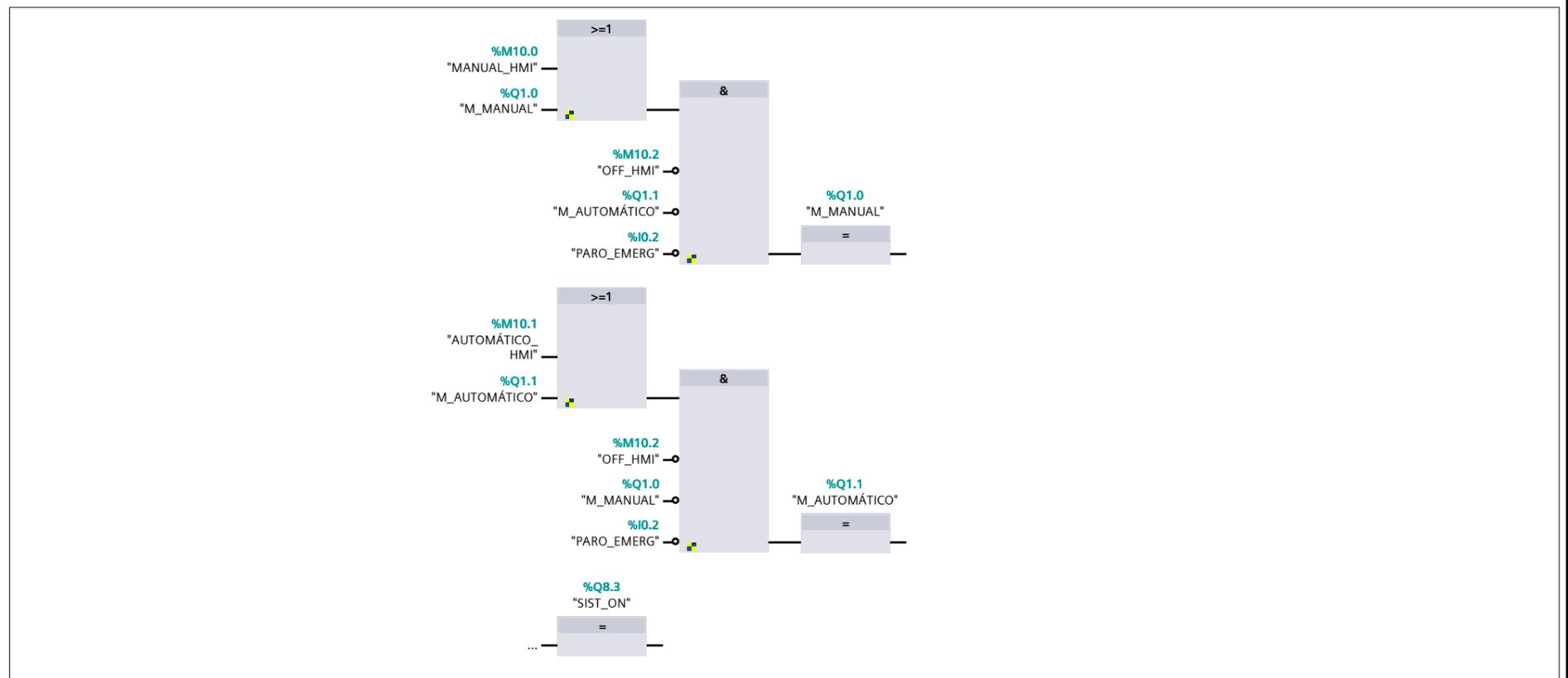
Main_1 Propiedades

General							
Nombre	Main_1	Número	123	Tipo	OB	Idioma	FUP
Numeración	Automático						
Información							
Título	PLANTA DE CONTROL DE NIVEL POR PRESIÓN HIDROSTÁTICA - ALEXANDER TORRES	Autor		Comentario	Trabajo de Integración Curricular (TIC)	Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

