

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC) PARA LA SIMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES

TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA

LUZÓN CALDERÓN YULY GABRIELA

(yuly.luzon@epn.edu.ec)

QUINCHIGUANGO DE LA CRUZ DANIEL ALEJANDRO

(daniel.quinchiguango@epn.edu.ec)

DIRECTOR: ING. ALAN DANIEL CUENCA SÁNCHEZ

(alan.cuenca@epn.edu.ec)

CO-DIRECTOR: ING. MÓNICA DE LOURDES VINUEZA RHOR

(monica.vinueza@epn.edu.ec)

Quito, Mayo 2018

DECLARACIÓN

Nosotros, Yuly Gabriela Luzón Calderón y Daniel Alejandro Quinchiguango De la cruz, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Yuly Gabriela Luzón Calderón

Daniel Alejandro Quinchiguango De la cruz

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Yuly Gabriela Luzón Calderón y Daniel Alejandro Quinchiguango De la cruz, bajo nuestra supervisión.

Ing. Alan Cuenca Sánchez
DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Mónica Vinueza Rhor
CO-DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Yuly Gabriela Luzón Calderón

AGRADECIMIENTO

Daniel Alejandro Quinchiguango De la cruz

DEDICATORIA

Yuly Gabriela Luzón Calderón

DEDICATORIA

Daniel Alejandro Quinchiguango De la cruz

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	1
2. METODOLOGÍA	2
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	3
3.1. Requerimientos para el diseño	3
3.2. Selección de los equipos y dispositivos a utilizar	4
❖ Autómata Programable (PLC)	4
❖ Software TIA Portal	7
❖ Interfaz de Comunicación	7
❖ Dispositivos de Protección	8
❖ Estructura Modular	8
❖ Unidades Didácticas	10
3.3. Diseño y construcción de la estructura modular	10
❖ Ubicación del PLC en el módulo	11
❖ Ubicación de las entradas y salidas del PLC	12
❖ Disposición de las secciones en la parte frontal del módulo	14
❖ Diseño de fuentes de alimentación	17
3.4. Conexión eléctrica del módulo	19
3.5. Montaje de equipos y dispositivos eléctricos	21
3.6. Programación para el PLC	25
❖ Algoritmos de Control	25
3.7. Construcción de los Sistemas de Control	55
❖ Unidad de Control de Nivel	56
❖ Unidad Domótica	58
❖ Unidad de Arranque Y-Delta de un motor trifásico	62
3.8. Prácticas	63
❖ Práctica N°1	63
❖ Práctica N°2	65
❖ Práctica N°3	68
3.9. Pruebas	70
❖ Prueba del circuito de mando	70
❖ Prueba de dispositivos de seguridad y protección	71
❖ Prueba de comunicación	71
❖ Verificación de conexiones de los pulsadores, selectores y borneras	74
❖ Prueba de los potenciómetros y voltímetros	74
❖ Verificación del funcionamiento del controlador y las unidades de control	74
3.10. Resultados	76
❖ Funcionamiento del Sistema de Control de Nivel	76
❖ Funcionamiento del Sistema Domótico	79
❖ Funcionamiento del Sistema de Arranque Y-Delta de un motor trifásico	81
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
ANEXOS	89
ANEXO A	90

DATOS TÉCNICOS DE LA CPU 1212C	90
ANEXO B	92
PLANOS DE CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DIDÁCTICO	92
ANEXO C	96
LISTADO DE ELEMENTOS Y COSTOS	96
ANEXO D	99
PLANOS DE CONSTRUCCIÓN DE LAS UNIDADES DIDÁCTICAS.....	99
ANEXO E	103
PLANTILLA DE VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO	103
ANEXO F	105
MANUAL DE USUARIO	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1	Requerimientos para la implementación del módulo didáctico.....	5
Figura 3.2	Estructura básica del PLC S7-1200.....	6
Figura 3.3	Software TIA PORTAL.....	7
Figura 3.4	Conexión directa, PC conectada a una CPU S7-1200.....	8
Figura 3.5	Dispositivo de protección (fusible).....	8
Figura 3.6	Elementos de infraestructura; canaleta y riel DIN.....	9
Figura 3.7	Jacks banana hembra rojo y negro (borneras).....	9
Figura 3.8	Elementos de mando y señalización.....	10
Figura 3.9	Disposición de elementos en la parte interna del módulo.....	13
Figura 3.10	Elementos de la parte frontal del módulo.....	13
Figura 3.11	Sección para encendido del módulo.....	14
Figura 3.12	Distribución física de los elementos de las entradas digitales.....	14
Figura 3.13	Distribución física de las entradas analógicas.....	15
Figura 3.14	Distribución física de las salidas digitales.....	16
Figura 3.15	Disposición física de las salidas analógicas.....	17
Figura 3.16	Circuito regulador de voltaje 5 V.....	17
Figura 3.17	Circuito divisor de tensión 0 a 10 V.....	18
Figura 3.18	Construcción del gabinete eléctrico.....	19
Figura 3.19	Perforación de orificios en la parte frontal del gabinete.....	19
Figura 3.20	Diagrama de cableado de la CPU 1212C AC/DC relé.....	20
Figura 3.21	Montaje del gabinete.....	21
Figura 3.22	Montaje del PLC sobre el riel.....	22
Figura 3.23	Cableado interno de los componentes.....	23
Figura 3.24	Cableado de las entradas y salidas del PLC.....	23
Figura 3.25	Módulo didáctico implementado.....	24
Figura 3.26	Pantalla principal del Sistema de Control de Nivel.....	32
Figura 3.27	Pantalla de curvas del Sistema de Control de Nivel.....	34
Figura 3.28	Pantalla principal del Sistema de Seguridad Domótico.....	44
Figura 3.29	Pantalla de control de iluminación.....	45
Figura 3.30	Pantalla para el control de temperatura.....	46
Figura 3.31	Pantalla principal para controlar el arranque de un motor trifásico...	53
Figura 3.32	Pantalla de curvas para visualizar transición Y-Delta.....	55

Figura 3.33 Componentes de la Unidad de Control de Nivel.....	56
Figura 3.34 Circuito de acondicionamiento para el sensor HC-SR04.....	58
Figura 3.35 Componentes de la Unidad Domótica.....	59
Figura 3.36 Circuito de acondicionamiento para sensor LM35.....	60
Figura 3.37 Circuito para iluminación automática.....	61
Figura 3.38 Circuito para calefacción y ventilación.....	61
Figura 3.39 Componentes de la Unidad de Arranque Y-Delta.....	62
Figura 3.40 Proceso de llenado y vaciado de un tanque.....	65
Figura 3.41 Prueba del circuito de mando del módulo PLC.....	70
Figura 3.42 Prueba de cortocircuito en CC del módulo PLC.....	71
Figura 3.43 Prueba de comunicación entre el PLC S7-1200 y la PC.....	72
Figura 3.44 Pantalla para configurar conexión online.....	72
Figura 3.45 Conexión online entre PLC S7-1200 y PC.....	73
Figura 3.46 Pantalla de verificación de conexión online.....	73
Figura 3.47 Funcionamiento de potenciómetros y voltímetros.....	74
Figura 3.48 Funcionamiento del Sistema de Control de Nivel.....	75
Figura 3.49 Funcionamiento del Sistema Domótico.....	75
Figura 3.50 Funcionamiento del Sistema de Arranque Y-Delta.....	76
Figura 3.51 Sistema de Control de Nivel funcionando correctamente.....	77
Figura 3.52 Control del Sistema de Nivel mediante la HMI.....	77
Figura 3.53 Variación en el tiempo de la señal del transmisor de nivel.....	78
Figura 3.54 Diagrama de I/O al PLC del Sistema de Nivel.....	78
Figura 3.55 Circuito de fuerza de la bomba centrífuga.....	79
Figura 3.56 Sistema Domótico funcionando correctamente.....	79
Figura 3.57 Control del Sistema Domótico mediante la HMI.....	80
Figura 3.58 Diagrama de I/O al PLC del Sistema Domótico.....	81
Figura 3.59 Sistema de Arranque Y-Delta funcionando correctamente.....	81
Figura 3.60 Curvas de la transición Y-Delta de un motor trifásico.....	82
Figura 3.61 Diagrama de I/O al PLC del Sistema de arranque Y-Delta.....	82
Figura 3.62 Circuito de fuerza del motor trifásico.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1	Características técnicas de la CPU 1212C	6
Tabla 3.2	Entradas y salidas del módulo PLC.	12
Tabla 3.3	Cables utilizados para la conexión eléctrica del módulo.	24
Tabla 3.4	Variables del Sistema de Control de Nivel.	26
Tabla 3.5	Elementos de la pantalla INICIO.	33
Tabla 3.6	Elementos de la pantalla CURVAS.	35
Tabla 3.7	Variables del Sistema Domótico.	36
Tabla 3.8	Elementos de la pantalla SEGURIDAD.	44
Tabla 3.9	Elementos de la pantalla ILUMINACIÓN.	46
Tabla 3.10	Elementos de la pantalla CLIMATIZACIÓN.	47
Tabla 3.11	Variables del Sistema de Arranque Y-Delta.	48
Tabla 3.12	Elementos de la pantalla PANEL.	53
Tabla 3.13	Elementos de la pantalla GRÁFICAS.	54

RESUMEN

El desarrollo del presente trabajo de titulación surge como respuesta a la necesidad de implementar un Laboratorio de Control Industrial para la Escuela de Formación de Tecnólogos de la Escuela Politécnica Nacional, equipado con tecnología que permita desarrollar y ejecutar aplicaciones prácticas, con las cuales el estudiante pueda consolidar los fundamentos teóricos.

El presente tema de tesis se ha dividido en cuatro secciones las cuales se detallan a continuación:

La Introducción contiene aspectos generales para el desarrollo del presente trabajo, justificando los aspectos fundamentales de diseño de acuerdo a los requerimientos, requisitos del sistema y condiciones básicas para la ejecución de talleres prácticos.

La Metodología explica la investigación empleada, los recursos y técnicas como la observación, la experimentación y la recolección de información a través de diferentes fuentes bibliográficas, material necesario para desarrollar el trabajo integrador.

En Resultados y Discusión se expone el diseño, la implementación y la respectiva documentación del módulo didáctico. Como parte del módulo se presentan tres sistemas de control para aplicaciones de carácter didáctico; a) Sistema de control de nivel, b) Sistema domótico, y c) Sistema de arranque Y-Delta de un motor trifásico. Además, se incluyen pruebas de funcionamiento, y la interpretación y el análisis de resultados.

Por último, se incluyen conclusiones y recomendaciones del proyecto integrador.

Palabras claves: PLC S7-1200, PORTAL TIA Siemens, control de nivel, domótica, arranque y-delta.

ABSTRACT

The development of the present titling work arises in response to the need to implement an Industrial Control Laboratory for Escuela de Formación de Tecnólogos of Escuela Politécnica Nacional, equipped with technology that allows to develop and execute practical applications, with which the student can consolidate the theoretical foundations.

The present thesis topic has been divided into four sections, which are detailed below:

The Introduction contains general aspects for the development of this work, justifying the fundamental aspects of design according to the requirements, requirements of the system and basic conditions for the execution of practical workshops.

The Methodology explains the research used the resources and techniques such as observation, experimentation and the collection of information through different bibliographic sources, material necessary to develop the integrating work.

In Results and Discussion, the design, the implementation and the respective documentation of the didactic module are exposed. As part of the module, three control systems are presented for didactic applications; a) Level control system, b) Home automation system, and c) Y-Delta starter of a three-phase motor system. In addition, performance tests are included, and the interpretation and analysis of results.

Finally, conclusions and recommendations of the integrating project are included.

Keywords: PLC S7-1200, PORTAL TIA Siemens, level control, home automation, y-delta starter.

1. INTRODUCCIÓN

La evolución de la industria ecuatoriana y el crecimiento apresurado del control de procesos industriales compromete al Tecnólogo Electromecánico a incursionar en nuevos ámbitos para ofrecer soluciones a los procedimientos de producción en los diversos sectores de la industria. Por lo que resulta importante contar con profesionales que se encuentren capacitados para desenvolverse, proyectarse y marchar acorde con los nuevos retos sociales que produce la continua modernización.

La Escuela de Formación de Tecnólogos hasta la actualidad no contaba con un Laboratorio de Control Industrial que permitiera a los estudiantes de Tecnología realizar talleres prácticos en donde pudieran manejar dispositivos industriales y analizar los efectos que se producen en distintos procesos automatizados durante la medición de variables físicas.

Ante todos estos requerimientos surge la necesidad de desarrollar e implementar un módulo didáctico que cumpla con los requisitos que exige la constante modernización del control de procesos y automatización, para ejecutar talleres y aplicaciones con los cuales el estudiante pueda aplicar de forma práctica los conocimientos adquiridos en el aula.

Este proyecto tiene como objetivo diseñar e implementar un módulo didáctico utilizando un PLC para la simulación de procesos industriales, cuyas funcionalidades están determinadas en base a tres aplicaciones prácticas, las cuales son programadas utilizando el software de automatización de SIEMENS, *Totally Integrated Automation Portal* (TIA PORTAL) versión V13. Dicho software permite desarrollar algoritmos de control para comandar los diferentes dispositivos de las aplicaciones.

Adicionalmente es necesario realizar esquemas eléctricos, guías de prácticas, pruebas de funcionamiento y un manual de usuario para poder garantizar la correcta implementación, funcionalidad y manejo del módulo.

2. METODOLOGÍA

La investigación empleada fue de tipo aplicada porque enlaza de manera directa la teoría y el producto, utilizando el conocimiento como principal recurso para materializar el trabajo integrador. Además, se utilizó la observación y experimentación para evaluar y controlar las variables involucradas en los procesos de control y definir la lógica e instrumentos de solución [1].

Mediante las diversas referencias bibliográficas se obtuvo la información técnica necesaria para comprender de manera correcta el control de procesos industriales, además de las ventajas que presenta la automatización en cuanto a la obtención de resultados óptimos.

Para el desarrollo del proyecto se implementó un módulo didáctico, compuesto de una serie de elementos electromecánicos y equipos eléctricos, cubiertos por una caja metálica que componen el panel de control y fuerza, diseñado para que el estudiante se inicie en la programación y diagnóstico de los automatismos sencillos, con opciones de visualización, ajuste y simulación utilizando lenguajes de programación estándar [2].

Los requerimientos y funcionalidades del módulo se obtuvieron en función de las tres siguientes prácticas: a) Control del nivel de agua en un sistema de bombeo, b) Sistema inteligente de iluminación, seguridad y climatización de una vivienda, y c) Arrancador Y-Delta con inversión de giro condicionado a una orden temporizada (sistema de regulación empleado en equipos de cinta transportadora). Así, se utilizó el Controlador Lógico Programable PLC de la marca Siemens, serie S7-1200 por cumplir con todos los requisitos de rendimiento y seguridad. Además de contar con 8 entradas digitales, 2 entradas analógicas y 6 salidas digitales necesarias para poder controlar actuadores como motores, bombas, válvulas, entre otros elementos importantes para la ejecución de las aplicaciones. Además, un cable de conexión punto a punto (conector RJ45) para comunicación Ethernet [3].

En lo que se refiere a diseño, construcción y montaje de la estructura modular fue necesario realizar un diagrama esquemático en donde se detalle la dimensión y distribución de dispositivos, equipos y conexiones del módulo. Dicho esquema se realizó utilizando el software AutoCAD facilitando dar una correcta ubicación a cada uno de los elementos. La estructura es metálica por sus características resistentes, el PLC y sus accesorios van colocados en el interior del gabinete con el propósito de proteger los elementos eléctricos y electrónicos los cuales fueron fijados con riel DIN. En la parte exterior del módulo fueron

colocadas borneras que sirven de canal de comunicación entre las entradas y salidas del PLC.

El software TIA PORTAL permite utilizar el lenguaje para la programación del PLC. Para realizar la simulación y el control de las aplicaciones planteadas se utiliza la programación mediante el uso de bloques organizacionales y esquema de contactos, adicionalmente para visualizar los diferentes procesos se realiza una Interfaz Humano-Máquina (HMI).

Conjuntamente para comprobar que las conexiones y dispositivos del módulo didáctico que permitirán realizar las prácticas se encuentren en perfecto estado, se realizaron tanto pruebas eléctricas como de comunicación entre los diferentes elementos instalados. Se procedió a tomar valores de voltaje y corriente en las entradas y salidas del módulo, además verificar el correcto dimensionamiento de los dispositivos de protección.

Para orientar y facilitar el desarrollo de las tres aplicaciones del módulo se elaboró una guía de prácticas, en donde se detalla la descripción clara de los procedimientos de trabajo a fin de alcanzar los objetivos, así como también los materiales y equipos que se emplearon para la ejecución de las prácticas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Requerimientos para el diseño

En la presente sección se detalla todos los requerimientos para que el proyecto pueda llevarse a cabo de manera correcta y acorde a los requisitos de funcionalidad del módulo.

- a) Autómata programable.** El autómata programable debe brindar las funcionalidades necesarias para el proyecto, contar con entradas digitales suficientes para conectar sensores, pulsadores, etc. y salidas digitales que le permitan accionar actuadores como lámparas, motores, bombas, contactores, etc. Además, se requieren entradas analógicas que permitan leer señales continuas como la temperatura o el nivel.
- b) Software de programación.** Para el desarrollo de los distintos algoritmos de control que permitirán automatizar los sistemas, se necesita de un software de programación que sea compatible con el autómata y brinde al usuario diferentes alternativas y lenguajes de programación.
- c) Interfaz de comunicación.** Para comunicar el autómata con la PC y cargar el programa de control se necesita de una interfaz que permita transferir correctamente los datos.

- d) **Dispositivos de protección.** Para proteger a las personas, materiales y equipos contra sobrecargas y cortocircuitos que puedan ocurrir en la instalación, es obligatorio utilizar dispositivos de protección como fusibles e interruptores termomagnéticos que garanticen el buen funcionamiento del módulo y ayuden a prevenir accidentes.
- e) **Estructura modular.** Para la protección y ubicación del PLC y los componentes del módulo se necesita de una estructura sólida que ofrezca un grado de protección eléctrica-mecánica, que pueda soportar las condiciones ambientales del lugar, que permita tareas de mantenimiento y reparación de forma segura y cómoda, además facilidad para operar los distintos elementos.
- f) **Unidades didácticas.** El módulo didáctico se complementa con un computador personal (PC) para la visualización de los procesos y tres unidades didácticas para la realización de prácticas. Dichos sistemas requieren de una estructura soporte, para los diferentes elementos que los componen y un gabinete de conexiones para facilitar la comunicación de entradas y salidas al PLC.

En la Figura 3.1 se presenta un resumen de los requerimientos necesarios para la construcción e implementación del módulo didáctico, los cuales se encuentran detallados a lo largo del desarrollo del presente trabajo escrito.

3.2. Selección de los equipos y dispositivos a utilizar

Para proceder a seleccionar un equipo o elemento es necesario conocer sus características técnicas y de funcionamiento.

Estos datos técnicos son proporcionados por el fabricante, y permiten conocer con exactitud el equipo que se va a manejar, y que consideraciones se debe tener en cuenta en el momento de su instalación. Además, incorporan normas y procedimientos de seguridad para la protección del equipo y el operador.

❖ Autómata Programable (PLC)

Para el proyecto se ha seleccionado el autómata programable S7-1200 marca Siemens, CPU 1212C debido a su costo y a su capacidad de controlar gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización. Cuenta con 8 entradas digitales, 2 entradas analógicas y 6 salidas digitales, además permite la comunicación Ethernet [3].

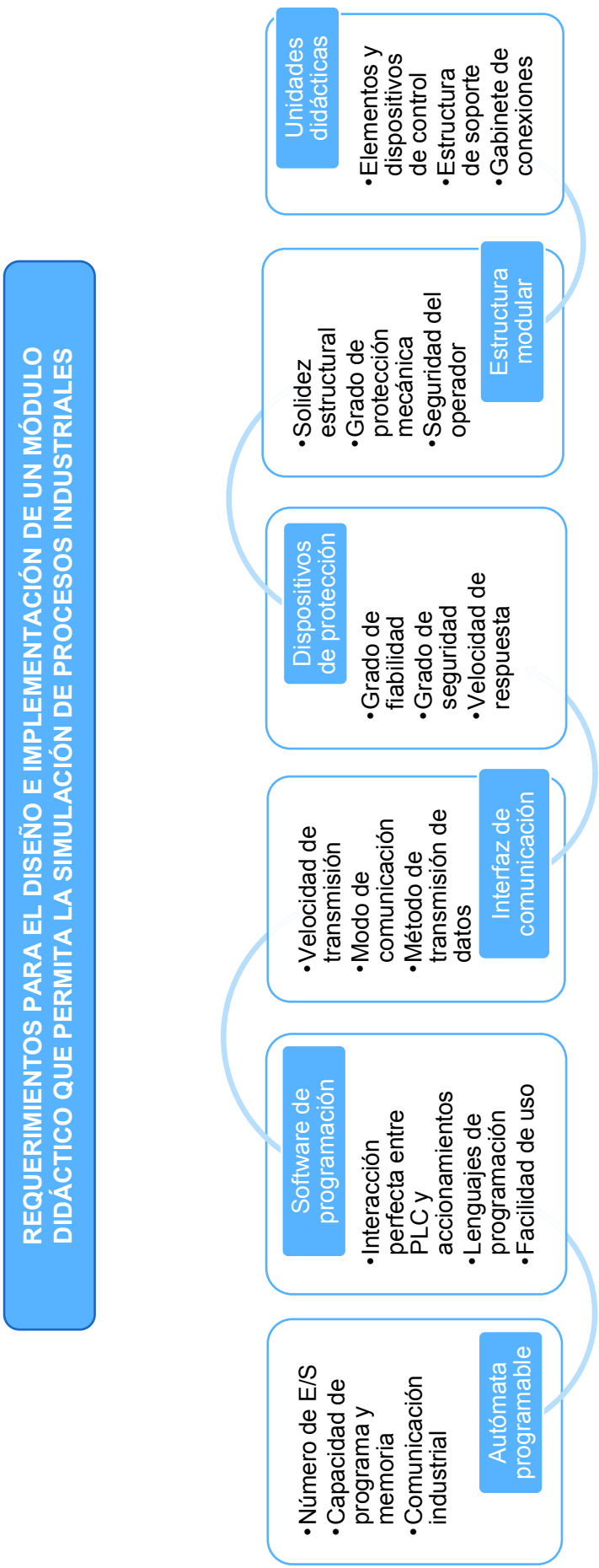


Figura 3.1 Requerimientos para la implementación del módulo didáctico.

En la Figura 3.2 se muestra la estructura básica del PLC S7-1200.

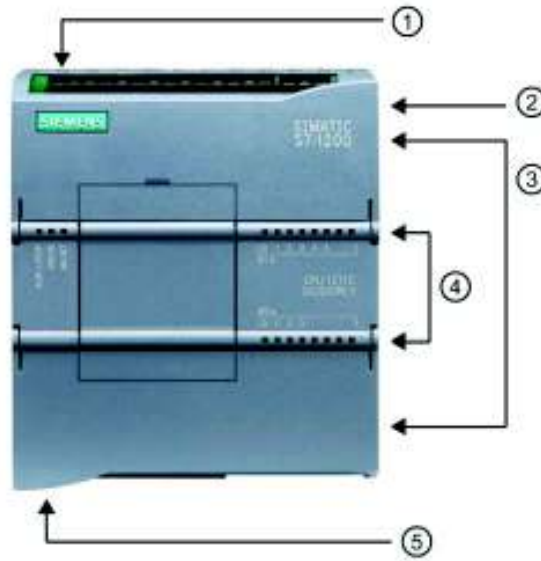


Figura 3.2 Estructura básica del PLC S7-1200. [3]

- 1) Conector de corriente
- 2) Ranura para *Memory Card* (debajo de la tapa superior)
- 3) Conectores extraíbles para el cableado de usuario (detrás de las tapas)
- 4) LEDs de estado para las entradas y salidas integradas
- 5) Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU)

Las características técnicas más relevantes se encuentran en la Tabla 3.1, además en el Anexo A se complementa esta información.

Tabla 3.1 Características técnicas de la CPU 1212C

FUNCIÓN	CPU 1212C
Memoria de usuario <ul style="list-style-type: none"> • Memoria de trabajo • Memoria de carga • Memoria remanente 	25 KB 1 MB 2 KB
E/S integradas locales <ul style="list-style-type: none"> • Digitales • Analógicas 	8 entradas/6 salidas 2 entradas
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes para entradas (I) y 1024 bytes para salidas (Q)
Ampliación con módulos de señales	2
PROFINET	1 puerto de comunicación Ethernet

[3]

La CPU provee una alimentación de sensores de 24 V, voltaje que puede ser suministrado a las entradas locales, a las bobinas de relé de los módulos de señales, o bien a otros equipos consumidores [3].

Si el consumo de 24 V excede la corriente disponible de la CPU, es necesario añadir al sistema una fuente de alimentación externa de 24 V. En la implementación de este proyecto no fue necesario incorporar dicha fuente ya que no se superó los límites de corriente necesaria para alimentación de sensores ni de ningún otro dispositivo.

❖ Software TIA Portal

Para la programación del PLC se requiere utilizar el software *Totally Integrated Automation Portal* (TIA PORTAL) versión V13. El TIA PORTAL incorpora el Step7 y WinCC flexible necesarios para programar el autómatas S7-1200, la Figura 3.3 muestra este software de programación.

Debido a que integra diferentes productos SIMATIC este software puede ser utilizado en todas las áreas que implican el uso de la automatización. Posee herramientas de diseño de interfaz humano máquina que facilitan el dibujar, combinar y animar objetos. Además, el TIA PORTAL permite configurar tanto el control como la visualización en un sistema de ingeniería unitario [3].



Figura 3.3 Software TIA PORTAL. [3]

❖ Interfaz de Comunicación

La CPU 1212C incorpora un puerto de interfaz PROFINET que se basa en Industrial Ethernet y permite una conexión directa de comunicación entre el computador y el

autómata como se muestra en la Figura 3.4, por lo que es necesario adquirir un cable de red conector RJ45 para configurar y garantizar la comunicación Ethernet.

Para la configuración del puerto de comunicación se define una dirección IP de máquina distinta a las existentes conservando el ID (Identificador) de red a la que se enlaza [3].

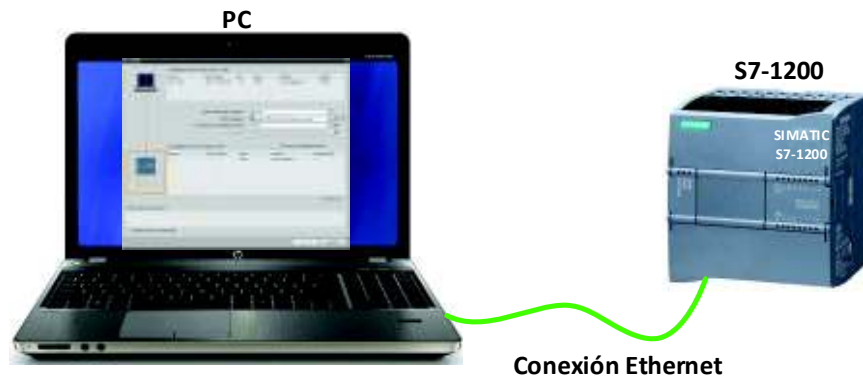


Figura 3.4 Conexión directa, PC conectada a una CPU S7-1200.

❖ Dispositivos de Protección

En base a las características técnicas para proteger las salidas del PLC y la fuente interna de 24 V se utiliza fusibles de 2 A y 0.5 A respectivamente, debido a que este dispositivo resiste el paso de un amperaje suficiente para el funcionamiento del módulo. Además, para la protección de la alimentación de corriente del PLC se selecciona breakers de 1 A. La Figura 3.5 ilustra uno de los dispositivos de seguridad empleados en la protección de circuitos eléctricos.



Figura 3.5 Dispositivo de protección (fusible). [4]

❖ Estructura Modular

El material de la estructura del gabinete que alojará todos los dispositivos y equipos eléctricos y electrónicos del módulo es tol negro de 1.1 mm, dicho gabinete debe ser construido en base a los planos representados en el Anexo B, en donde consta la estructura modular con sus vistas frontal y lateral, y sus respectivas dimensiones.

a) Elementos de infraestructura

Para mayor estética en la conducción y orientación de cables se utiliza canaletas plásticas de 25 x 25 mm, además riel DIN de 35 mm para el soporte y ubicación del PLC, sus protecciones y circuitos externos. La Figura 3.6 muestra estos elementos.



Figura 3.6 Elementos de infraestructura; canaleta y riel DIN.

En la Tabla C.1 del Anexo C, se muestran los materiales utilizados para la implementación del módulo didáctico.

b) Terminales

Para tener acceso a las entradas y salidas del PLC se recurre a jacks tipo banana como se muestra en la Figura 3.7, los cuales permiten acoplar cables para la realización de prácticas de laboratorio.



Figura 3.7 Jacks banana hembra rojo y negro (borneras). [4]

c) Elementos de mando y señalización

El encendido y apagado del módulo se realiza de forma manual, para lo cual se utiliza un selector de dos posiciones (a), además el encendido del módulo puede ser visualizado mediante una luz LED de color verde (b), la cual funciona a 110 VAC.

A las entradas digitales se han incorporado pulsadores normalmente abiertos (c) y selectores de dos posiciones para operar de manera manual el módulo.

Para las entradas analógicas se ha colocado un interruptor (d), dos potenciómetros (e) y dos voltímetros digitales (f) para la selección, variación y visualización de señales continuas. La Figura 3.8 muestra estos elementos.



Figura 3.8 Elementos de mando y señalización.

❖ Unidades Didácticas

Para cumplir con los requerimientos de facilidad en la manipulación y ubicación óptima de elementos en las unidades didácticas, los soportes para las aplicaciones planteadas deben ser diseñados en función de los planos representados en el Anexo D utilizando materiales resistentes a la humedad y corrosión.

En la lámina AD.1 se ilustra el plano de construcción de la Unidad de Control de Nivel, en la lámina AD.2 el plano de construcción de la Unidad Domótica y en la lámina AD.3 el plano de construcción de la Unidad de Arranque Y-Delta.

3.3. Diseño y construcción de la estructura modular

Antes de la implementación se elabora un diagrama esquemático de la estructura modular, para determinar sus dimensiones y dar una correcta ubicación a cada uno de los dispositivos que conforman el módulo didáctico. Tomando en cuenta que exista el espacio necesario para cualquier trabajo de mantenimiento y posibles ampliaciones.

Para la parte frontal del módulo se dimensiona los diferentes orificios para la colocación de pulsadores, selectores, dispositivos de señalización y visualización, así como la ubicación de cada una de las borneras para las entradas y salidas digitales, y las entradas analógicas propias del PLC. Además, se cuenta con un seguro para propósitos de apertura o cierre del gabinete.

En caso de que se requiera ampliar el número de entradas y salidas digitales y analógicas del PLC se puede agregar una *Signal Board* o módulos de expansión de señales, para los cuales se ha considerado un espacio adecuado dentro del gabinete.

La CPU está capacitada para aceptar hasta dos módulos de expansión:

- Módulo digital SM 1223
- Módulo analógico SM 1234 [5]

Al diseño de la parte frontal del módulo se han incorporado orificios para las borneras de las entradas y salidas de estos módulos de expansión y un interruptor que permita a las entradas analógicas del PLC actuar de dos maneras: receptando una señal externa o una señal propia del módulo como se muestra en la Figura 3.20.

De igual manera para la parte lateral del módulo se dimensiona los orificios para los dispositivos de protección (fusibles), el puerto para la conexión del cable de red y la alimentación de corriente para el PLC.

Las dimensiones son determinadas teniendo en cuenta la ergonomía y la estética; así, el panel de control y de fuerza es una estructura metálica con características resistentes, tiene 60 cm de alto x 40 cm de ancho y 20 cm de profundidad. El fondo del gabinete es de 2 cm de espesor para el soporte de todos los elementos colocados en el interior. Para el recubrimiento total del módulo se usó una pintura electrostática color gris.

Los planos del módulo didáctico se los puede observar en el Anexo B en las láminas AB.1, AB.2 y AB.3 que corresponden a los planos de la vista frontal, la estructura interna y la vista lateral derecha del módulo respectivamente.

❖ **Ubicación del PLC en el módulo**

El PLC, sus protecciones y cableado van ubicados dentro de la estructura del módulo con el propósito de que esta los proteja de la exposición a entornos de alta temperatura, humedad, polvo y rayos solares.

El PLC S7-1200 va sobrepuesto en un riel DIN (1) de 35 mm con espacio suficiente para incorporar módulos de expansión. En el siguiente riel DIN (2) están colocados breakers de 1 A para la protección del PLC. Y en el tercer riel DIN (3) están ubicados circuitos de acondicionamiento; para la obtención de 5 V necesarios para la alimentación de los voltímetros digitales y 0 a 10 V variables para los potenciómetros.

La distribución de elementos en la estructura interna del módulo se puede visualizar en la Figura 3.9 y en el Anexo B lámina AB.2.

❖ Ubicación de las entradas y salidas del PLC

Tanto las entradas y salidas sean digitales o analógicas van colocadas en la parte externa del módulo, además están dispuestas mediante borneras tipo jack banana, las cuales se conectan eléctricamente al PLC.

En la Tabla 3.2 se detallan todas las entradas y salidas al PLC que se distribuyen en la vista frontal del módulo.

Tabla 3.2 Entradas y salidas del módulo PLC.

	CPU 1212C	MÓDULO DE AMPLIACIÓN SM 1223	MÓDULO DE AMPLIACIÓN SM 1234	SIGNAL BOARD
ENTRADAS DIGITALES	%I0.0	%I8.0		
	%I0.1	%I8.1		
	%I0.2	%I8.2		
	%I0.3	%I8.3		
	%I0.4	%I8.4		
	%I0.5	%I8.5		
	%I0.6	%I8.6		
	%I0.7	%I8.7		
ENTRADAS ANALÓGICAS	%IW64		%IW112	
	%IW66		%IW114	
			%IW116	
			%IW118	
SALIDAS DIGITALES	%Q0.0	%Q8.0		
	%Q0.1	%Q8.1		
	%Q0.2	%Q8.2		
	%Q0.3	%Q8.3		
	%Q0.4	%Q8.4		
	%Q0.5	%Q8.5		
		%Q8.6		
		%Q8.7		
SALIDAS ANALÓGICAS			%QW112	%QW80
			%QW114	

Para identificar las entradas y salidas respectivas se utiliza la denominación internacional de SIEMENS (Tabla 3.2), lo cual se puede observar en la Figura 3.10.

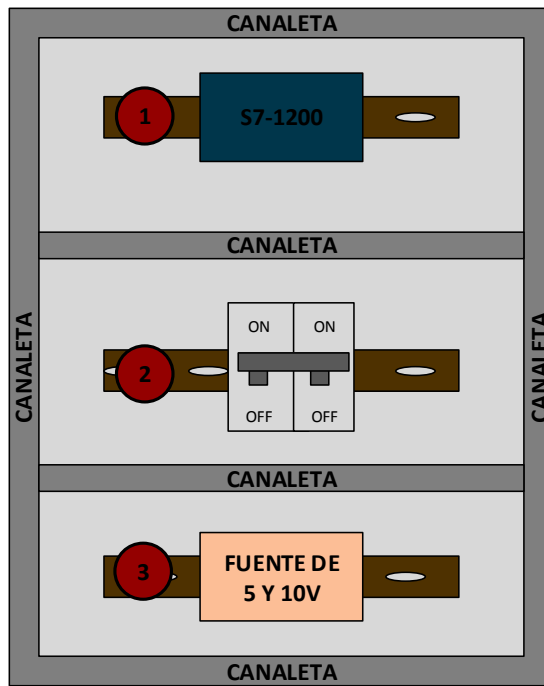


Figura 3.9 Disposición de elementos en la parte interna del módulo.

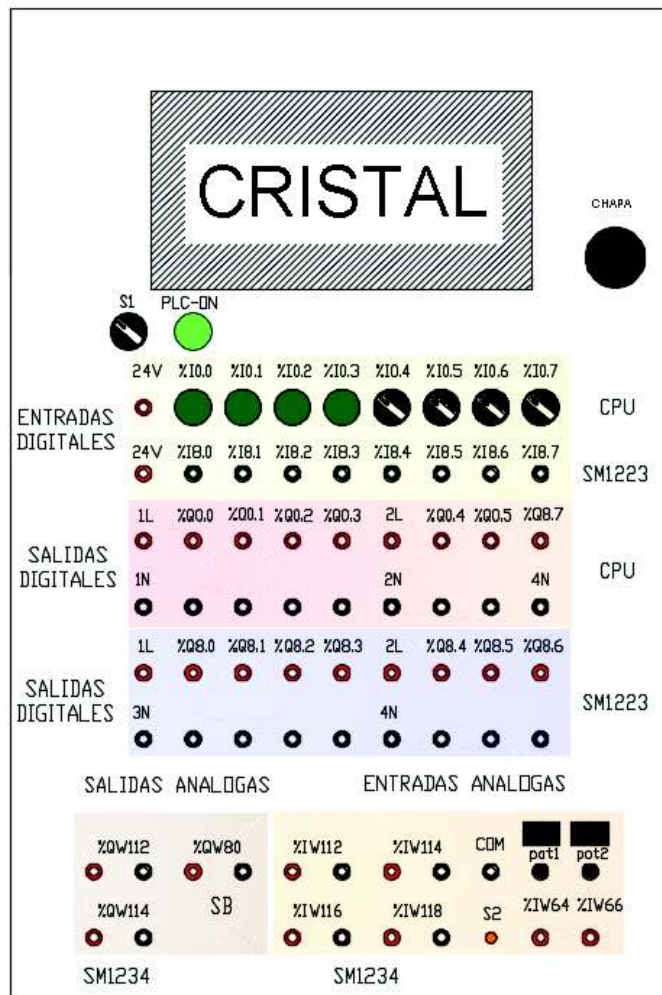


Figura 3.10 Elementos de la parte frontal del módulo.

❖ Disposición de las secciones en la parte frontal del módulo

Para la vista frontal del módulo se establecen las siguientes secciones:

a) Encendido

Esta sección se encuentra compuesta por un selector (S1) y una luz piloto (PLC-ON) para confirmar el encendido del módulo. En la Figura 3.11 se puede visualizar esta sección.

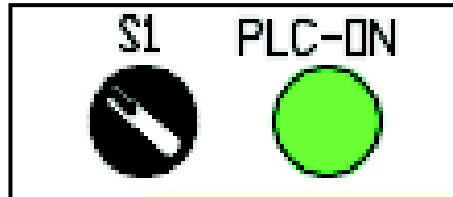


Figura 3.11 Sección para encendido del módulo.

b) Entradas digitales

A las ocho entradas digitales propias de la CPU (%I0.0 hasta %I0.7), se encuentran conectados pulsadores y selectores de dos posiciones para activar y desactivar cada una de las entradas.

Considerando una ampliación futura del número de entradas digitales mediante el módulo de ampliación SM 1223; se añadieron al diseño borneras para estas entradas (%I8.0 hasta %I8.7). Dichas entradas se encuentran conectadas en paralelo con las entradas digitales propias de la CPU (%I0.0 hasta %I0.7) con el objetivo de que puedan ser utilizadas (para conectar captadores de tipo todo o nada como finales de carrera, pulsadores, etc.) hasta que sea necesario deshacer dicha conexión por ampliación del módulo.

En la Figura 3.12 se observa la distribución de las entradas digitales de la CPU y del módulo de ampliación SM 1223 que cuentan con los siguientes elementos:

- 4 selectores de dos posiciones
- 4 pulsadores
- 10 borneras

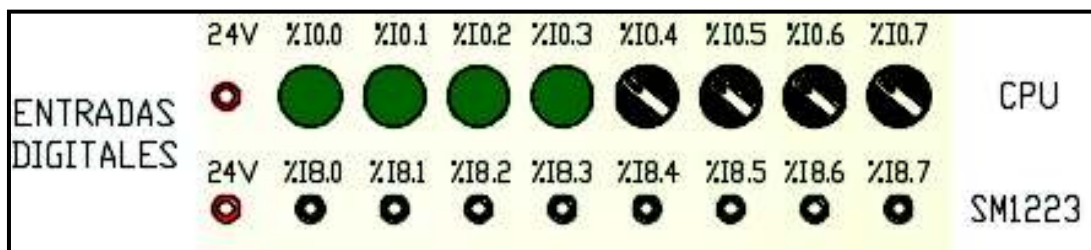


Figura 3.12 Distribución física de los elementos de las entradas digitales.

c) Entradas analógicas

El PLC posee dos entradas analógicas de voltaje (%IW64 y %IW66), para las cuales se incorporaron dos variadores de voltaje (pot1 y pot2) y borneras para conectar sensores que dispongan señales de voltaje de 0 a 10 V.

Para una ampliación de las entradas analógicas de la CPU se consideró el módulo de expansión analógica SM 1234 y se colocaron borneras respectivas para cada entrada (%IW112, %IW114, %IW116 y %IW118).

Los potenciómetros van ubicados junto a las dos entradas analógicas del PLC con la finalidad de poder variar la entrada de voltaje en el rango de 0 a 10 V; simulando así caídas y subidas de una señal analógica.