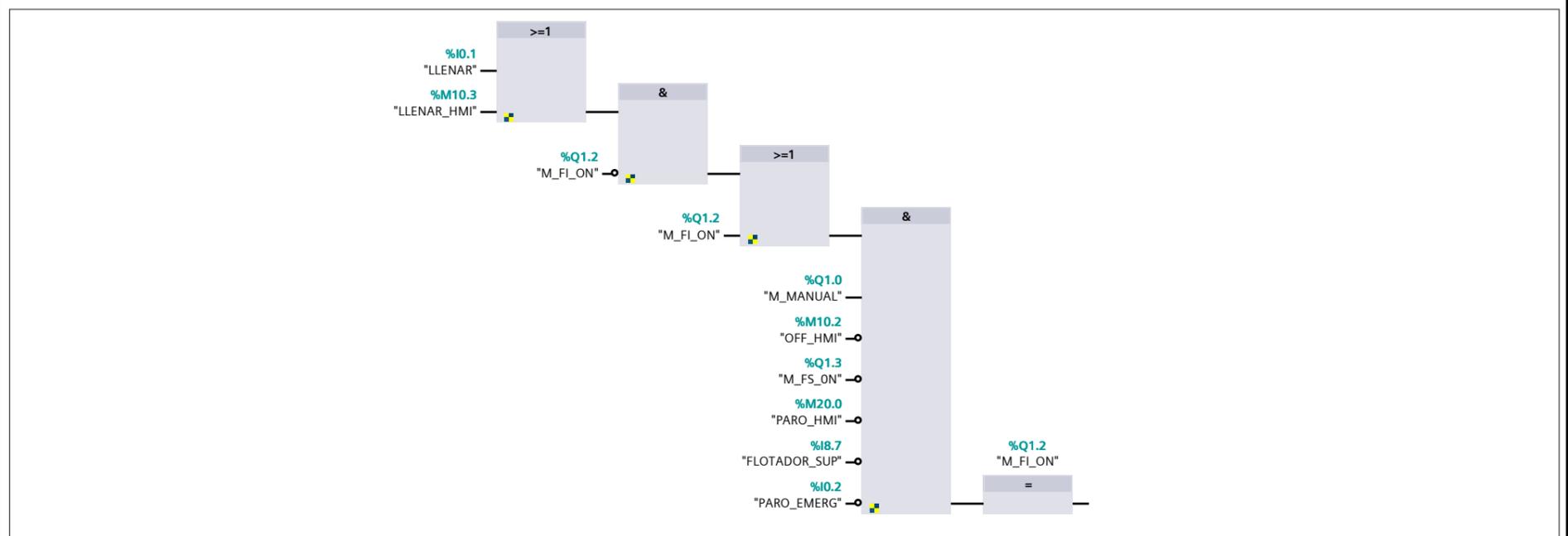
Main_1

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available
Temp			
Constant			

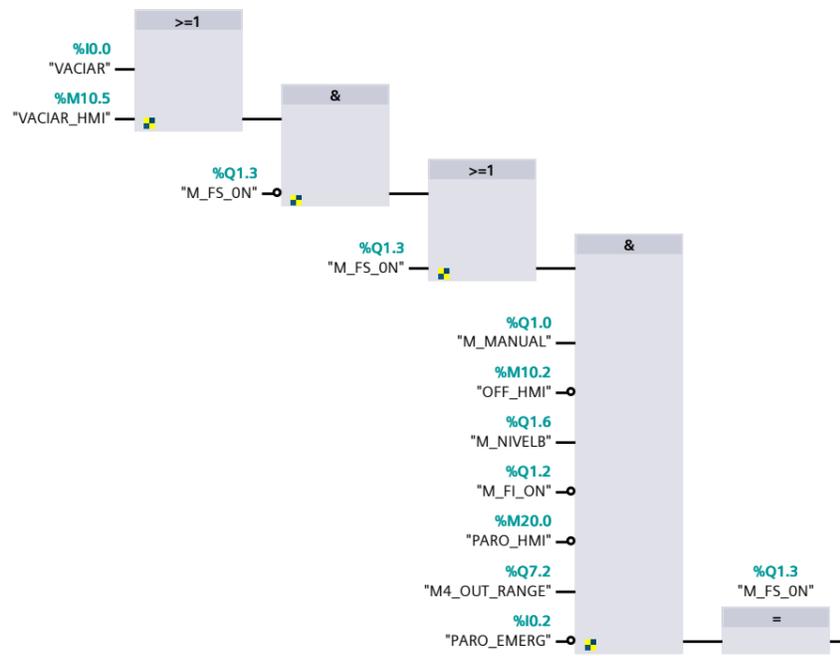
Segmento 1: MODO DE OPERACIÓN