Dicha variación de voltaje puede ser observada en los voltímetros digitales colocados sobre los potenciómetros, además se puede visualizar el valor de una señal externa de voltaje proporcionada por un sensor, transductor o cualquier otro elemento, gracias a un interruptor S2 que permite realizar una transición para la recepción de una señal externa o interna del módulo PLC como se muestra en la Figura 3.13.

Esta sección cuenta con los siguientes elementos:

- 2 potenciómetros de 500 K Ω
- 11 borneras
- 2 voltímetros digitales
- 1 interruptor

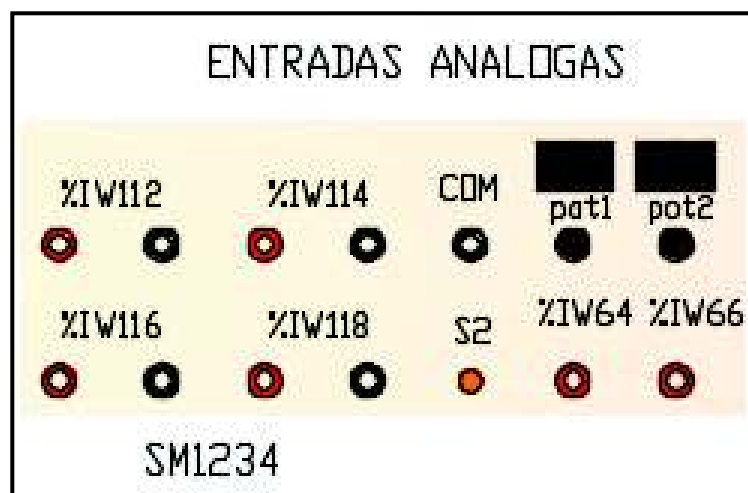


Figura 3.13 Distribución física de las entradas analógicas.

d) Salidas digitales

Esta sección se encuentra conformada por 36 borneras como se muestra en la Figura 3.14, de las cuales se encuentran conectadas eléctricamente 16; las 6 salidas digitales con las que cuenta el PLC (%Q0.0 hasta %Q0.5) y las borneras 1L, 1N y 2L, 2N. Las borneras que van desde la salida %Q8.0 hasta la %Q8.7 y las borneras 1L, 3N y 2L, 4N fueron colocadas considerando una futura ampliación del número de salidas de la CPU 1212C mediante el módulo de ampliación digital SM 1223.

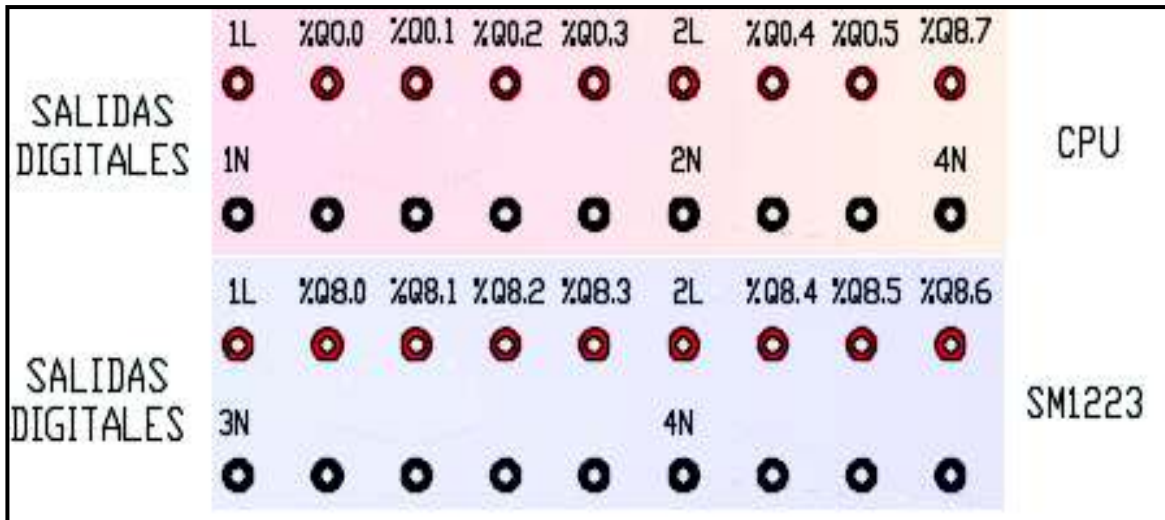


Figura 3.14 Distribución física de las salidas digitales.

Las borneras (1L, 2L, 1N, 2N, 3N y 4N) requieren de un suministro de voltaje para su alimentación y esta se obtiene de la red.

Las borneras de las salidas digitales serán utilizadas para conectar dispositivos como electroválvulas, sirenas, motores, etc.

e) Salidas Analógicas

La CPU 1212C no cuenta con salidas analógicas, sin embargo considerando una posterior ampliación de la unidad didáctica mediante el módulo de expansión analógica SM 1234 y la *Signal Board*, se dispone de una sección para dichas salidas con su respectiva ubicación e identificación. Así las salidas %QW112 y %QW114 corresponden al módulo SM 1234 mientras que la salida %QW80 corresponde a la *Signal Board*.

La Figura 3.15 muestra la disposición física para las salidas analógicas, cuya sección se encuentra conformada por 6 borneras para la conexión de elementos.

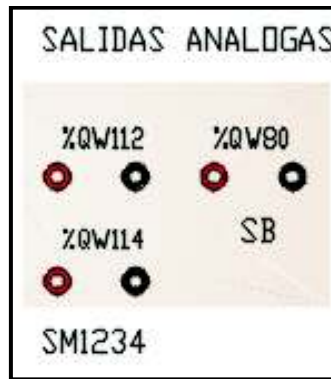


Figura 3.15 Disposición física de las salidas analógicas.

❖ Diseño de fuentes de alimentación

Para que los voltímetros funcionen y la señal variable (0 a 10 V) sea generada, se necesita de un circuito que proporcione una alimentación de 5 V para los voltímetros digitales y un circuito divisor de tensión con potenciómetros que permitan obtener el voltaje requerido, dichos circuitos se encuentran descritos a continuación:

a) Fuente de Alimentación de 5 V

Es un circuito de baja potencia alimentado por el PLC el cual permite proporcionar la alimentación necesaria para el funcionamiento de los voltímetros digitales.

Este circuito se observa en la Figura 3.16 y consta de los siguientes elementos:

- Regulador de voltaje LM7805
- Capacitores: 470 uF, 10 uF y 100 nF

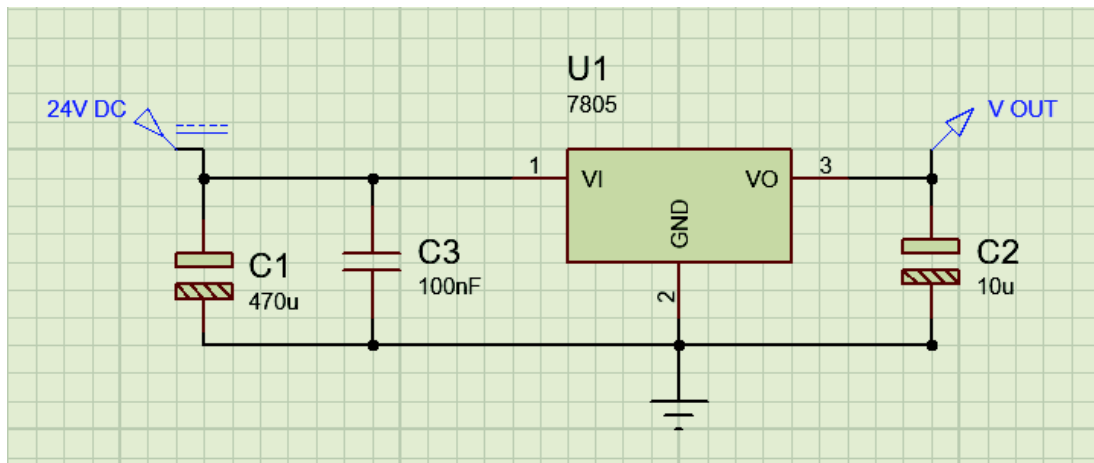


Figura 3.16 Circuito regulador de voltaje 5 V.

b) Fuente de alimentación variable de 0 a 10 V

Es un circuito divisor de tensión alimentado con 24 V del PLC; que permite generar una alimentación variable de 0 a 10 V para cada entrada analógica como se muestra en la Figura 3.17.

Consta de los siguientes elementos:

- Una resistencia de 1 k Ω
- Un potenciómetro de 1 k Ω
- Dos potenciómetros de 500 k Ω

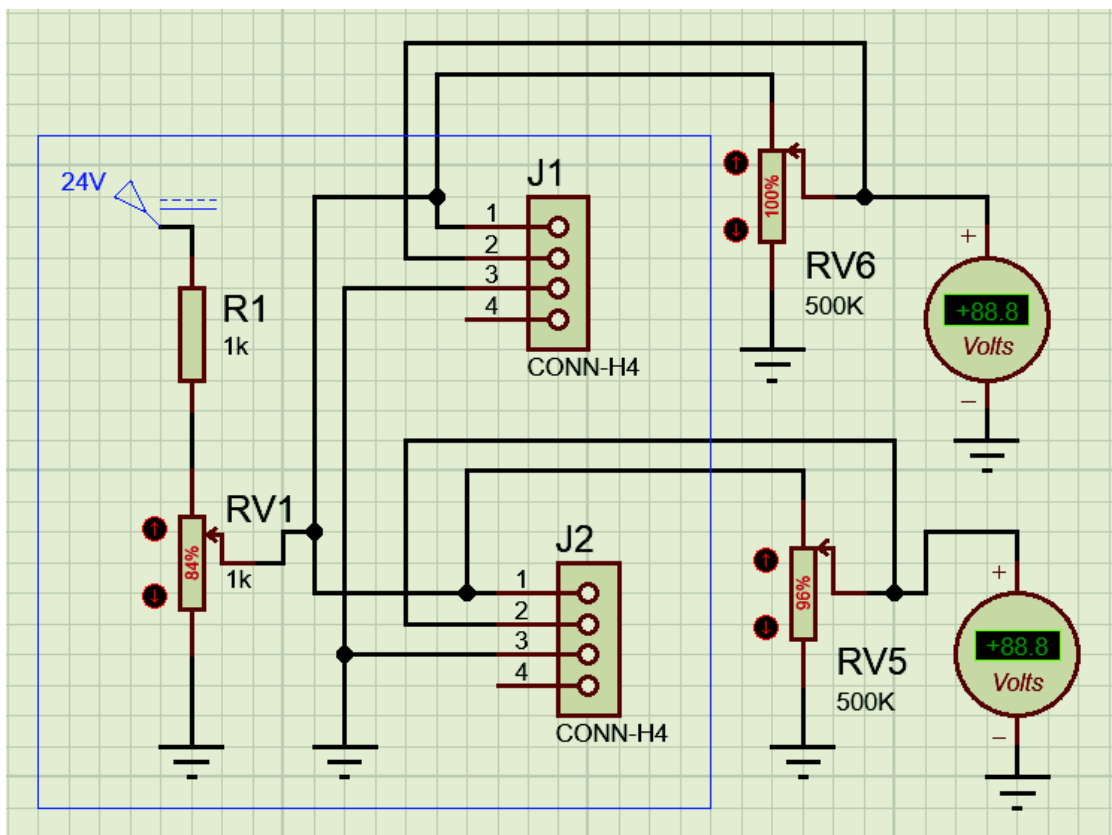


Figura 3.17 Circuito divisor de tensión 0 a 10 V.

A continuación, en las Figuras 3.18 y 3.19 se ilustran la construcción del gabinete de acuerdo a los planos realizados y la perforación de orificios en la parte frontal de la estructura.



Figura 3.18 Construcción del gabinete eléctrico.



Figura 3.19 Perforación de orificios en la parte frontal del gabinete.

3.4. Conexión eléctrica del módulo

Tanto el circuito de control como el de potencia contemplan las siguientes conexiones:

- ① Alimentación del PLC
- ② Fuente interna de 24 V del PLC
- ③ Entradas digitales
- ④ Entradas analógicas
- ⑤ Salidas digitales

En la Figura 3.20 se puede contemplar la manera correcta de realizar el cableado de la CPU 1212C AC/DC/RELÉ.

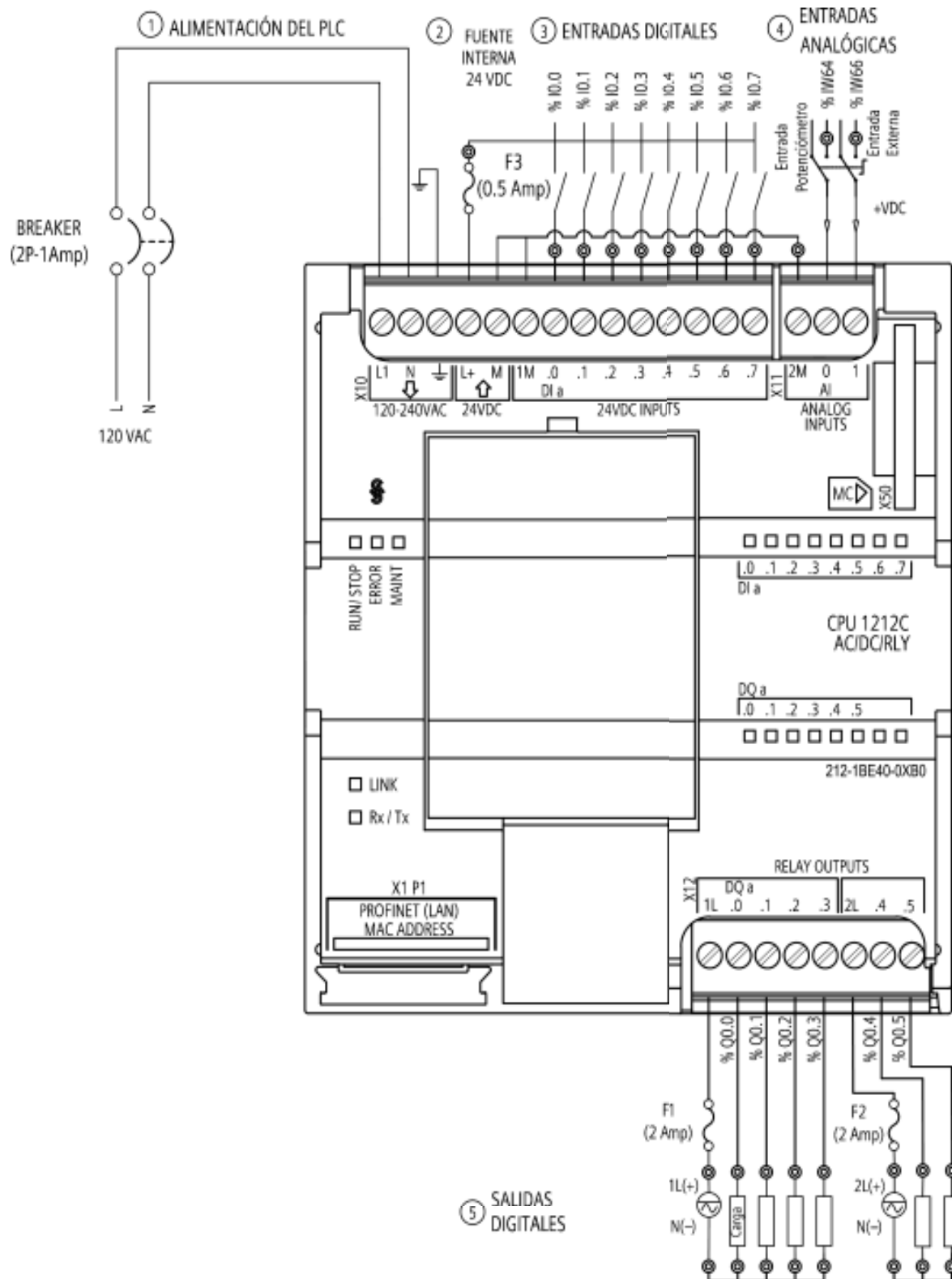


Figura 3.20 Diagrama de cableado de la CPU 1212C AC/DC relé. [3]

3.5. Montaje de equipos y dispositivos eléctricos

De acuerdo a las dimensiones y características estructurales descritas en el Anexo B, se procede a realizar el montaje de los elementos y dispositivos que conforman el módulo según las Figuras 3.9 y 3.10.

En la Figura 3.21 se muestra la ubicación de los elementos de acuerdo a los planos esquemáticos y a lo descrito en la sección 3.3.2.



Figura 3.21 Montaje del gabinete.

Para realizar el montaje de los aparatos y dispositivos del módulo, se consideran aspectos fundamentales como disponer los dispositivos eléctricos y electrónicos que generan calor en zonas frías del armario eléctrico y así prolongar su vida útil.

La CPU va montada en un riel DIN fijada por los clips del módulo previstos para fijar el dispositivo al perfil. Además, es preciso prever una zona de disipación de 25 mm por encima y por debajo de la unidad para que el aire pueda circular libremente. La Figura 3.22, muestra la manera correcta de montaje del PLC [3].

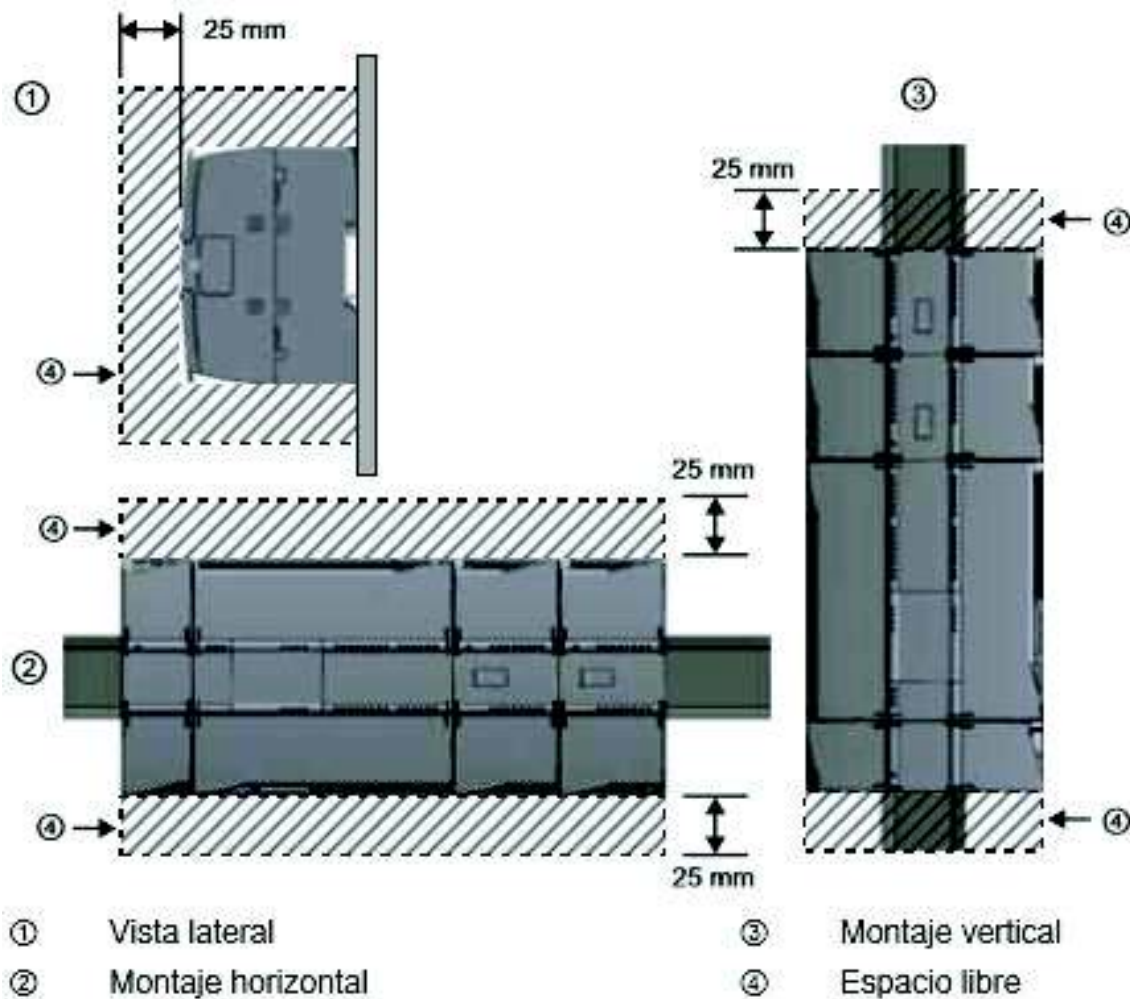


Figura 3.22 Montaje del PLC sobre el riel. [3]

Con los elementos en su ubicación correcta se procede a realizar el cableado interno del módulo en base al diagrama especificado en la Figura 3.20 tomando en cuenta que para la disposición del PLC S7-1200, es necesario prever un espacio suficiente para el cableado y la conexión de los cables de comunicación [6].