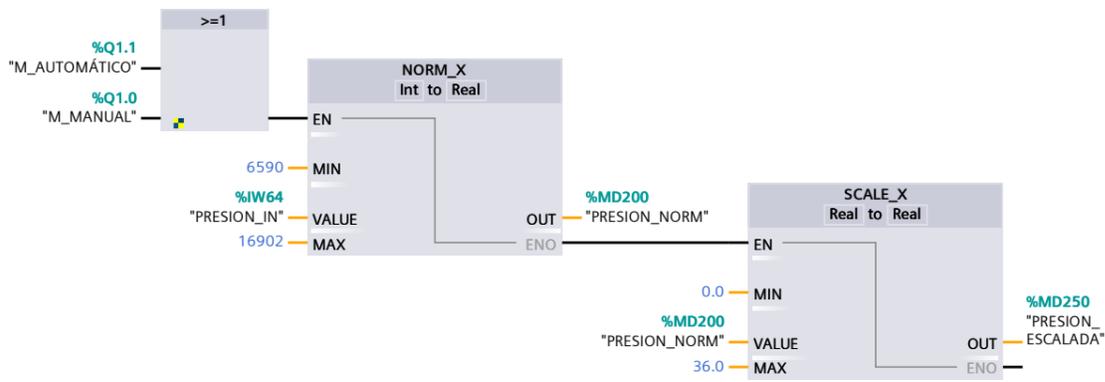
Segmento 2: MODO MANUAL, SI FI ESTÁ ENCENDIDO



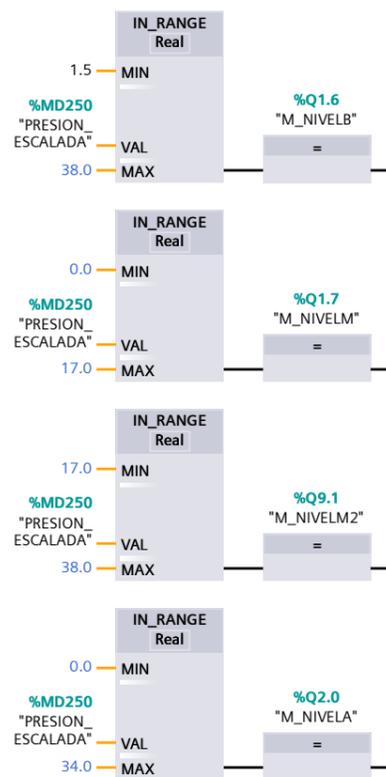
Segmento 3: MODO MANUAL, SI FS ESTÁ ENCENDIDO