La ruta del cableado de los dispositivos montados en el panel se considera en base al espacio necesario para que la refrigeración del PLC pueda ser por convección natural, de esta manera los cables son pasados por medio de canaletas de 2.5 cm, envueltos por un espiral, sujetos al gabinete con plaquetas adhesivas y etiquetados con su respectiva nomenclatura para brindar mayor estética al módulo de control como se muestra en las Figuras 3.23 y 3.24.



Figura 3.23 Cableado interno de los componentes.

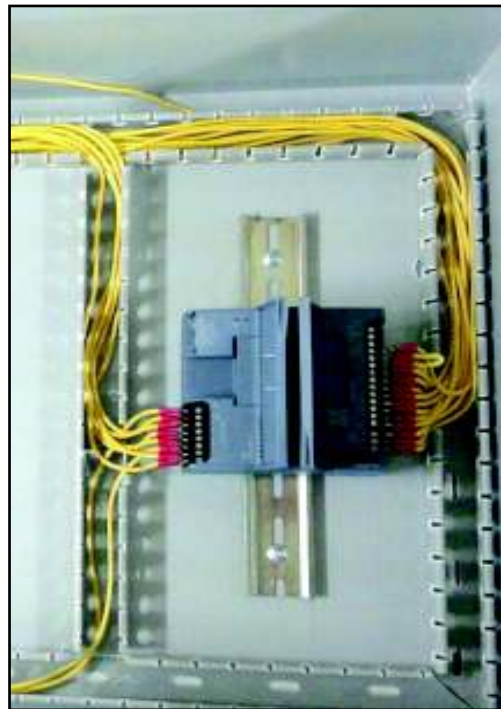


Figura 3.24 Cableado de las entradas y salidas del PLC.

De esta manera las conexiones eléctricas del módulo didáctico se realizaron de acuerdo a la Tabla 3.3, cumpliendo con las respectivas normas técnicas especificadas por SIEMENS [3].

Tabla 3.3 Cables utilizados para la conexión eléctrica del módulo.

COLOR DE CABLE	CALIBRE AWG	INTENSIDAD MÁXIMA (A)	DETALLE DE CONEXIÓN
Amarillo	18	7	Conexión de las entradas y salidas digitales
Negro	14	15	Conexión de la alimentación del PLC
Blanco	14	15	Conexión de la alimentación del PLC
Verde	14	15	Conexión a tierra del PLC
Azul	22	3	Conexión de las entradas analógicas

La Figura 3.25 ilustra el resultado final de la implementación del módulo didáctico.

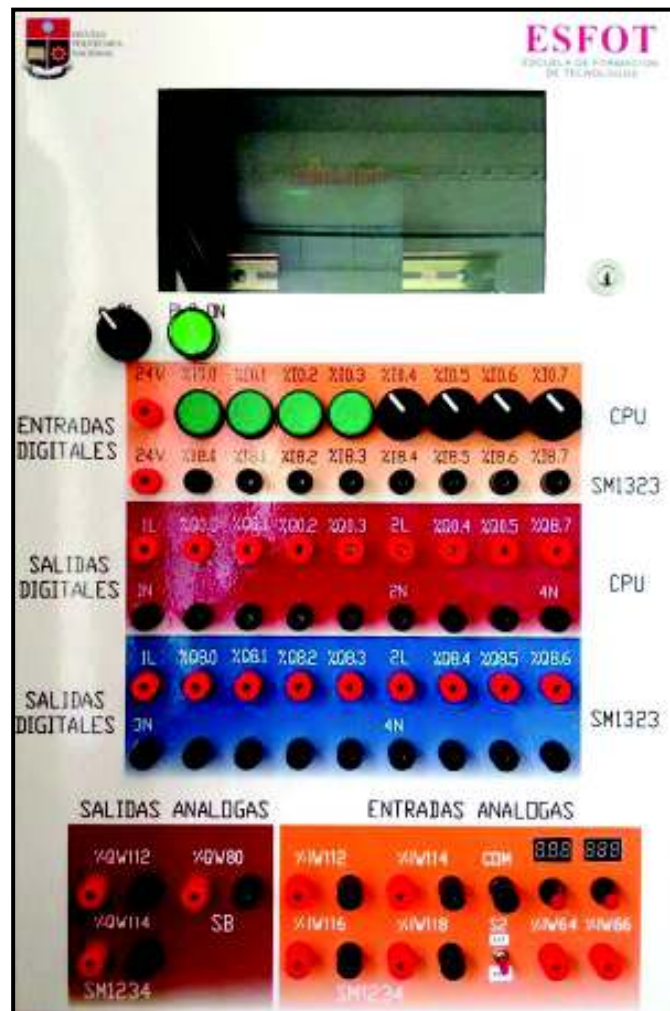


Figura 3.25 Módulo didáctico implementado.

3.6. Programación para el PLC

En un Controlador Lógico Programable la CPU permite estructurar de manera eficiente el programa de usuario mediante los siguientes bloques lógicos:

- Los bloques de organización “OBs” que son los que definen la estructura del programa.
- Las funciones “FCs” y los bloques de función “FBs” los cuales contienen el código de programa correspondiente a tareas específicas o combinaciones de parámetros,
- Los bloques de datos “DBs” que almacenan datos que pueden ser utilizados por los bloques del programa [3].

❖ Algoritmos de Control

Para el desarrollo de los algoritmos de control se utiliza el software SIMATIC STEP7 V13 (TIA PORTAL), se hace uso de bloques organizacionales y lenguaje de programación LADDER (lógica de contactos) por su amplia y fácil utilización.

a) Control del nivel de agua en un sistema de bombeo.

Se requiere realizar el control automático del nivel de líquido de un tanque, en base a las siguientes consideraciones:

- El sistema es de recirculación, por lo que cuenta con dos tanques; un tanque reservorio para almacenamiento del líquido y un tanque de control de nivel.
- Se establecieron tres niveles en el tanque de control: nivel bajo, nivel medio, y nivel alto.
- Existe un sensor ultrasónico de distancia en el tanque de control, para precisar el nivel actual del tanque. Los sensores ultrasónicos en el mercado actual no cuentan con una salida analógica, de modo que envían un pulso cuyo tiempo de duración debe ser medido y en base a esto se calcula el nivel del tanque.
- El sistema de bombeo de entrada es automático, es decir la bomba debe o no, enviar líquido al tanque según el nivel seleccionado.
- El panel de control se encuentra conformado por un botón de INICIO, un botón de PARO, y un botón de EMERGENCIA, así como también tres botones para la selección de cada nivel del tanque (ALTO, MEDIO y BAJO). Adicionalmente para el sistema de DESCARGA se tiene un interruptor para realizar dicho proceso.
- Se dispone de una Interfaz Humano-Máquina (HMI) para el control, monitoreo y supervisión del sistema.

La Interfaz Humano-Máquina (HMI) consta de dos pantallas:

- La pantalla principal donde se pueden visualizar todas las funcionalidades del sistema como se muestra en la Figura 3.26.
- La pantalla secundaria es la ventana CURVAS que permite visualizar la variación en el tiempo del nivel de agua. Esta imagen dispone de un botón de retorno a la pantalla principal como se muestra en la Figura 3.27.

Antes de explicar cada segmento de la programación se muestra la Tabla 3.4 con las variables del PLC.

Tabla 3.4 Variables del Sistema de Control de Nivel.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	TIPO DE DATOS	DIRECCIÓN
INICIO_MANUAL	BOTÓN DE INICIO MODO MANUAL	BOOL	%I0.7
INICIO_AUT	BOTÓN INICIO MODO AUTOMÁTICO	BOOL	%M1.0
PARO_M	BOTÓN DE PARO (MANUAL)	BOOL	%I0.1
PARO_AUT	BOTÓN DE PARO (AUTOMÁTICO)	BOOL	%M1.4
EMERGENCIA_M	BOTÓN DE PARO DE EMERGENCIA (MANUAL)	BOOL	%I0.2
EMERGENCIA_AUT	BOTÓN DE PARO DE EMERGENCIA (AUTOMÁTICO)	BOOL	%M1.5
BOMBA	BOBINA PARA ENCENDER BOMBA	BOOL	%Q0.0
BAJO_M	SELECTOR DE NIVEL BAJO (MANUAL)	BOOL	%I0.4
BAJO_AUT	SELECTOR DE NIVEL BAJO (AUTOMÁTICO)	BOOL	%M1.1
MEDIO_M	SELECTOR DE NIVEL MEDIO (MANUAL)	BOOL	%I0.5
MEDIO_AUT	SELECTOR DE NIVEL MEDIO (AUTOMÁTICO)	BOOL	%M1.2
ALTO_M	SELECTOR DE NIVEL ALTO (MANUAL)	BOOL	%I0.6
ALTO_AUT	SELECTOR DE NIVEL ALTO (AUTOMÁTICO)	BOOL	%M1.3
LLENAR	BOBINA PARA ACTIVAR ESTADO LLENAR TANQUE	BOOL	%M18.3
VACIAR	BOBINA PARA ACTIVAR ESTADO VACIAR TANQUE	BOOL	%M18.4
DESCARGAR	BOTÓN DE DESCARGA (MANUAL)	BOOL	%I0.3
DESCARGAR_AUT	BOTÓN DE DESCARGA (AUTOMÁTICO)	BOOL	%M1.6
VÁLVULA_23	BOBINA PARA ACTIVAR VÁLVULAS 2 Y 3	BOOL	%Q0.1
VÁLVULA_14	BOBINA PARA ACTIVAR VÁLVULAS 1 Y 4	BOOL	%Q0.2

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	TIPO DE DATOS	DIRECCIÓN
Señal_sensor	ENTRADA ANALÓGICA DEL SENSOR	BOOL	%IW64
Aux_real	SALIDA NORMALIZADA TIPO REAL	REAL	%MD2
Nivel_Tanque	SALIDA PARA VISUALIZAR NIVEL ACTUAL DEL TANQUE TIPO ENTERO	INT	%MW27
NIVEL_ACTUAL_TANQUE	SALIDA PARA VISUALIZAR EL NIVEL ACTUAL DEL TANQUE	REAL	%MD60
H1	LUZ INDICADORA DE NIVEL BAJO	BOOL	%M18.1
H2	LUZ INDICADORA DE NIVEL MEDIO	BOOL	%M18.2
H3	LUZ INDICADORA DE NIVEL ALTO	BOOL	%M18.5
RESET_M	BOTÓN PARA RESETEAR EL CONTADOR (MODO MANUAL)	BOOL	%I0.0
RESET_AUT	BOTÓN PARA RESETEAR EL CONTADOR (MODO AUTOMÁTICO)	BOOL	%M1.7
AUX_NIVEL1	BOBINA PARA DESACTIVAR EL ESTADO LLENAR TANQUE	BOOL	%M66.1
CONT_NIVEL1	SALIDA PARA VISUALIZAR CONTEO DE CTU1	INT	%MW66
AUX_NIVEL2	BOBINA PARA DESACTIVAR EL ESTADO VACIAR TANQUE	BOOL	%M68.4
CONT_NIVEL2	SALIDA PARA VISUALIZAR CONTEO DE CTU2	INT	%MW68
AUX_ALTO	BOBINA AUXILIAR DE NIVEL ALTO	BOOL	%M68.0
AUX_BAJO	BOBINA AUXILIAR DE NIVEL BAJO	BOOL	%M68.1
AUX_MEDIO	BOBINA AUXILIAR DE NIVEL MEDIO	BOOL	%M68.2
AUX_VOLUMEN	VARIABLE PARA CÁLCULO DE VOLUMEN EN CM3	WORD	%MW72
VOLUMEN_TANQUE	SALIDA PARA VISUALIZAR EL VOLUMEN ACTUAL DEL TANQUE EN LITROS	INT	%MW70

La función de estas variables es explicada en cada sección del programa que se muestra a continuación:

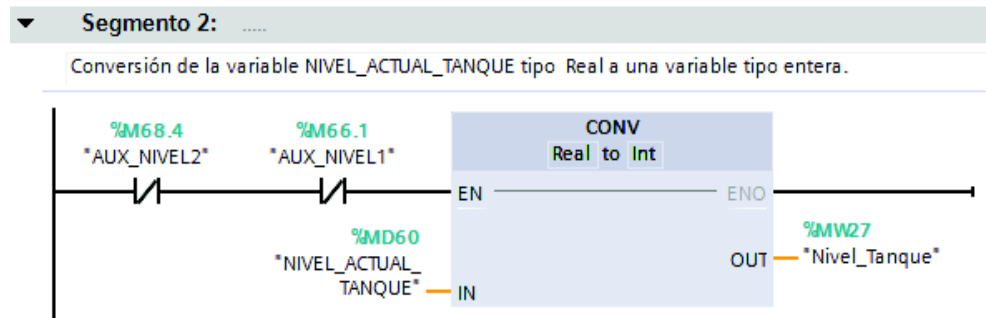
SEGMENTO 1:

Permite realizar la normalización y escalamiento de la señal analógica del transmisor de nivel.



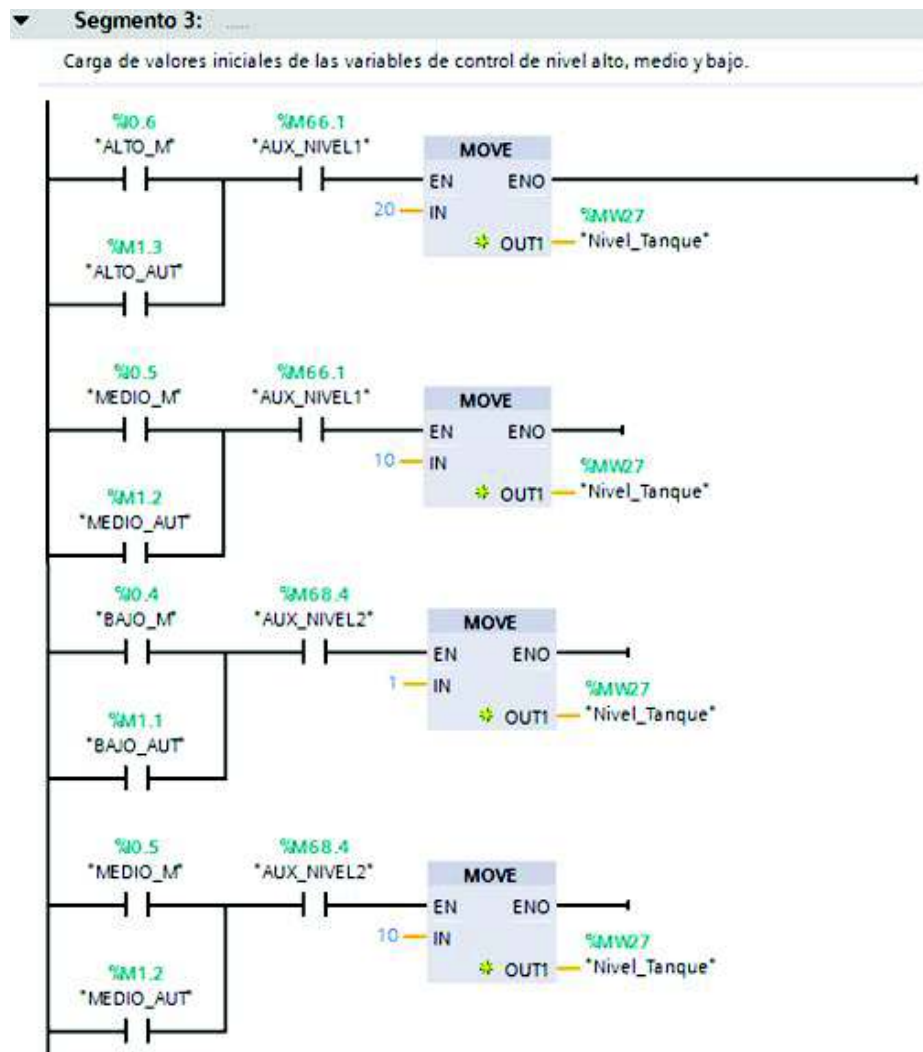
SEGMENTO 2:

Permite realizar la conversión de la variable escalada NIVEL_ACTUAL_TANQUE de tipo REAL a tipo ENTERO.



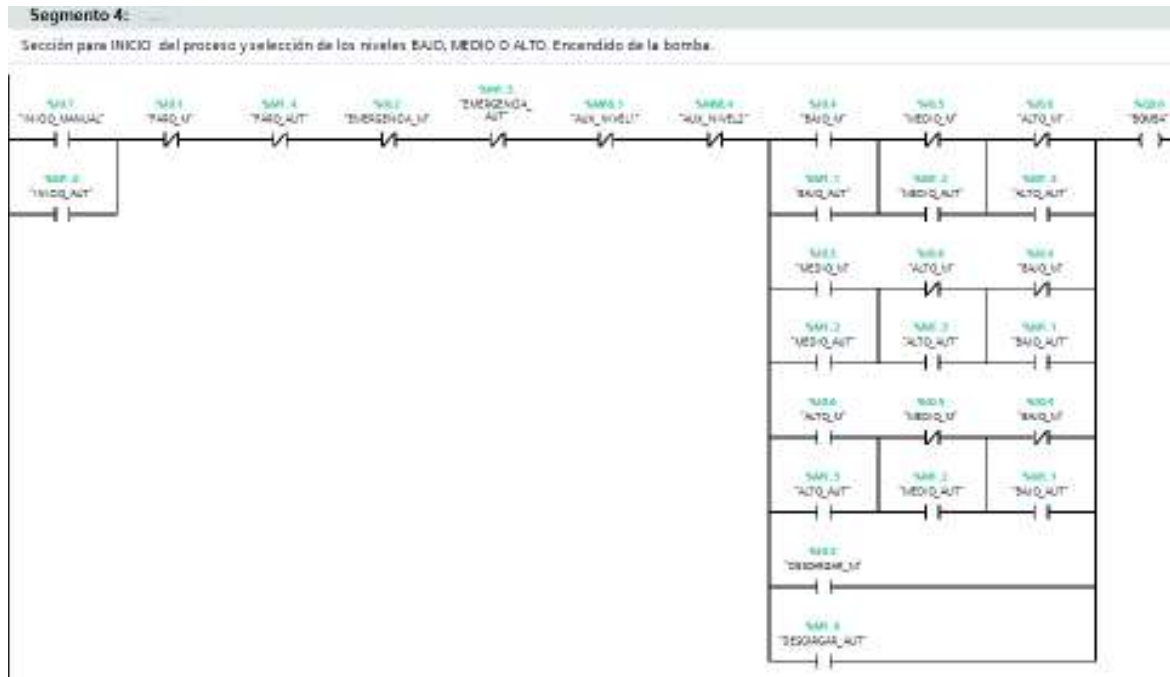
SEGMENTO 3:

Carga los valores iniciales de las variables de control de nivel alto (20 cm), nivel medio (10 cm) y nivel bajo (1 cm).



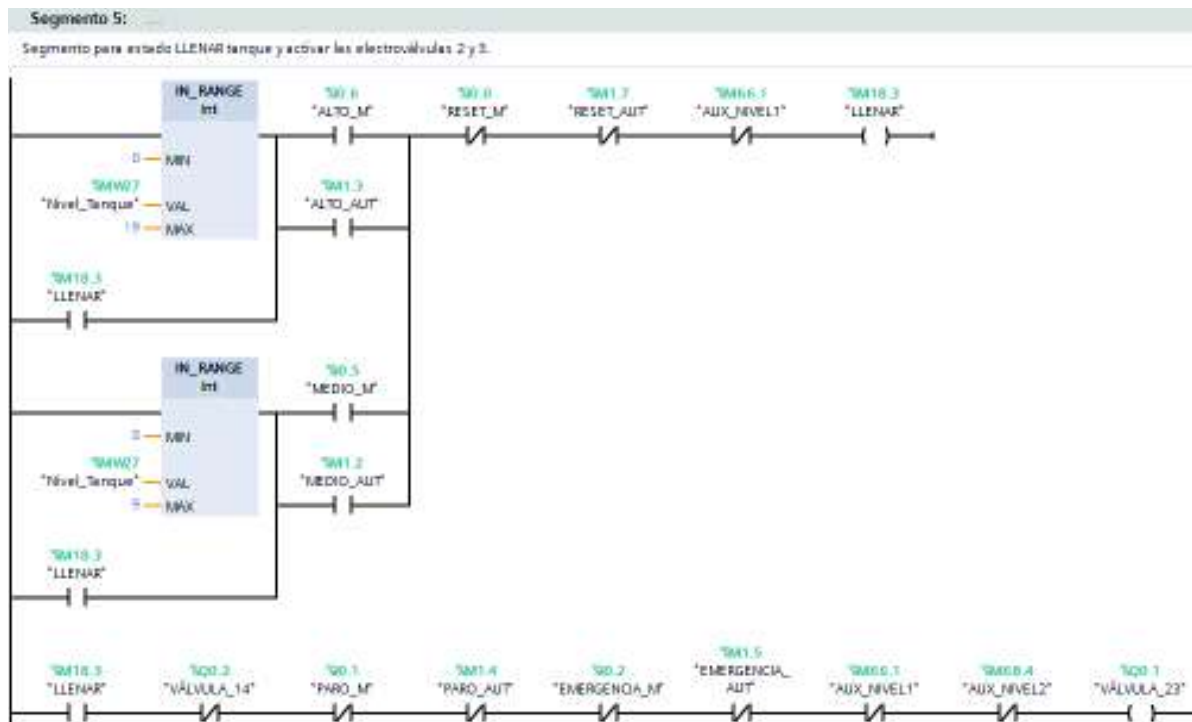
SEGMENTO 4:

Permite iniciar el proceso mediante el botón INICIO que da la respectiva señal para proceder a seleccionar el valor de nivel deseado en el tanque (BAJO, MEDIO o ALTO) y la activación de la BOMBA en la dirección %Q0.0.



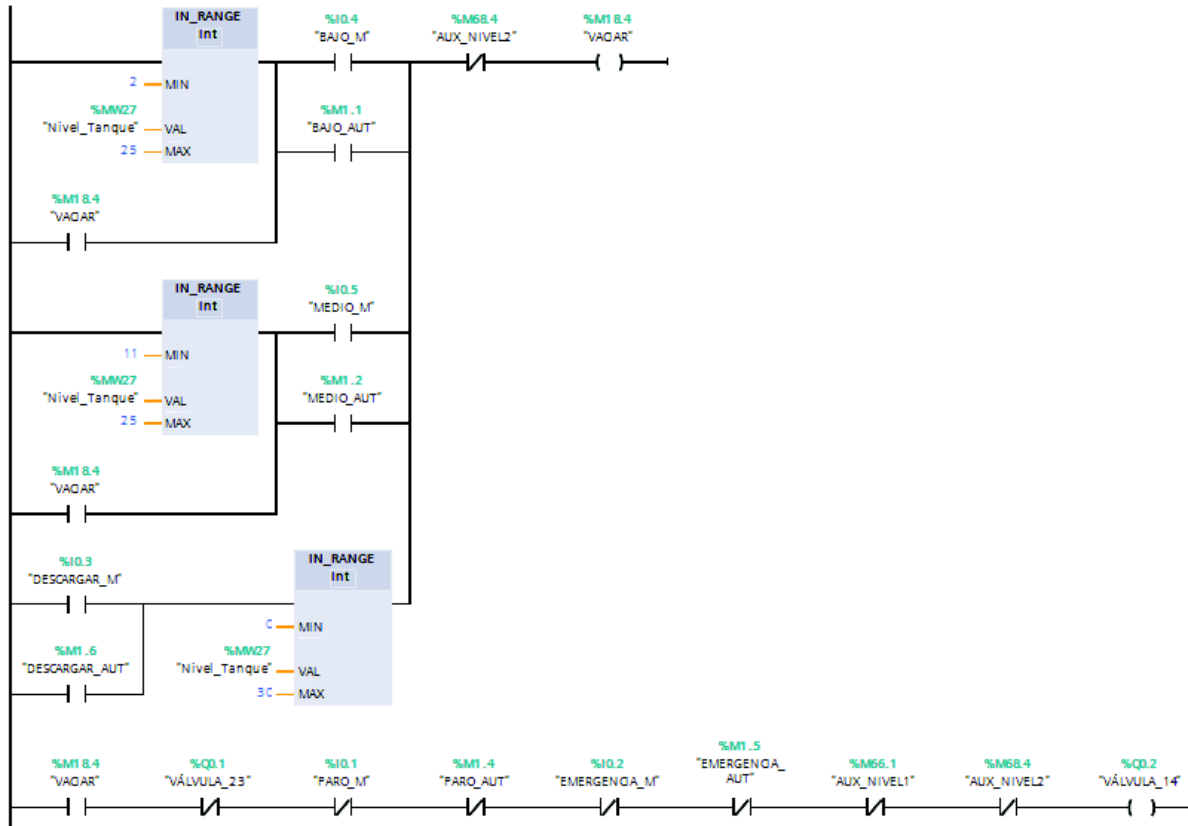
SEGMENTOS 5 Y 6:

Permiten realizar la comparación del nivel actual del tanque y el nivel que se desea obtener, de acuerdo al resultado que arroje la comparación se activarán las bobinas de LLENAR o VACIAR, las cuales permiten activar un par de electroválvulas (2 y 3) o (1 y 4).



Segmento 6:

Segmento para estado VACIAR tanque y activar las electroválvulas 1 y 4.

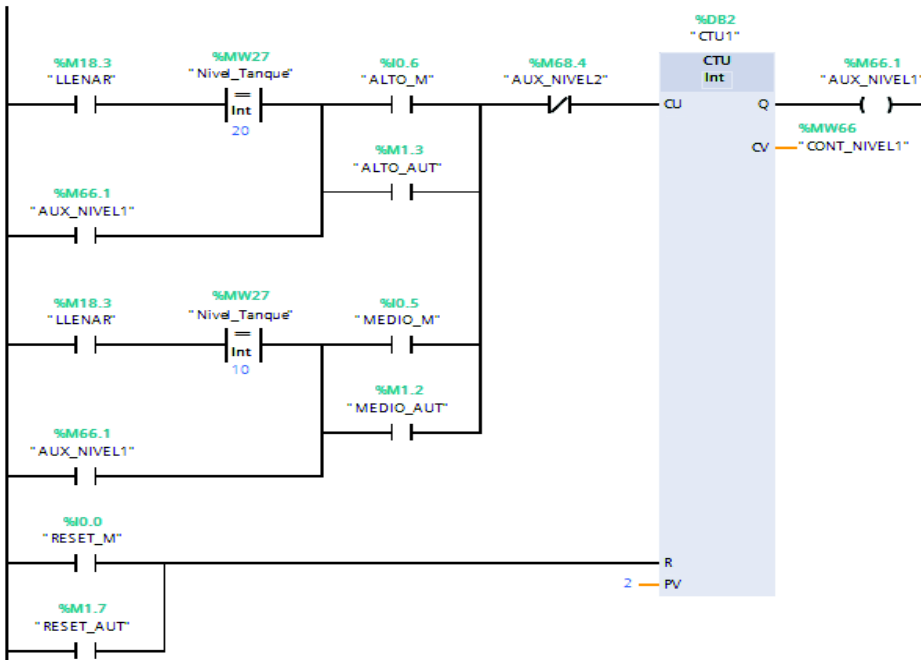


SEGMENTOS 7 Y 8:

Permiten realizar el proceso para desactivar las bobinas de VACIAR o LLENAR una vez alcanzado el nivel deseado del tanque. Además, resetean el sistema para poder cargar una nueva condición.

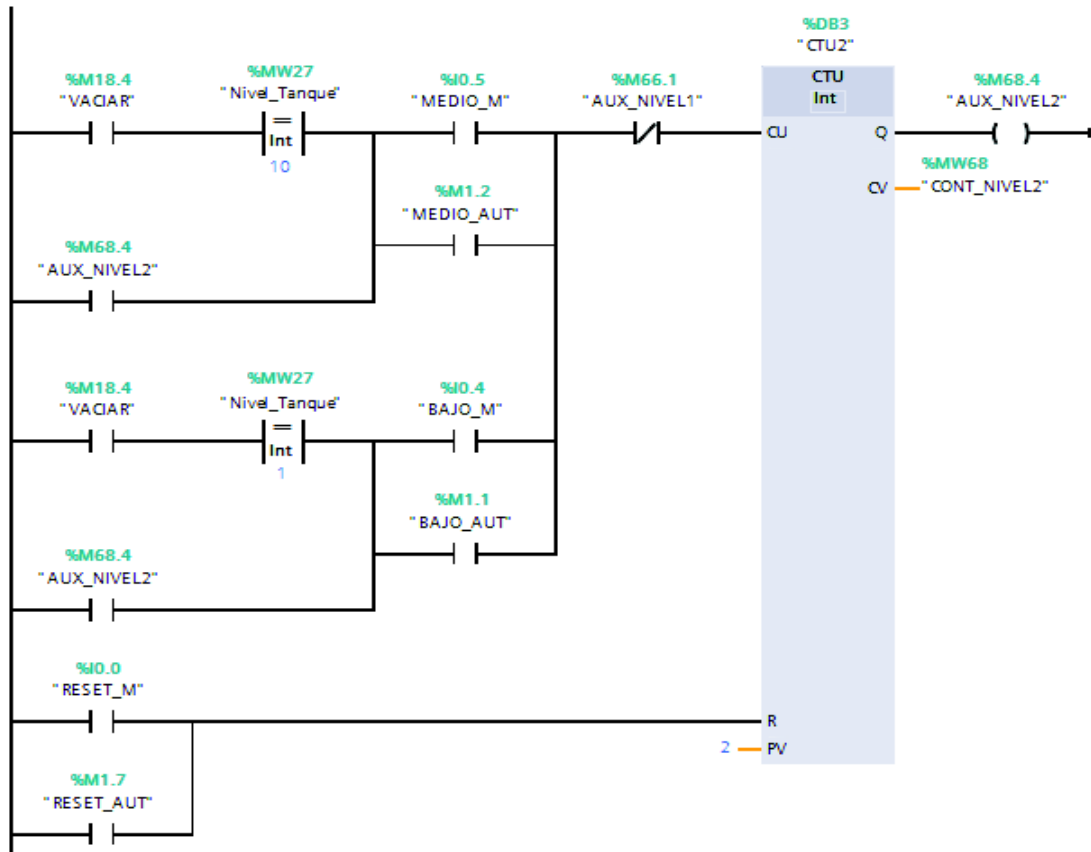
Segmento 7:

Desactivar bobina LLENAR, una vez alcanzado nivel deseado del tanque y reseteo del sistema.



Segmento 8:

Desactivar bobina VACIAR, una vez alcanzado nivel deseado del tanque y reseteo del sistema.

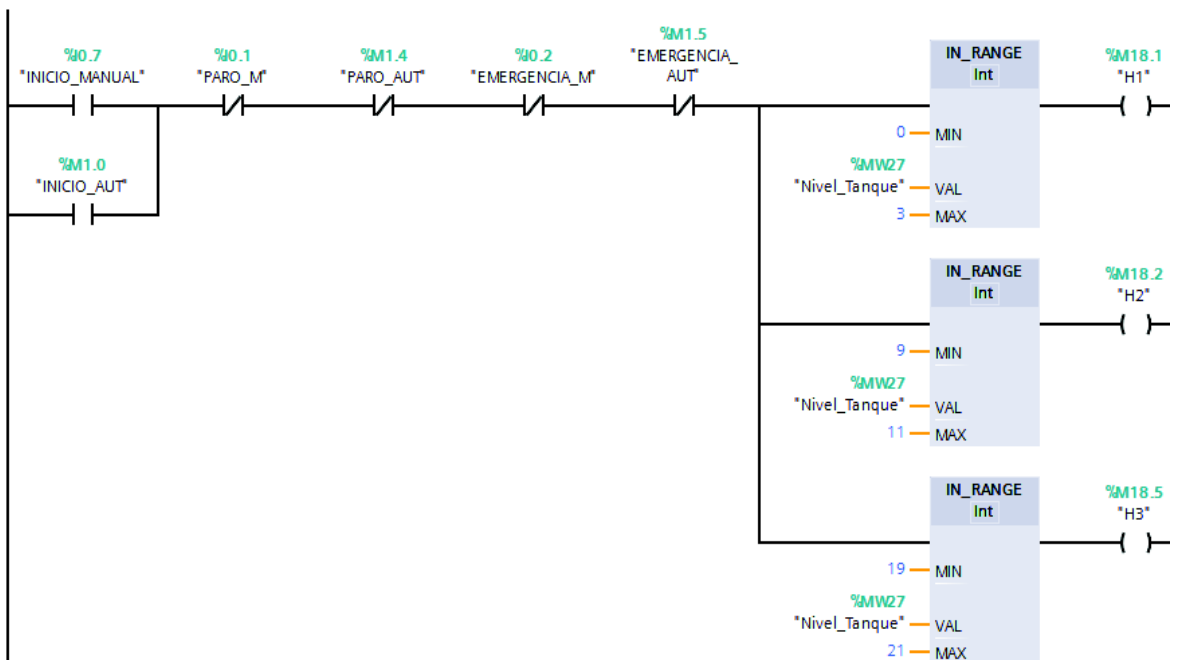


SEGMENTO 9:

Cumple la función de encender luces indicadoras de acuerdo al nivel alcanzado en el tanque.

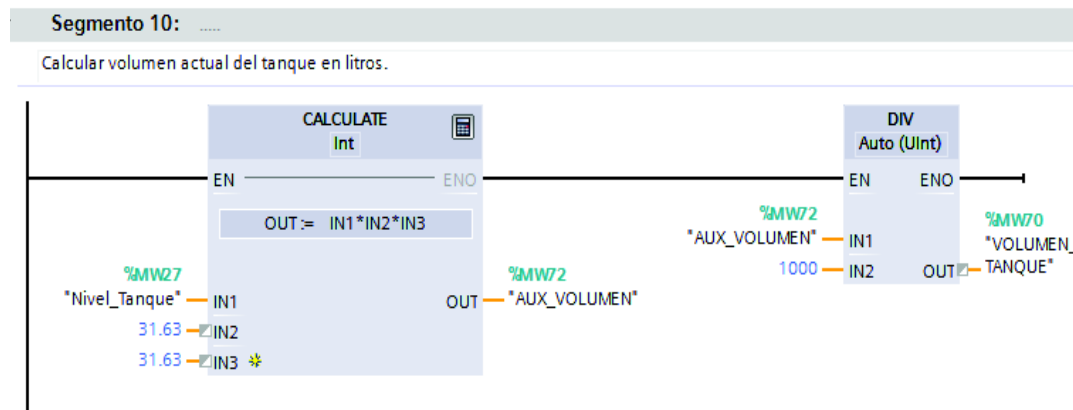
Segmento 9:

Luces indicadoras de nivel actual alcanzado (alto, medio o bajo).



SEGMENTO 10:

Permite calcular el volumen actual del líquido que se encuentra en el tanque de control, de acuerdo al nivel real.



Para poder controlar, monitorear y visualizar de forma eficiente la ejecución del proceso se desarrolla una Interfaz Humano-Máquina (HMI), la cual consta de dos pantallas:




- La primera pantalla, permite al usuario operar el Sistema de Control de Nivel de forma automática. Esta pantalla puede ser visualizada en la Figura 3.26.






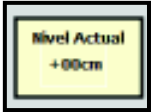
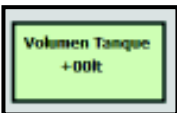


Figura 3.26 Pantalla principal del Sistema de Control de Nivel.

La Tabla 3.5 describe los elementos que conforman la pantalla INICIO del Sistema de Control de Nivel.

Tabla 3.5 Elementos de la pantalla INICIO.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
	Botón de INICIO	Activa el sistema
	Botón de STOP	Detiene el sistema
	Botón de EMERGENCIA	En caso de emergencia detiene el sistema
	Interruptor de DESCARGA	Descarga el tanque de control
	Botón de nivel ALTO	Permite seleccionar el nivel ALTO
	Botón de nivel MEDIO	Permite seleccionar el nivel MEDIO
	Botón de nivel BAJO	Permite seleccionar el nivel BAJO
	Luz indicadora del botón INICIO estado MANUAL	Indica que el botón INICIO está siendo controlado de modo MANUAL
	Luz indicadora del botón INICIO estado HMI	Indica que el botón INICIO está siendo controlado desde la interfaz HMI
	Luz indicadora del botón STOP estado MANUAL	Indica que el botón STOP está siendo controlado de modo MANUAL
	Luz indicadora del botón STOP estado HMI	Indica que el botón STOP está siendo controlado desde la interfaz HMI
	Luz indicadora del botón EMERGENCIA estado MANUAL	Indica que el botón EMERGENCIA está siendo controlado de modo MANUAL
	Luz indicadora del botón EMERGENCIA estado HMI	Indica que el botón EMERGENCIA está siendo controlado desde la interfaz HMI
	Luz indicadora del switch de DESCARGA estado MANUAL	Indica que el switch de DESCARGA está siendo controlado de modo MANUAL
	Luz indicadora del switch de DESCARGA estado HMI	Indica que el switch de DESCARGA está siendo controlado desde la interfaz HMI
	Luz indicadora del botón ALTO estado MANUAL	Permite visualizar que el nivel ALTO ha sido activado de forma MANUAL
	Luz indicadora del botón ALTO estado HMI	Permite visualizar que el nivel ALTO ha sido activado desde la interfaz HMI
	Luz indicadora del botón MEDIO estado MANUAL	Permite visualizar que el nivel MEDIO ha sido activado de forma MANUAL

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
	Luz indicadora del botón MEDIO estado HMI	Permite visualizar que el nivel MEDIO ha sido activado desde la interfaz HMI
	Luz indicadora del botón BAJO estado MANUAL	Permite visualizar que el nivel BAJO ha sido activado de forma MANUAL
	Luz indicadora del botón BAJO estado HMI	Permite visualizar que el nivel BAJO ha sido activado desde la interfaz HMI
	Botón de RESET	Permite resetear el sistema para seleccionar nuevo nivel
	Botón de CURVAS	Permite acceder a la pantalla de CURVAS
	Visualizador Nivel Actual	Indica el nivel actual del líquido en el tanque de control, con su respectiva unidad de medida
	Visualizador Volumen Tanque	Indica el volumen actual del líquido en el tanque de control, con su respectiva unidad de medida







- La segunda pantalla, permite visualizar la variación en el tiempo de la señal de nivel como se muestra en la Figura 3.27.



Figura 3.27 Pantalla de curvas del Sistema de Control de Nivel.

La descripción de los elementos que conforman la pantalla CURVAS, puede visualizarse en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6 Elementos de la pantalla CURVAS.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
	Luz indicadora estado LLENADO	Indica que el tanque de control es llenado
	Luz indicadora estado VACIADO	Indica que el tanque de control es vaciado
	Botón VOLVER	Permite regresar a la pantalla principal
	Barra de desplazamiento vertical SEÑAL DEL SENSOR	Permite visualizar como se encuentra variando el nivel del líquido en el tanque de control de acuerdo a la señal del transmisor
	Visor de Curvas	Permite visualizar la variación en el tiempo de la señal analógica del transmisor de nivel
	Visualizador Nivel Actual	Indica el nivel actual del líquido en el tanque de control, con su respectiva unidad de medida

b) Sistema inteligente de iluminación, seguridad y climatización de una vivienda.

Se requiere realizar un sistema de control de iluminación, climatización y seguridad para lo cual se tienen las siguientes consideraciones:

- Para el control de acceso se dispone de un teclado (en la interfaz HMI), para la digitación de la clave del sistema de seguridad.
- La clave para activar y desactivar el sistema de seguridad consta de 6 dígitos. Se tiene 2 intentos para digitar la clave configurada, en un tiempo de 10 segundos cada uno. En caso de que no se ingrese la clave correcta en los intentos permitidos se activará una sirena, la cual puede ser desactivada únicamente digitando la clave correcta.
- Posterior a la desactivación del sistema de seguridad se habilita un pulsador para activar la cerradura eléctrica de modo manual.

- Los paneles de iluminación y climatización se habilitarán después de desactivar el sistema de seguridad.
- El sistema de control de iluminación funciona de modo manual y modo automático.
- Existe un módulo sensor de luz LDR para el control automático de la iluminación.
- Se dispone de un circuito de acondicionamiento con un sensor LM35 para determinar la temperatura en el sistema.
- Se establece un rango de temperatura confort (22-24 °C); si la temperatura actual no se encuentra dentro de este rango, de manera automática se enciende un calefactor o ventilador para alcanzar dicho estado.
- El panel de control cuenta con interruptores para la activación general del sistema, selección del modo manual/automático del sistema de iluminación, encendido de la luminaria en modo manual y activación manual del calefactor y ventilador.
- Se dispone de una interfaz HMI para el control, monitoreo y supervisión del sistema.