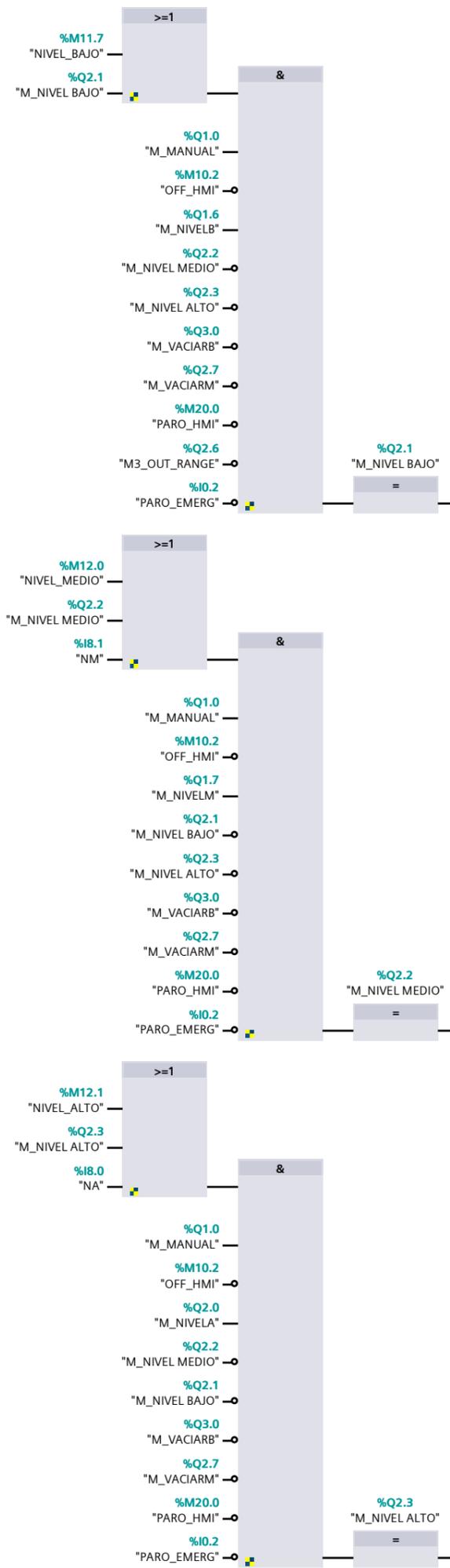
Segmento 4: ESCALAMIENTO DE SEÑAL ANALÓGICA



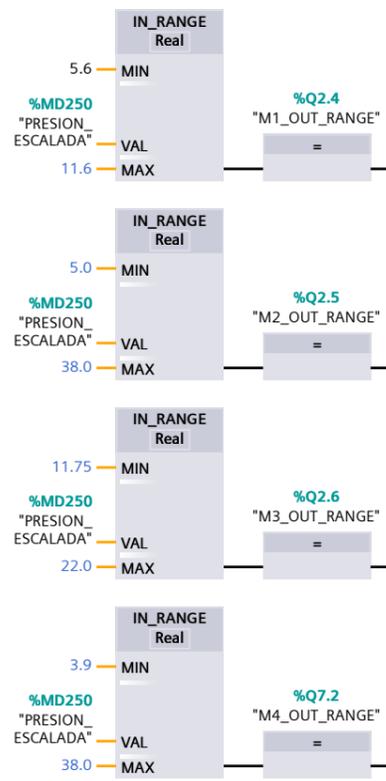
Segmento 5: MODO MANUAL (N. BAJO, N. MEDIO, N. ALTO)



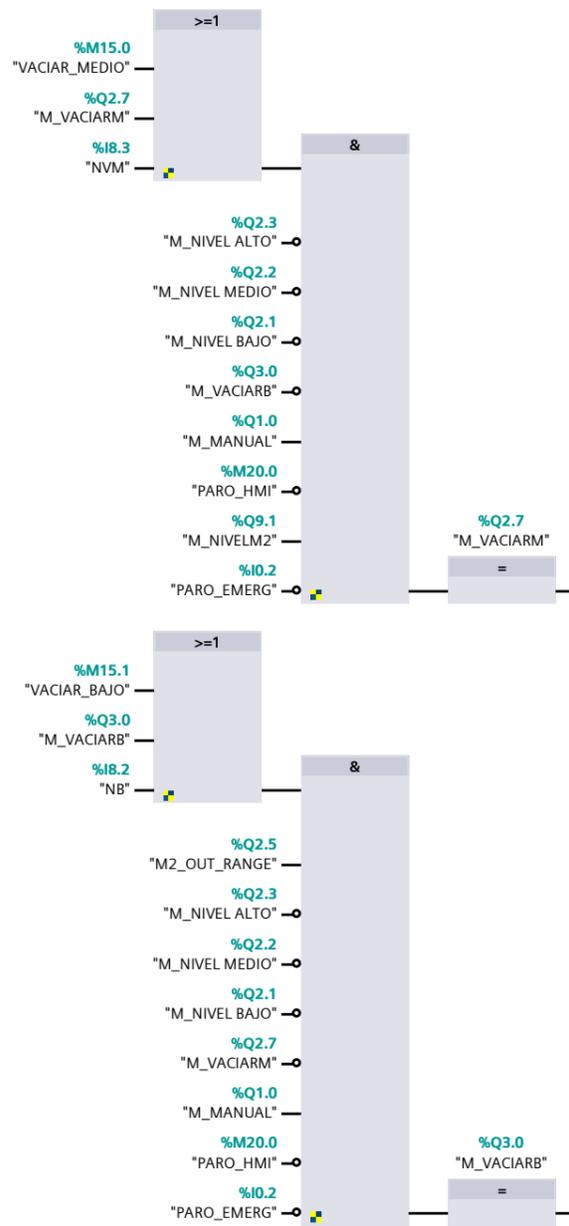
Segmento 6: OPERACIÓN (N. BAJO, N. MEDIO, N. ALTO)



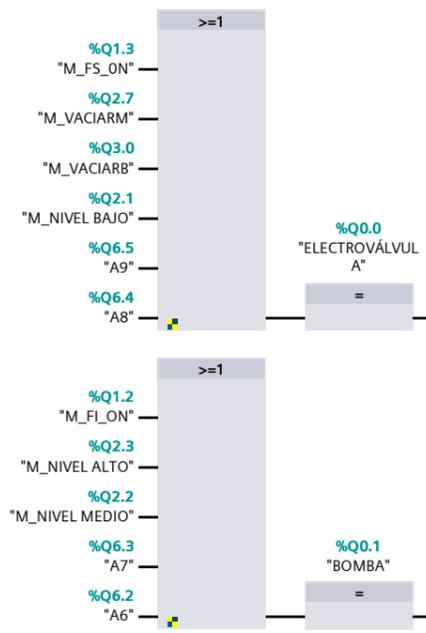
Segmento 7: FUERA DE RANGOS



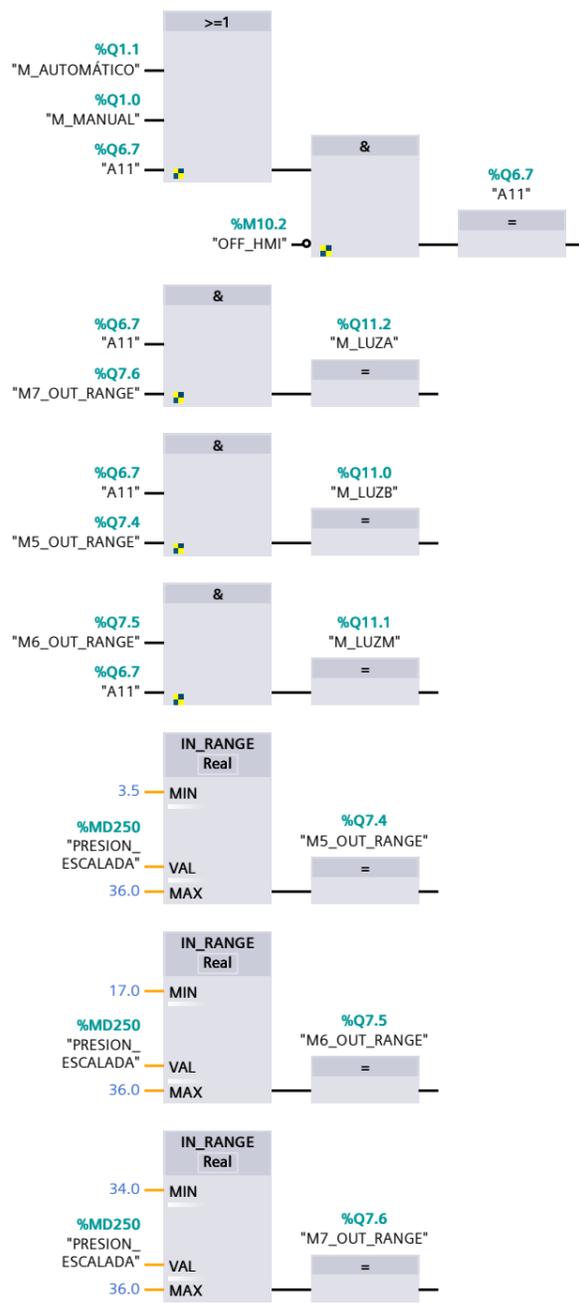
Segmento 8: VACIAR EN MODO MANUAL



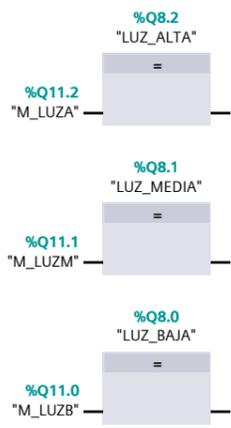