La interfaz HMI consta de tres pantallas:

- La pantalla principal es la ventana SEGURIDAD, la cual dispone de un interruptor general y todas las funcionalidades para el sistema de seguridad como se muestra en la Figura 3.28.
- La pantalla secundaria es la ventana ILUMINACIÓN en la cual se encuentran las funcionalidades del sistema de iluminación como se muestra en la Figura 3.29.
- La tercera pantalla es la ventana CLIMATIZACIÓN en la cual se encuentran las funcionalidades del sistema de climatización como se muestra en la Figura 3.30.
- Cada una de las pantallas cuenta con botones para el direccionamiento a la pantalla deseada.

Para desarrollar los algoritmos que permitan controlar el Sistema Domótico se establecen las variables descritas en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7 Variables del Sistema Domótico.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	TIPO DE DATOS	DIRECCIÓN
S1 GENERAL HMI	INTERRUPTOR GENERAL DEL SISTEMA HMI	BOOL	%M1.0
S_GENERAL FISICO	INTERRUPTOR GENERAL DEL SISTEMA MODO MANUAL	BOOL	%I0.4
P1	BOTÓN 1 TECLADO	BOOL	%M1.1

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	TIPO DE DATOS	DIRECCIÓN
P2	BOTÓN 2 TECLADO	BOOL	%M1.2
P3	BOTÓN 3 TECLADO	BOOL	%M1.3
P4	BOTÓN 4 TECLADO	BOOL	%M1.4
P5	BOTÓN 5 TECLADO	BOOL	%M2.2
P6	BOTÓN 6 TECLADO	BOOL	%M2.3
K1T	VARIABLE AUXILIAR 1 DE TECLADO	BOOL	%M0.0
K2T	VARIABLE AUXILIAR 2 DE TECLADO	BOOL	%M0.1
K3T	VARIABLE AUXILIAR 3 DE TECLADO	BOOL	%M0.2
K4T	VARIABLE AUXILIAR 4 DE TECLADO	BOOL	%M0.3
K5T	VARIABLE AUXILIAR 5 DE TECLADO	BOOL	%M2.0
K6T	VARIABLE AUXILIAR 6 DE TECLADO	BOOL	%M2.1
KM1	VARIABLE AUXILIAR PARA ALARMA	BOOL	%M0.4
KM2	VARIABLE AUXILIAR DE TECLADO	BOOL	%M0.6
RT1	VARIABLE TEMPORIZADOR DE ALARMA	BOOL	%M0.5
RT2	VARIABLE AUXILIAR PARA HABILITAR SISTEMA	BOOL	%M1.5
RT3	VARIABLE PARA DETENER CERRADURA	BOOL	%M1.6
SIRENA	ACTIVAR SIRENA	BOOL	%Q0.1
Voltaje sensor	VARIABLE SEÑAL EXTERNA TEMPERATURA	INT	%IW64

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	TIPO DE DATOS	DIRECCIÓN
Temperatura palabra	VARIABLE AUXILIAR DE TEMPERATURA	INT	%MW50
Var_Aux Normalizado	VARIABLE AUXILIAR NORMALIZADO TEMPERATURA	REAL	%MD52
V ESCALADO REAL	VALOR ESCALADO TEMPERATURA REAL	REAL	%MD56
ESCALADO ENTERO	VALOR DE TEMPERATURA ENTERO	INT	%MW54
CALEFACTOR	ENCENDER CALEFACTOR	BOOL	%Q0.4
CALEFACTOR MANUAL	INTERRUPTOR HMI PARA CALEFACCIÓN	BOOL	%M3.5
VENTILADOR	ENCENDER VENTILADOR	BOOL	%Q0.5
VENTILADOR MANUAL	INTERRUPTOR HMI PARA VENTILACIÓN	BOOL	%M3.6
TON1	VARIABLE TEMPORIZADA SIRENA	BOOL	%M0.7
TIEMPO ALARMA	VARIABLE PARA ACTIVACIÓN DE SIRENA	TIME	%MD64
TIEMPO AUX PERMITIDO	VARIABLE AUXILIAR PARA TIEMPO DE DIGITACIÓN	DINT	%MD72
TIEMPO PERMITIDO	TIEMPO PERMITIDO PARA DIGITACIÓN TECLADO	DINT	%MD68
CERRADURA ELÉCTRICA	ABRIR PUERTA	BOOL	%Q0.0
LDR LUZ	SALIDA ILUMINACIÓN AUTOMÁTICA	BOOL	%Q0.2
LUZ MANUAL	SALIDA ILUMINACIÓN MANUAL	BOOL	%Q0.3
S2 AUT/MANUAL	INTERRUPTOR ILUMINACIÓN AUTO/MANUAL	BOOL	%I0.5

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	TIPO DE DATOS	DIRECCIÓN
S_AUTO/MANUAL HMI	INTERRUPTOR PARA ILUMINACIÓN AUTO/MANUAL HMI	BOOL	%M4.1
S_ON/OFF LUZ HMI	INTERRUPTOR ILUMINACIÓN MANUAL ON/OFF HMI	BOOL	%M4.2
S3 ON/OFF LUZ MANUAL	INTERRUPTOR ILUMINACIÓN MANUAL ON/OFF	BOOL	%I0.6
Pulsador Cerradura	BOTÓN PULSADOR CERRADURA	BOOL	%I0.0
Pulsador Cerradura hmi	PULSADOR DE CERRADURA HMI	BOOL	%M5.1
AUX AL	VARIABLE AUXILIAR 1 DE ALARMA	BOOL	%M2.7
AUX AL2	VARIABLE AUXILIAR 2 DE ALARMA	BOOL	%M6.0
AUX AL3	VARIABLE AUXILIAR 3 DE ALARMA	BOOL	%M6.1
AUX AL4	VARIABLE AUXILIAR 4 DE ALARMA	BOOL	%M6.2
AUX AL5	VARIABLE AUXILIAR 5 DE ALARMA	BOOL	%M6.3
Sirena cont	VARIABLE DE CONTADOR PARA ALARMA	INT	%IW3

A continuación se detalla cada segmento de la programación empleada.

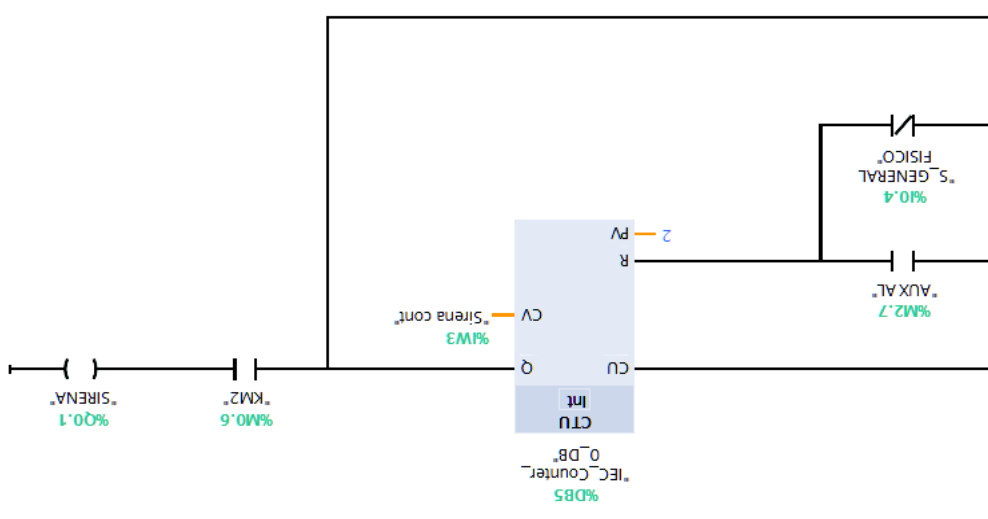
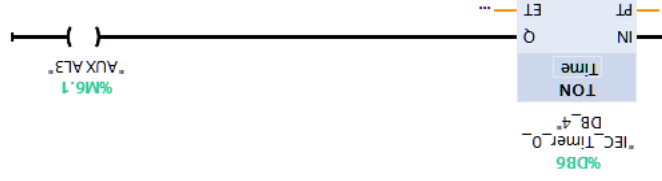
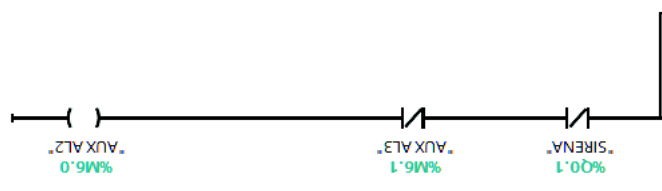
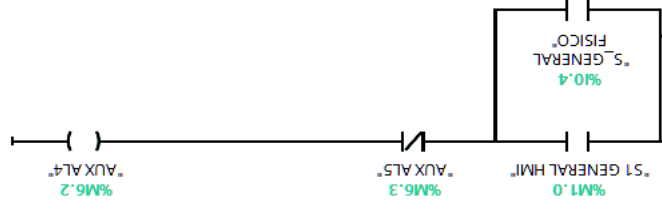
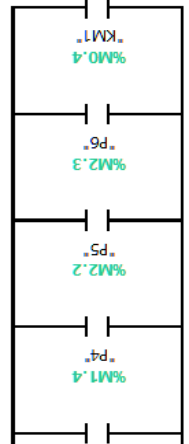
SEGMENTO 1:

Constituye el control de acceso de la vivienda. Permite ingresar la CLAVE configurada 234561 en el sistema; si la clave es correcta da paso a las siguientes secciones de la interfaz HMI, caso contrario activa una ALARMA.

SEGMENTO 2:

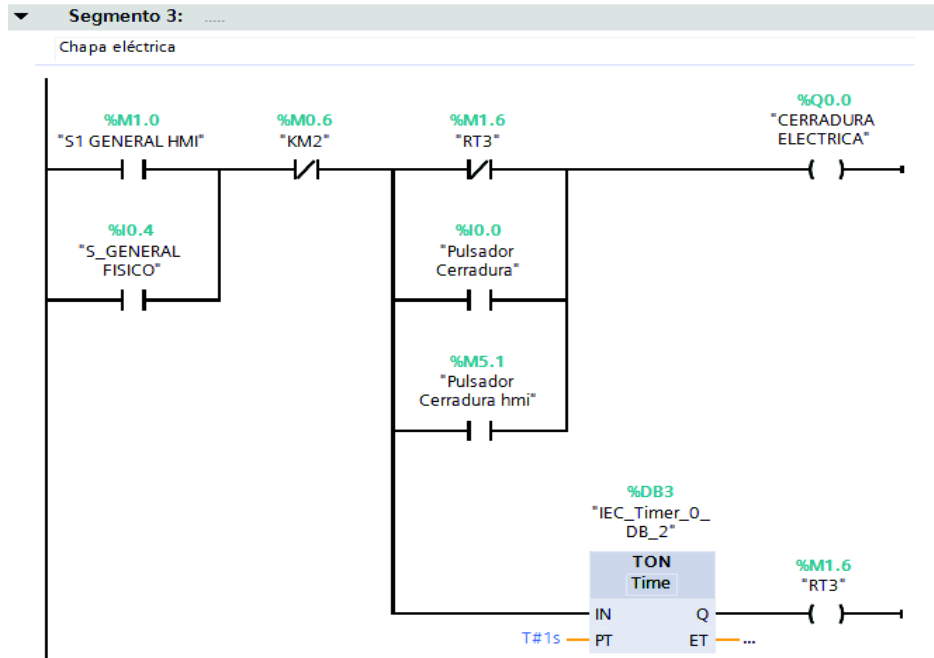
Corresponde a la lógica para activar o desactivar la ALARMA una vez que se ingresa la clave.

ET — TIEMPO ALARMA



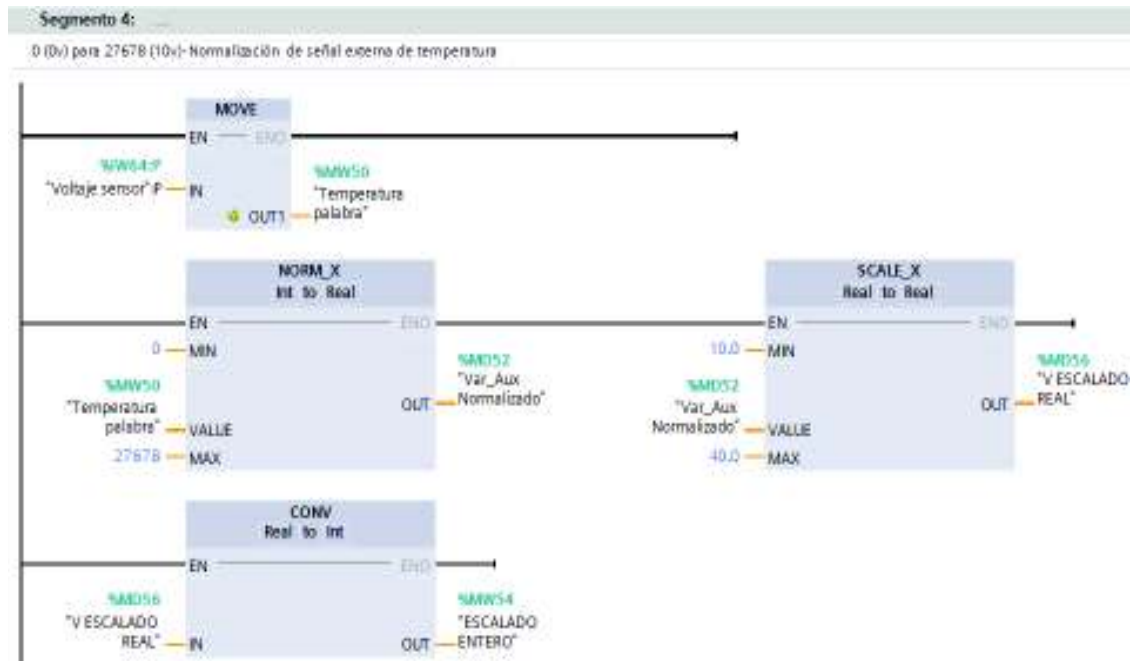
SEGMENTO 3:

Permite dar paso a la apertura de la puerta ya sea de forma manual o de forma automática.



SEGMENTO 4:

Permite realizar la normalización y escalamiento de la señal analógica de temperatura. Además, realiza la conversión de la variable V ESCALADO REAL a un dato tipo ENTERO.



Para el control del Sistema Domótico la interfaz HMI consta de tres pantallas:



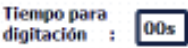
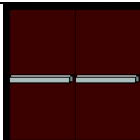
- La primera pantalla Figura 3.28, corresponde a la imagen principal que permite al usuario ingresar a la vivienda y manejar las otras funciones del sistema.

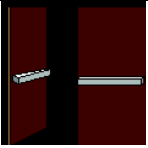







Figura 3.28 Pantalla principal del Sistema de Seguridad Domótico.

La Tabla 3.8 describe los elementos que conforman la pantalla SEGURIDAD del Sistema Domótico.

Tabla 3.8 Elementos de la pantalla SEGURIDAD.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
	Interruptor General	Permite habilitar o deshabilitar el sistema
	Teclado	Permite digitar la clave del sistema de seguridad
	Indicador de tiempo	Muestra el tiempo restante disponible para digitar la clave de seguridad
	Puerta cerrada	Permite visualizar que el sistema de seguridad está activado y no es posible hacer uso de las otras funcionalidades del sistema

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
	Puerta abierta	Permite visualizar que el sistema de seguridad esta desactivado y es posible hacer uso de las otras funcionalidades del sistema
	Cerradura eléctrica	Muestra que la cerradura eléctrica ha sido activada.
	Botón Cerradura	Permite la activación de la cerradura eléctrica una vez desactivado el sistema de seguridad
	Sirena	Indica que la alarma del sistema de seguridad está activada debido a que se ha superado el número máximo de intentos de ingreso de la clave
	Botón Iluminación	Permite acceder a la pantalla Iluminación
	Botón Temperatura	Permite acceder a la pantalla Temperatura

- La segunda pantalla Figura 3.29, permite el control automático o manual de la iluminación de la vivienda.



ESCUELA
POLITÉCNICA
NACIONAL

PRÁCTICA N° 2
SISTEMA DOMÓTICO

ESFOT
ESCUELA DE FORMACION
DE TECNOLOGOS

3.- Control de sistema de iluminación. Off= Automático ON=Manual

AUTO/ MANUAL





3.1- MANUAL. Interruptor de sistema de iluminación.

ILUMINACIÓN





Seguridad







Iluminación

Temperatura

Figura 3.29 Pantalla de control de iluminación.

La Tabla 3.9 describe los elementos que conforman la pantalla ILUMINACIÓN del Sistema Domótico.

Tabla 3.9 Elementos de la pantalla ILUMINACIÓN.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
	Interruptor AUTO/MANUAL	Permite cambiar el modo de control del sistema de iluminación automático/manual. Off=Automático On= Manual
	Interruptor ILUMINACIÓN	Permite encender o apagar las lámparas de modo manual
	Imagen	Permite visualizar que el sistema de iluminación automático está activo
	Imagen	Permite visualizar que el sistema de iluminación manual está activo
	Botón Seguridad	Permite acceder a la pantalla Seguridad
	Botón Temperatura	Permite acceder a la pantalla Temperatura

Por último, la tercera pantalla Figura 3.30, permite acceder al control de temperatura.



Figura 3.30 Pantalla para el control de temperatura.

La Tabla 3.10 describe los elementos que conforman la pantalla CLIMATIZACIÓN del Sistema Domótico.

Tabla 3.10 Elementos de la pantalla CLIMATIZACIÓN.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
	Indicador gráfico de temperatura	Muestra el grado de temperatura actual
	Indicador de temperatura	Muestra el grado de temperatura actual
	Indicador de temperatura establecida de confort	Muestra el rango de temperatura establecido como temperatura de confort
	Ventilador	Permite visualizar el funcionamiento del ventilador
	Resistencia de niquelina para calefacción	Permite visualizar el funcionamiento de la resistencia de niquelina para la calefacción
	Interruptor VENTILACIÓN	Permite activar o desactivar el sistema de ventilación manualmente
	Interruptor CALEFACCIÓN	Permite activar o desactivar el sistema de calefacción manualmente
	Botón Seguridad	Permite acceder a la pantalla Seguridad
	Botón Iluminación	Permite acceder a la pantalla Iluminación

c) Arranque Y-Delta de un motor trifásico.

Se requiere realizar un sistema de arranque Y – Delta de un motor trifásico para lo cual se tienen las siguientes consideraciones:

- El sentido de giro del motor puede ser seleccionado (horario y anti-horario).
- La transición del arranque en Y-Delta se realiza de manera automática. El funcionamiento del motor en conexión Y dura pocos segundos (5 segundos). Previo a

la transición a conexión Delta el sistema se desconecta automáticamente por 1 segundo.

- El panel de control cuenta con selectores para escoger el sentido de giro del motor; además de un botón de INICIO y un botón de PARO.
- Se dispone de una interfaz HMI para el control, monitoreo y supervisión del sistema.

La interfaz HMI consta de dos pantallas:

- La pantalla principal es la imagen PANEL en la cual se encuentran las funcionalidades del sistema como se muestra en la Figura 3.31.
- La pantalla secundaria es la imagen GRÁFICAS en la cual se encuentra la gráfica de curvas donde se puede visualizar la transición del arranque en el tiempo como se muestra en la Figura 3.32.

Cada una de las pantallas cuenta con botones para el direccionamiento a la pantalla deseada.

Las variables empleadas para controlar el sistema de arranque Y-Delta de un motor trifásico se encuentran descritas en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11 Variables del Sistema de Arranque Y-Delta.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	TIPO DE DATOS	DIRECCIÓN
K_DERECHA	VARIABLE SELECCIÓN GIRO DERECHA	BOOL	%Q0.0
S_DERECHA-HMI	SELECTOR GIRO DERECHA HMI	BOOL	%M1.0
K_IZQUIERDA	VARIABLE SELECCIÓN GIRO IZQUIERDA	BOOL	%Q0.1
S_IZQUIERDA-HMI	SELECTOR GIRO IZQUIERDA HMI	BOOL	%M1.1
K_Y	SALIDA PARA ARRANQUE Y	BOOL	%Q0.2
K_DELTA	SALIDA PARA ARRANQUE DELTA	BOOL	%Q0.3
P_ON-HMI	BOTÓN DE INICIO HMI	BOOL	%M1.2
P_PARO-HMI	BOTÓN DE PARO HMI	BOOL	%M1.3

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	TIPO DE DATOS	DIRECCIÓN
SIZQUIERDA	SELECTOR DE SENTIDO DE GIRO IZQUIERDA	BOOL	%I0.4
SDEREAHA	SELECTOR DE SENTIDO DE GIRO DERECHA	BOOL	%I0.5
PON	BOTÓN DE INICIO FÍSICO	BOOL	%I0.0
POFF	BOTÓN DE PARO FÍSICO	BOOL	%I0.1
TON_1	VARIABLE DE TEMPORIZADOR PARA TRANSICION	BOOL	%M0.0
AUXILIAR HMI	VARIABLE PARA HABILITAR BOTONES DE INICIO Y PARO	BOOL	%M0.1
AUX_DERECHA	VARIABLE AUXILIAR GIRO HORARIO	BOOL	%M1.4
AUX_IZQUIERDA	VARIABLE AUXILIAR GIRO ANTIHORARIO	BOOL	%M1.5
K_TERM	SALIDA PARA CONTACTOR AUXILIAR	BOOL	%Q0.4
Func-y	VARIABLE AUXILIAR PARA GRÁFICA ARRANQUE EN Y	INT	%MW14
Func-delta	VARIABLE AUXILIAR PARA GRÁFICA ARRANQUE EN DELTA	INT	%MW9
GRAF_Y	VARIABLE PARA VISUALIZACIÓN GRÁFICA ARRANQUE Y	INT	%MW15
GRAF_DELTA	VARIABLE PARA VISUALIZACIÓN GRÁFICA ARRANQUE DELTA	INT	%MW11

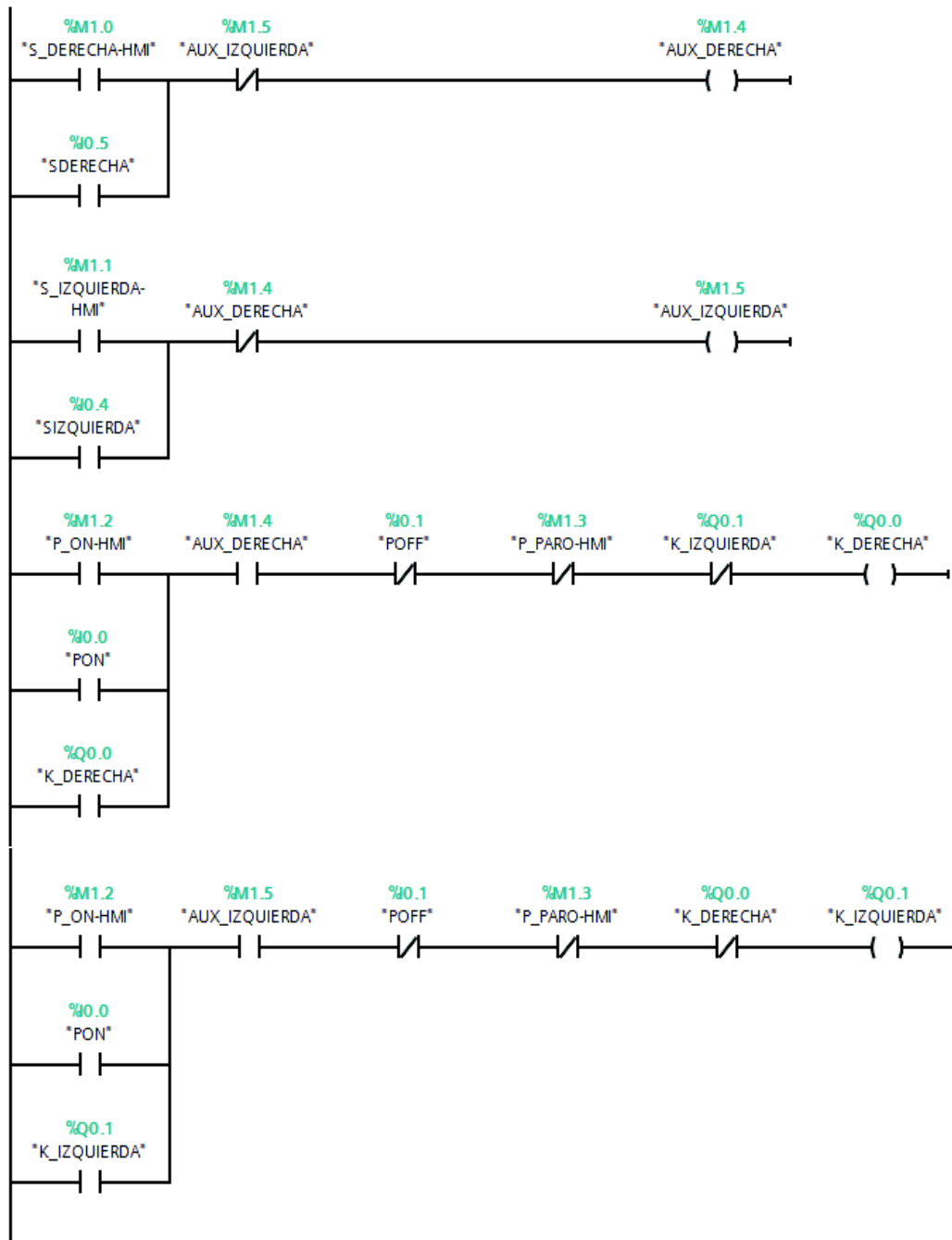
La programación empleada para el arranque Y-Delta de un motor trifásico con inversión de giro es la siguiente:

SEGMENTO 1:

Permite elegir el sentido de giro del motor trifásico, activando las bobinas K_DERECHA para sentido horario y K_IZQUIERDA para sentido antihorario.

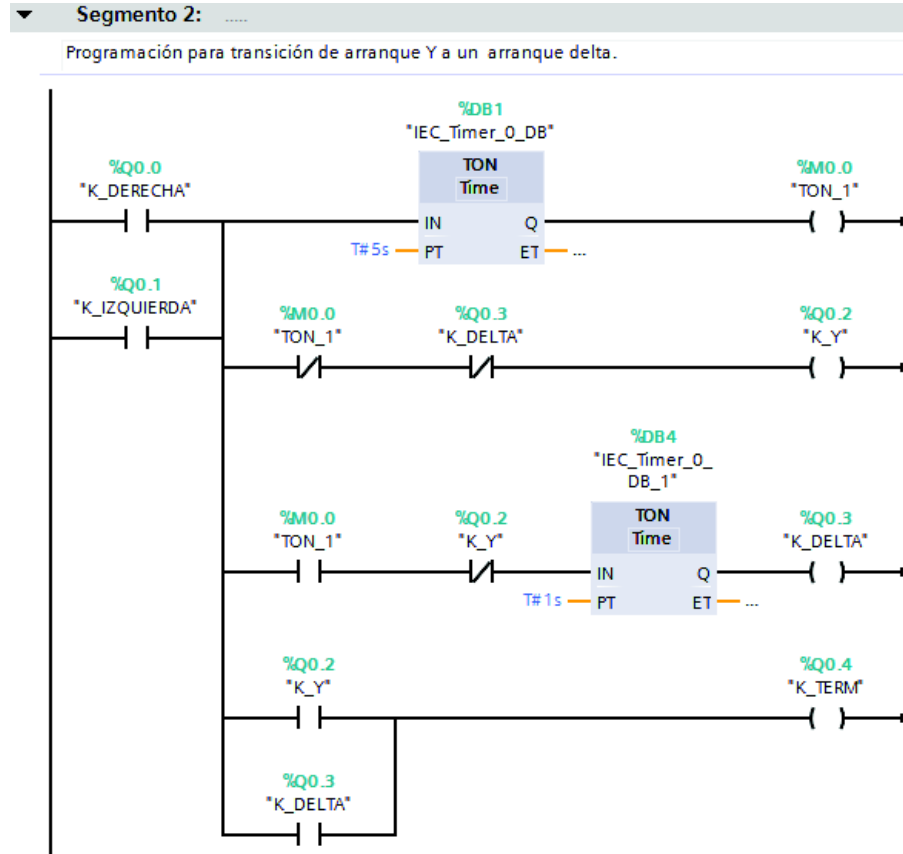
▼ Segmento 1:

Circuito paro - marcha de acuerdo a selección de sentido de giro.



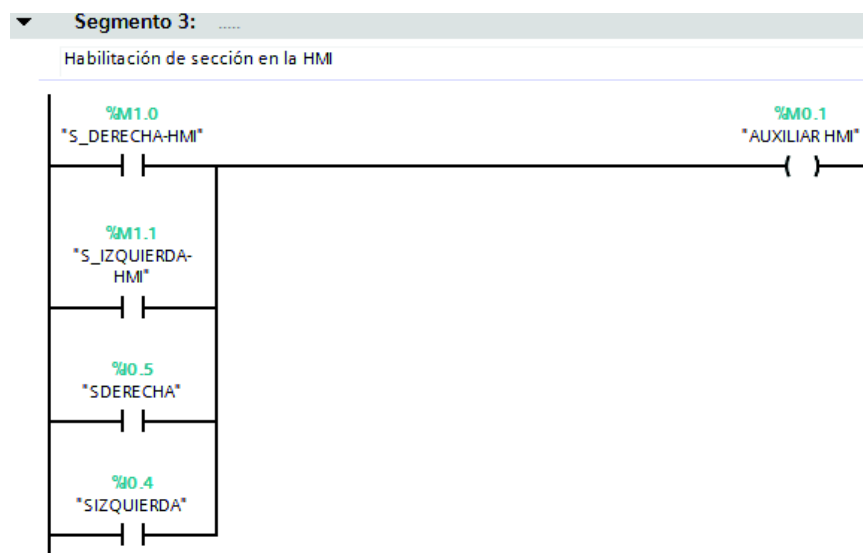
SEGMENTO 2:

Realiza la transición de conexión Y a conexión Delta del motor, en un tiempo determinado.



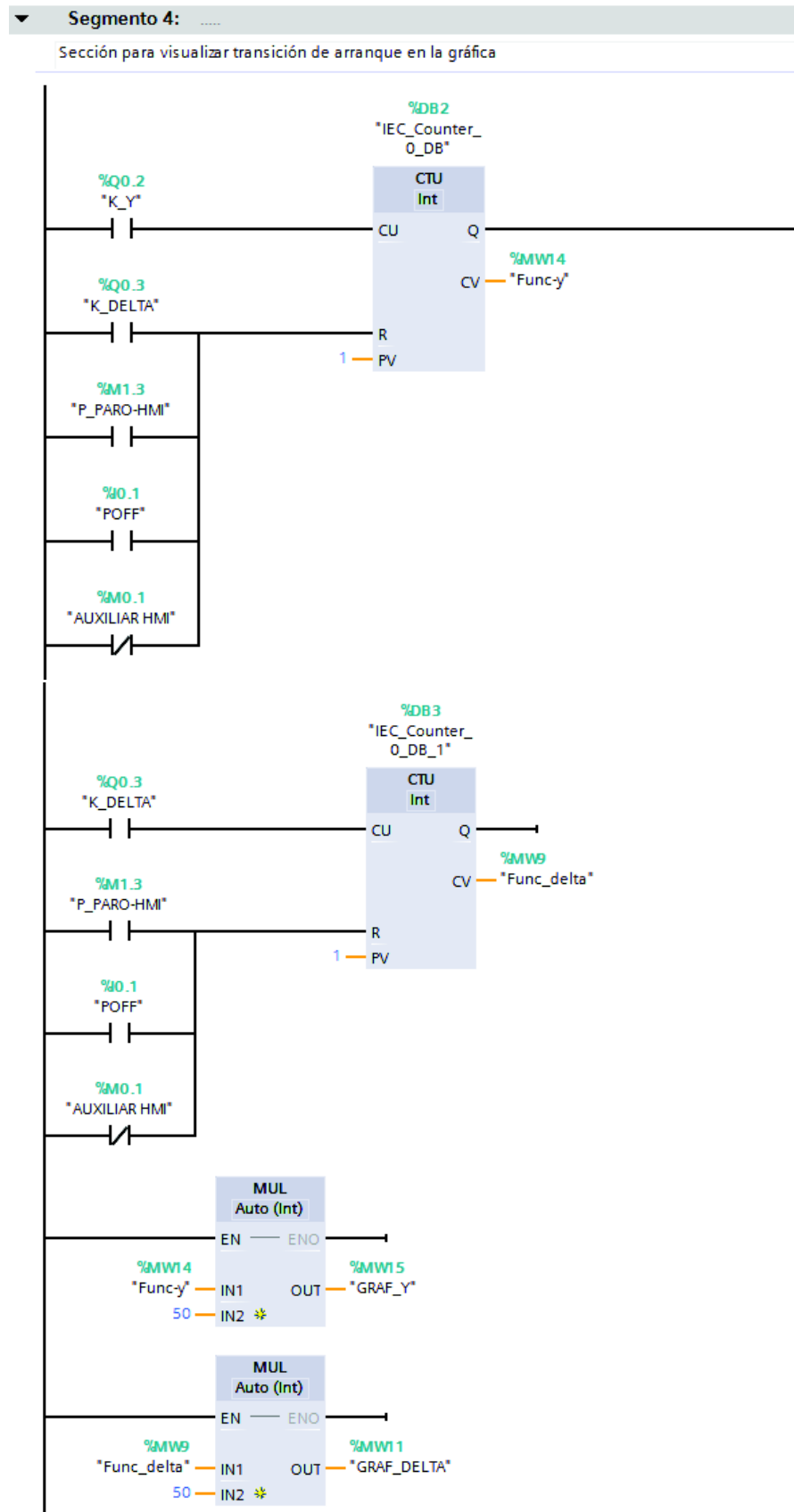
SEGMENTO 3:

Permite activar la sección de la HMI que contiene los botones para iniciar o detener el proceso.



SEGMENTO 4:

Permite visualizar la transición del motor de arranque Y a arranque Delta en la HMI.



La interfaz HMI se compone de dos pantallas.





- La pantalla principal, donde se encuentran los botones que permiten el control del arranque de un motor trifásico como se muestra en la Figura 3.31.



Figura 3.31 Pantalla principal para controlar el arranque de un motor trifásico.

La Tabla 3.12 describe los elementos que conforman la pantalla PANEL del Sistema de Arranque Y-Delta de un motor trifásico.

Tabla 3.12 Elementos de la pantalla PANEL.

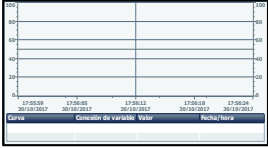

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
	Selector de sentido de giro anti-horario	Permite la selección del sentido de giro anti-horario del motor
	Selector de sentido de giro horario	Permite la selección del sentido de giro horario del motor
	Flecha indicadora izquierda	Permite visualizar la selección de sentido de giro anti-horario
	Flecha indicadora derecha	Permite visualizar la selección de sentido de giro horario

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
	Luz indicadora azul	Permite visualizar la selección de sentido de giro anti-horario
	Luz indicadora amarilla	Permite visualizar la selección de sentido de giro horario
	Botón INICIO	Permite iniciar el funcionamiento del sistema
	Botón PARO	Permite detener el funcionamiento del sistema
	Luz indicadora ARRANQUE Y	Permite visualizar el funcionamiento del motor trifásico en conexión Y
	Luz indicadora ARRANQUE DELTA	Permite visualizar el funcionamiento del motor trifásico en conexión delta
	Botón Gráficas	Permite acceder a la pantalla de gráficas

- En la Figura 3.32 se muestra la pantalla para visualizar las curvas de la transición de arranque Y a un arranque Delta del motor trifásico.

La Tabla 3.13 describe los elementos que conforman la pantalla GRÁFICAS del Sistema de Arranque Y-Delta de un motor trifásico.

Tabla 3.13 Elementos de la pantalla GRÁFICAS.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
	Visor de Curvas	Permite visualizar la transición de arranque Y- Delta en el tiempo
	Botón Panel	Permite acceder a la pantalla Panel



GRÁFICA DE TRANSICIÓN DE ARRANQUE DEL MOTOR



Panel

Gráficas

Figura 3.32 Pantalla de curvas para visualizar transición Y-Delta.

3.7. Construcción de los Sistemas de Control

Las unidades didácticas son diseñadas para que el estudiante obtenga un conocimiento profundo de los temas más relevantes del área de Automatización y Control Industrial. Por lo que dichos sistemas deben poseer las siguientes características:

- Fácil de usar
- Sus componentes deben ser de fácil conexión y desconexión
- Número considerable de entradas y salidas
- Facilidad de ser transportado por el usuario

Cada sistema didáctico integra componentes industriales reales, que otorgan el conocimiento teórico-práctico en cuanto a diseño, montaje y puesta en marcha de sistemas industriales automatizados utilizando componentes que se encuentran en las líneas de producción [7].

Los tres sistemas que se describen a continuación fueron diseñados en base a una arquitectura centralizada, es decir que un único controlador (PLC) gestione todas las acciones y funciones de todos los sensores y actuadores [8].

❖ Unidad de Control de Nivel

La unidad didáctica de este sistema consiste en el control de nivel de un líquido por medio de un Controlador Lógico Programable que utiliza el software de programación TIA PORTAL V13 y se encuentra compuesta por elementos eléctricos y electrónicos para brindar el mejor rendimiento posible [9].

La Figura 3. 33 detalla los componentes del sistema que son los siguientes:

- 1) Bomba centrífuga
- 2) Tanque reservorio
- 3) Electroválvulas
- 4) Sensor ultrasónico HC-SR04
- 5) Tanque de control
- 6) Gabinete de conexiones

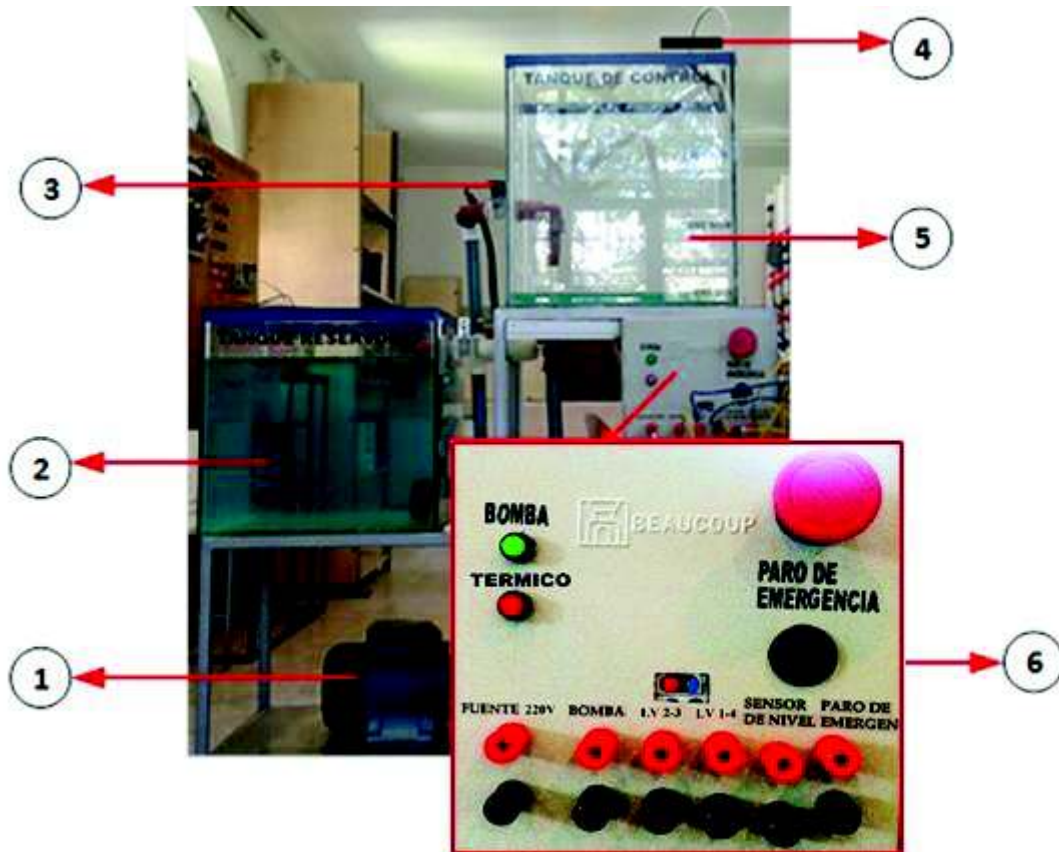


Figura 3.33 Componentes de la Unidad de Control de Nivel.

La estructura tiene la función de soportar los componentes antes mencionados, así el plano de construcción de la unidad didáctica fue realizado en el software AutoCAD y se encuentra en la lámina AD.1 del Anexo D.

a) Descripción de los circuitos desarrollados

Para el Sistema de Control de Nivel se realiza un acondicionamiento para la señal del sensor HC-SR04.

- **Acondicionamiento para sensor ultrasónico HC-SR04**

Para la práctica de control de nivel se ha optado por el sensor ultrasónico modelo HC-SR04 por sus características técnicas y de funcionamiento. Este sensor permite medir distancias basándose en el tiempo que tarda la señal en ir desde el emisor hasta el objeto obstáculo y volver rebotada desde éste hasta el receptor [10].