Segmento 9: SALIDAS FISICAS DE BOMBA Y VÁLVULA



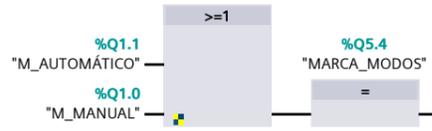
Segmento 10: LUCES INDICADORAS



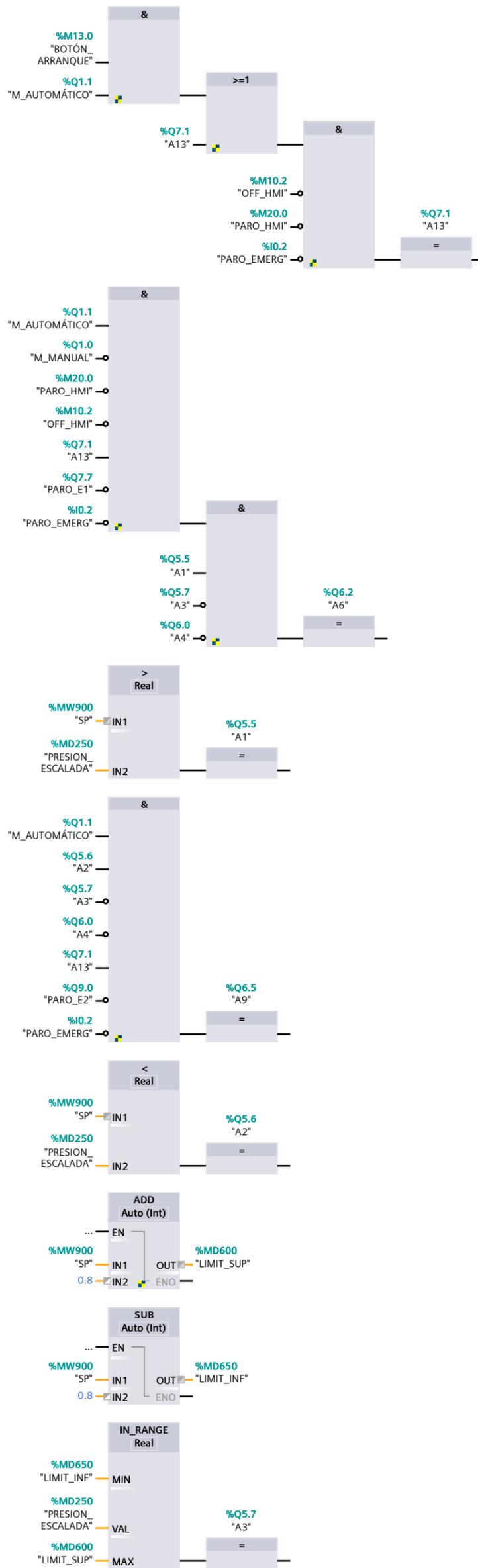
Segmento 11: SALIDAS FÍSICAS DE LUCES INDICADORAS



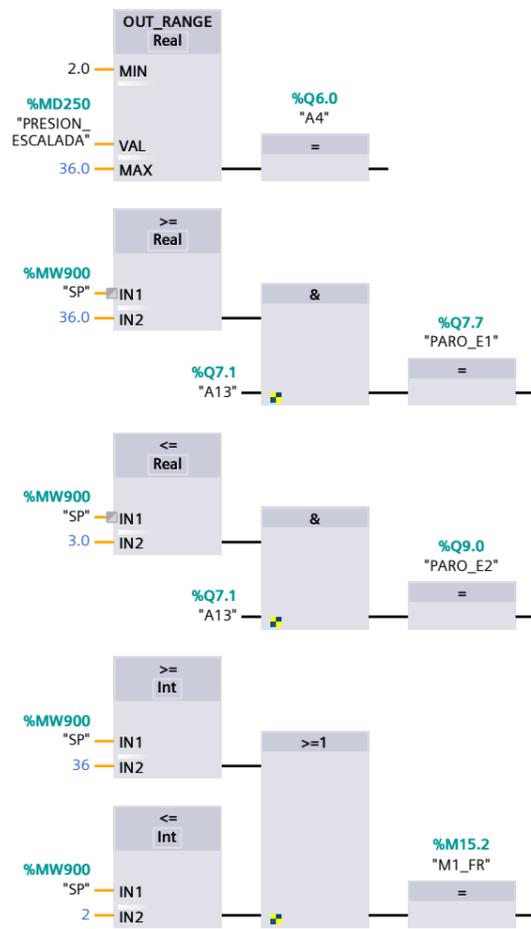
Segmento 12: MARCA MODOS



Segmento 13: MODO AUTOMÁTICO



Segmento 14: LIMITES DE OPERACIÓN



TESIS / PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Variables PLC

Tabla de variables estándar [118]

Variables PLC									
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia	Accesible desde HMI/OPC UA	Escribible desde HMI/OPC UA	Visible en HMI Engineering	Supervisión	Comentario
	MANUAL_HMI	Bool	%M10.0	False	True	True	True		
	AUTOMÁTICO_HMI	Bool	%M10.1	False	True	True	True		
	M_MANUAL	Bool	%Q1.0	False	True	True	True		
	M_AUTOMÁTICO	Bool	%Q1.1	False	True	True	True		
	OFF_HMI	Bool	%M10.2	False	True	True	True		
	LLENAR	Bool	%I0.1	False	True	True	True		
	LLENAR_HMI	Bool	%M10.3	False	True	True	True		
	VACIAR	Bool	%I0.0	False	True	True	True		
	VACIAR_HMI	Bool	%M10.5	False	True	True	True		
	M_FL_ON	Bool	%Q1.2	False	True	True	True		
	M_FS_ON	Bool	%Q1.3	False	True	True	True		
	FI_HMI	Bool	%M10.6	False	True	True	True		
	FS_HMI	Bool	%M10.7	False	True	True	True		
	PRESION_IN	Word	%IW64	False	True	True	True		
	PRESION_NORM	Real	%MD200	False	True	True	True		
	PRESION_ESCALADA	Real	%MD250	False	True	True	True		
	M_NIVELB	Bool	%Q1.6	False	True	True	True		
	M_NIVELM	Bool	%Q1.7	False	True	True	True		
	M_NIVELA	Bool	%Q2.0	False	True	True	True		
	NIVEL_BAJO	Bool	%M11.7	False	True	True	True		
	NIVEL_MEDIO	Bool	%M12.0	False	True	True	True		
	NIVEL_ALTO	Bool	%M12.1	False	True	True	True		
	M_NIVEL BAJO	Bool	%Q2.1	False	True	True	True		
	M_NIVEL MEDIO	Bool	%Q2.2	False	True	True	True		
	M_NIVEL ALTO	Bool	%Q2.3	False	True	True	True		
	M1_OUT_RANGE	Bool	%Q2.4	False	True	True	True		
	M2_OUT_RANGE	Bool	%Q2.5	False	True	True	True		
	M3_OUT_RANGE	Bool	%Q2.6	False	True	True	True		
	VACIAR_MEDIO	Bool	%M15.0	False	True	True	True		
	VACIAR_BAJO	Bool	%M15.1	False	True	True	True		
	M_VACIARM	Bool	%Q2.7	False	True	True	True		
	M_VACIARB	Bool	%Q3.0	False	True	True	True		
	ELECTROVÁLVULA	Bool	%Q0.0	False	True	True	True		
	BOMBA	Bool	%Q0.1	False	True	True	True		
	MARCA1	Bool	%Q3.1	False	True	True	True		
	MARCA2	Bool	%Q3.2	False	True	True	True		
	PARO_HMI	Bool	%M20.0	False	True	True	True		
	LUZ_BAJA	Bool	%Q8.0	False	True	True	True		
	LUZ_MEDIA	Bool	%Q8.1	False	True	True	True		
	LUZ_ALTA	Bool	%Q8.2	False	True	True	True		
	FLOTADOR_SUP	Bool	%I8.7	False	True	True	True		
	FLOTADOR_BAJ	Bool	%I8.6	False	True	True	True		
	INVERSO_PRESION_ESC	Real	%MD300	False	True	True	True		
	M_LUZZB	Bool	%Q11.0	False	True	True	True		
	M_LUZZM	Bool	%Q11.1	False	True	True	True		
	M_LUZZA	Bool	%Q11.2	False	True	True	True		
	M1	Bool	%Q4.2	False	True	True	True		
	M2	Bool	%Q4.3	False	True	True	True		
	M3	Bool	%Q4.4	False	True	True	True		
	T6	Time	%MD500	False	True	True	True		
	RT6	Bool	%Q3.6	False	True	True	True		
	F_A	Bool	%Q4.5	False	True	True	True		
	F_M	Bool	%Q4.6	False	True	True	True		
	F_B	Bool	%Q4.7	False	True	True	True		
	M4	Bool	%Q5.0	False	True	True	True		
	M5	Bool	%Q5.1	False	True	True	True		

	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia	Accesible desde HMI/OPC UA	Escribible desde HMI/OPC UA	Visible en HMI Engineering	Supervisión	Comentario
	M6	Bool	%Q5.2	False	True	True	True		
	MARCA_MODOS	Bool	%Q5.4	False	True	True	True		
	A1	Bool	%Q5.5	False	True	True	True		
	A2	Bool	%Q5.6	False	True	True	True		
	A3	Bool	%Q5.7	False	True	True	True		
	A4	Bool	%Q6.0	False	True	True	True		
	A5	Bool	%Q6.1	False	True	True	True		
	A6	Bool	%Q6.2	False	True	True	True		
	SP	Int	%MW900	False	True	True	True		
	A7	Bool	%Q6.3	False	True	True	True		
	A8	Bool	%Q6.4	False	True	True	True		
	A9	Bool	%Q6.5	False	True	True	True		
	A10	Bool	%Q6.6	False	True	True	True		
	LIMIT_SUP	Real	%MD600	False	True	True	True		
	LIMIT_INF	Real	%MD650	False	True	True	True		
	BOTÓN_ARRANQUE	Bool	%M13.0	False	True	True	True		
	A11	Bool	%Q6.7	False	True	True	True		
	A12	Bool	%Q7.0	False	True	True	True		
	A13	Bool	%Q7.1	False	True	True	True		
	M4_OUT_RANGE	Bool	%Q7.2	False	True	True	True		
	A14	Bool	%Q7.3	False	True	True	True		
	M5_OUT_RANGE	Bool	%Q7.4	False	True	True	True		
	M6_OUT_RANGE	Bool	%Q7.5	False	True	True	True		
	M7_OUT_RANGE	Bool	%Q7.6	False	True	True	True		
	PARO_E1	Bool	%Q7.7	False	True	True	True		
	PARO_E2	Bool	%Q9.0	False	True	True	True		
	M_NIVELM2	Bool	%Q9.1	False	True	True	True		
	PARO_EMERG	Bool	%I0.2	False	True	True	True		
	SIST_ON	Bool	%Q8.3	False	True	True	True		
	M1_FR	Bool	%M15.2	False	True	True	True		
	NA	Bool	%I8.0	False	True	True	True		
	NM	Bool	%I8.1	False	True	True	True		
	NB	Bool	%I8.2	False	True	True	True		
	NVM	Bool	%I8.3	False	True	True	True		