El circuito entrega a la salida un voltaje que está en el rango de 0 a 5 V. El circuito consta de un sensor ultrasónico HC-SR04 y un ATMEGA328P para realizar el acondicionamiento de la señal analógica.

b) Programa para el microcontrolador ATMEGA328P

```
#define Peco 3 //se define el pin para recepción de retorno del pulso
#define Pdisp 2 //se define el pin a utilizar para enviar un pulso
#define salida 9 //se define un pin para la salida
long duracion, distancia, valor leido; //declaración de variables como tipo long
int valor = 0; //variable de tipo entero de 8 Bits, se declara la variable 'valor' y se
inicializa en cero para asegurar que no hay ningún valor al principio

void setup() { //configuraciones generales
  pinMode(Peco, INPUT); //configura el pin 3 como entrada para leer el pulso de
retorno
  pinMode(Pdisp, OUTPUT); //configura el pin 2 como salida
}

void loop() {
  distancia = leer_ultra(); //toma el valor de la función leer ultra y la mueve a una
variable para ser usada
  valor = map(distancia, 33, 12, 0, 255); //toma la variable distancia y la evalúa al
mapa (0-5V)
  if (distancia <= 33 && distancia >= 12) //define el rango para la salida PWM
  {
    analogWrite(salida, valor); //escribe el valor de la variable en el pin de salida
  }
  else {
    analogWrite(salida,0); //pone en cero la salida PWM si no está dentro del rango de
distancia especificada
  }
  delay(300); //para no saturar el sistema se da una pausa de 300ms
}
```



```

//función para leer los valores del ultrasónico que retorna un valor
int leer_ultra() {
    digitalWrite(Pdisp, LOW); //envía un 0 al pin Pdisp
    delayMicroseconds(2); //retardo
    digitalWrite(Pdisp, HIGH); //genera el pulso de trigger por 10us
    delayMicroseconds(10); //retardo para enviar señal ultrasónica
    digitalWrite(Pdisp, LOW); //envía un 0 al pin Pdisp
    duracion = pulseIn(Peco, HIGH); //lee el tiempo en el que el pin está en alto o 1L
    valor_leido = (duracion/2) / 29; //lógica matemática, pasar duración a cm
    return valor_leido; //regresa a donde fue llamado con valor en centímetros
}
[11]

```

A continuación, en la Figura 3.34 se presenta el circuito de acondicionamiento utilizado para el sensor ultrasónico HC-SR04.

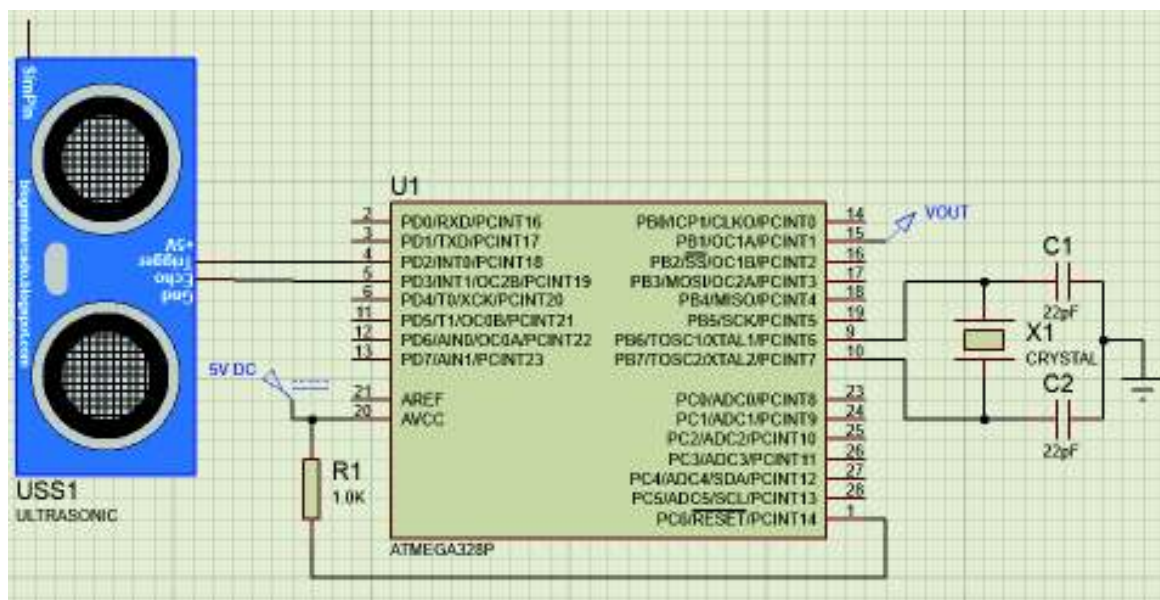


Figura 3.34 Circuito de acondicionamiento para el sensor HC-SR04.

❖ Unidad Domótica

El Sistema Domótico tiene por objetivo encargarse de aspectos fundamentales como la seguridad y el confort. Por lo tanto, para su funcionamiento el sistema necesita recoger señales del entorno como la temperatura y enviar esta información al controlador para que se encargue de garantizar los siguientes servicios:

- Seguridad
- Climatización
- Iluminación

La Unidad Domótica se encuentra conformada por los siguientes elementos que se muestran en la Figura 3.35:

- 1) Módulo LDR
- 2) Sensor de temperatura LM35
- 3) Calefactor/Ventilador
- 4) Cinta LED
- 5) Sirena
- 6) Cerradura eléctrica
- 7) Gabinete de conexiones

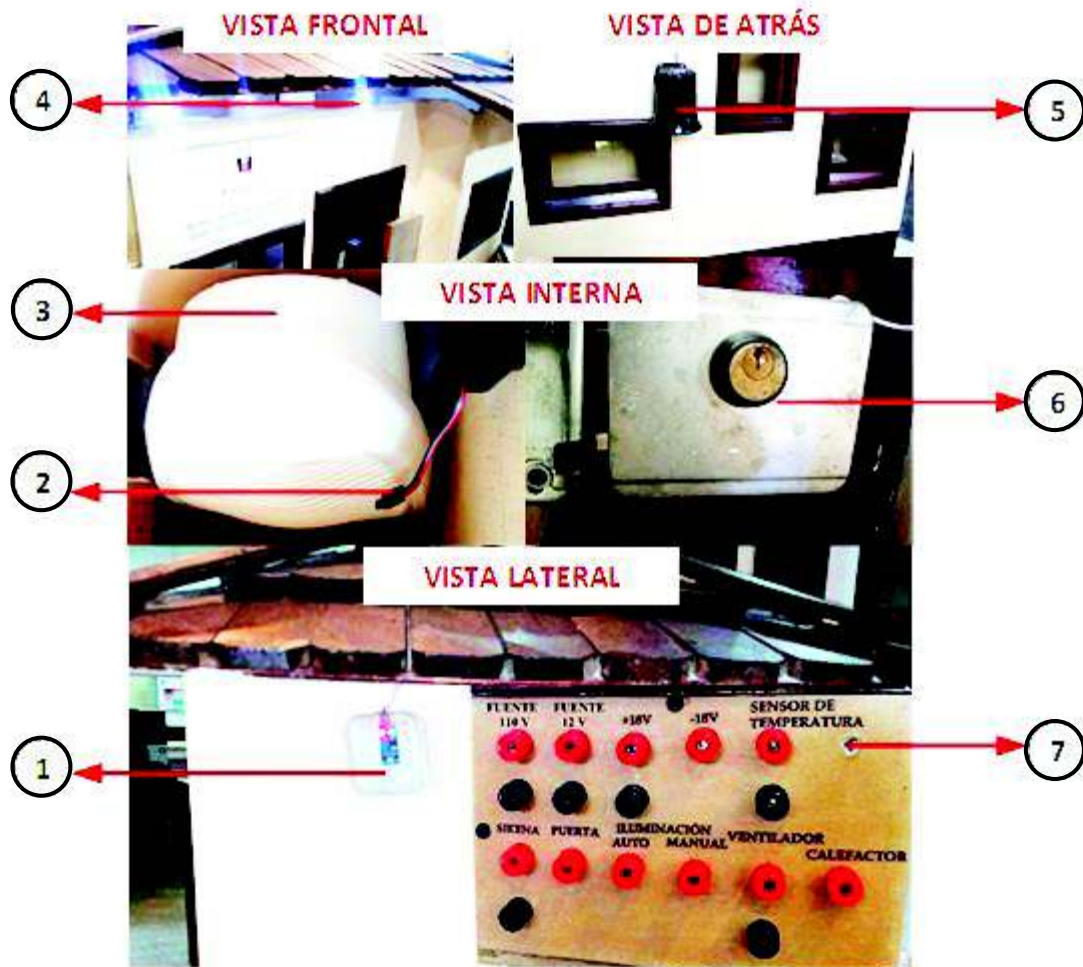


Figura 3.35 Componentes de la Unidad Domótica.

La estructura tiene la función de soportar los componentes antes mencionados así el plano de construcción de la unidad didáctica fue realizado en el software AutoCAD y se encuentra en la lámina AD.2 del Anexo D.

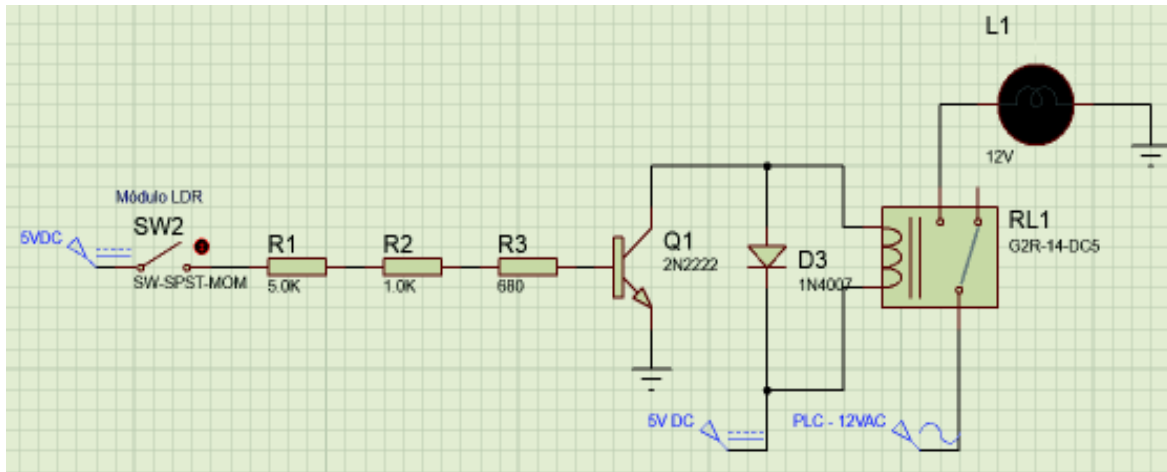


Figura 3.37 Circuito para iluminación automática.

- **Circuito para calefacción y ventilación**

Para la calefacción y ventilación del Sistema Domótico, se realizó el circuito de la Figura 3.38, utilizando un relé de 10 A/120 VAC para el encendido del calefactor.

Para el sistema de calefacción se usa un termoventilador, el cual utiliza la combinación de una resistencia calefactora con un ventilador para asegurar que el calor se distribuya homogéneamente en el interior de la vivienda, mientras que para el sistema de ventilación funciona únicamente el ventilador.

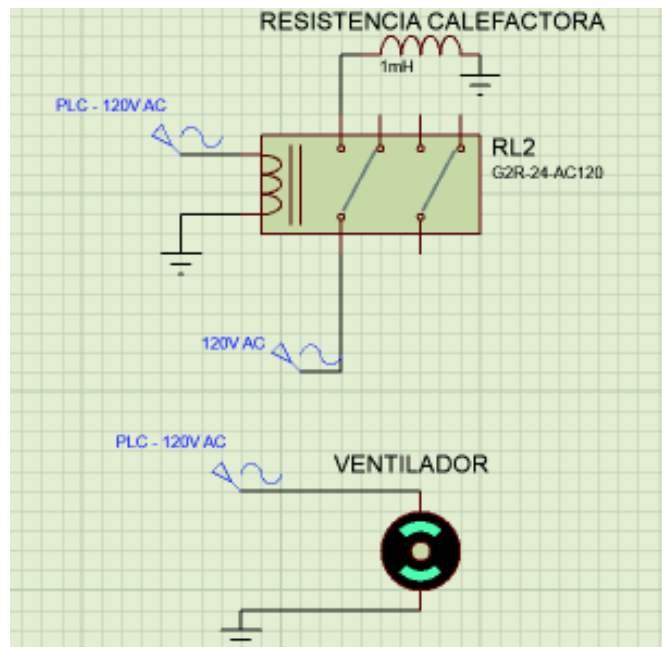


Figura 3.38 Circuito para calefacción y ventilación.

❖ Unidad de Arranque Y-Delta de un motor trifásico

Este sistema pretende que el operador de la unidad pueda interactuar de manera segura con el método de arranque Y-Delta de un motor trifásico.

En la Figura 3.39 se puede visualizar que la unidad didáctica consta de elementos eléctricos y mecánicos como son:

- 1) Rodillo
- 2) Poleas
- 3) Banda de goma
- 4) Motor trifásico
- 5) Gabinete de conexiones

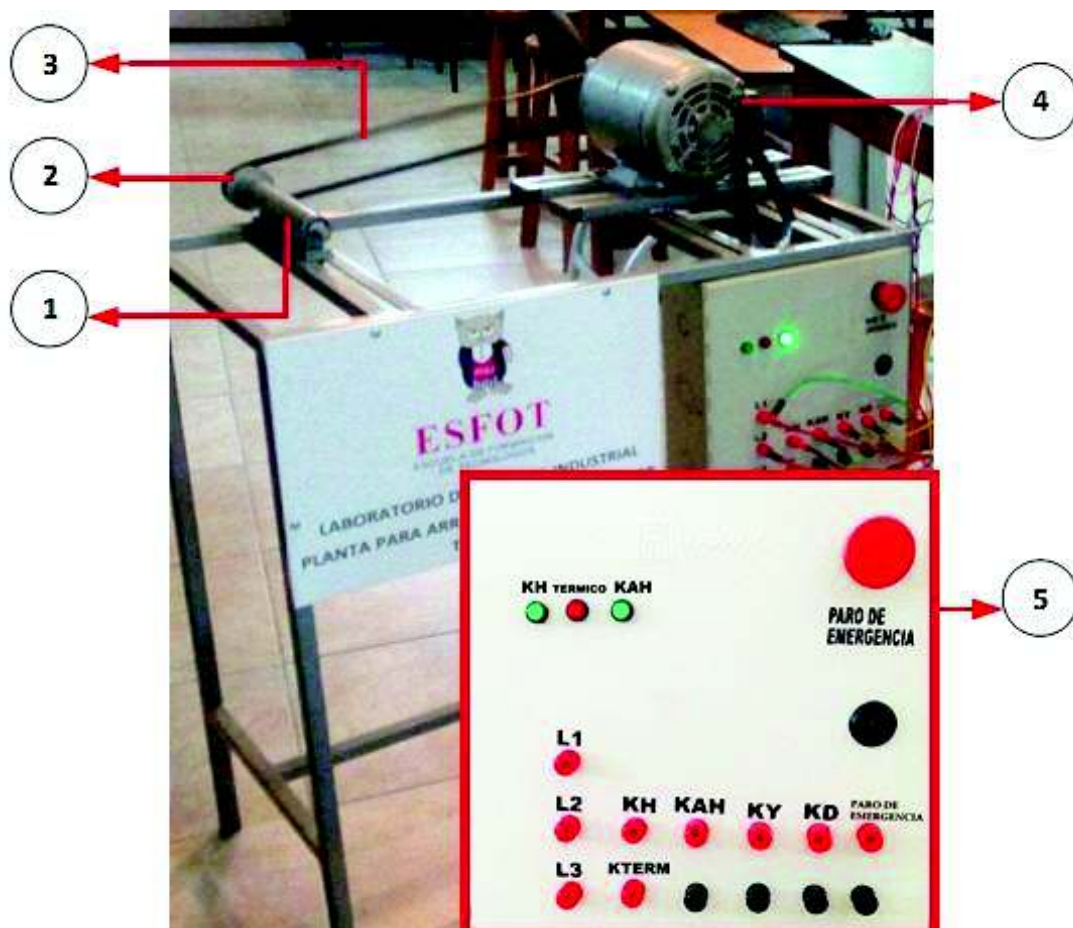


Figura 3.39 Componentes de la Unidad de Arranque Y-Delta.

La estructura tiene la función de soportar los componentes antes mencionados así el plano de construcción de la unidad didáctica fue realizado en el software AutoCAD y se encuentra en la lámina AD.3 del Anexo D.

Los componentes y el costo de construcción de las tres unidades didácticas se muestran en la Tabla C.2 del Anexo C.

3.8. Prácticas

❖ Práctica N°1

Tema: Control de nivel de agua en un sistema de bombeo

Objetivos:

- Familiarizar al estudiante con la operación de un PLC supervisado por una Interfaz Humano-Máquina (HMI).
- Manejar entradas/salidas digitales y entradas analógicas de un PLC.
- Realizar el escalamiento de una señal analógica.

Equipo y materiales:

- Módulo PLC disponible en el Laboratorio
- Sistema de Control de Nivel
- Cables de conexión

Información:

Módulo PLC. - El módulo PLC se encuentra compuesto por el autómata programable S7-1200 marca Siemens, CPU 1212C, el cual cuenta con 8 entradas digitales, 2 entradas analógicas y 6 salidas digitales, y permite la comunicación Ethernet.

La unidad modular cuenta con selectores y pulsadores en las entradas digitales, para el control de una variedad de dispositivos, y en las entradas analógicas para la variación y visualización de la señal de voltaje incorpora potenciómetros y voltímetros respectivamente.

La Unidad de Control de Nivel. - Es un sistema compuesto por un circuito hidráulico y la instrumentación necesaria para efectuar el control del nivel de agua en uno de los tanques.

El sistema consta de: un tanque reservorio para el almacenamiento del agua, un tanque de control, una bomba centrífuga, tubería PVC, cuatro electroválvulas, un sensor ultrasónico y un gabinete de conexiones.

El funcionamiento del sistema consiste en realizar la circulación del agua del tanque de almacenamiento hacia el tanque de control y viceversa, bajo el impulso de la bomba y la gravedad terrestre. Según el nivel requerido en el tanque es posible configurar el proceso

de control de nivel, mediante la apertura y cierre de las electroválvulas que intervienen en el proceso de llenado y vaciado.

Trabajo preparatorio:

Desarrollar un algoritmo de control en lenguaje LADDER y FBD con su respectiva Interfaz Humano-Máquina (HMI) utilizando el software TIA PORTAL V.13 de SIEMENS para el control, monitoreo y supervisión de un sistema de bombeo de agua que cumpla con los siguientes requerimientos:

- El panel de control deberá contener un botón de INICIO, un botón de PARO, un botón de EMERGENCIA, botones para la selección de cada nivel del tanque (ALTO, MEDIO y BAJO) y un selector de DESCARGA.
- El sistema deberá permitir al operador elegir entre tres niveles del tanque. El nivel bajo corresponde a un valor entre 0 y 1 cm (0 -1litro), nivel medio entre 9 y 10 cm (9 -10 litros) y nivel alto entre 19 y 20 cm (19 -20 litros).
- Mediante un botón de INICIO se inicia el proceso, y los niveles ALTO, MEDIO y BAJO se activarán mediante su respectivo selector.
- El llenado y vaciado del tanque se realiza mediante la apertura y cierre de dos pares de electroválvulas. Electroválvulas LV1 y LV4 para vaciado y las electroválvulas LV2 y LV3 para llenado como se muestra en la Figura 3.40.
- Una vez que se alcanza el nivel solicitado automáticamente se apagan la bomba y las electroválvulas que se encuentran funcionando, asegurando de esta forma que el nivel permanezca siempre en un valor deseado.
- El sistema utiliza un sensor ultrasónico HC-SR04 cuyo rango de voltaje se encuentra entre los 0 y 5 V por lo cual se requiere realizar el escalamiento y normalización de la señal analógica, para ajustarla a los niveles superior e inferior del tanque 0 a 20 cm. En donde 0 V es equivalente a 0 cm y 5 V es equivalente a 20 cm.
- Realizar una Interfaz Humano-Máquina (HMI) para el control y monitoreo del sistema.
- El estudiante puede utilizar la herramienta S7-PLCSIM para probar el funcionamiento de su programa sin necesidad de hardware real. Se pueden simular las entradas y salidas del PLC y observar el efecto que se produce en las salidas al forzar el valor de las entradas simuladas. Otra opción es utilizar las Tablas de observación y forzado permanente que se encuentran en el TIA PORTAL.

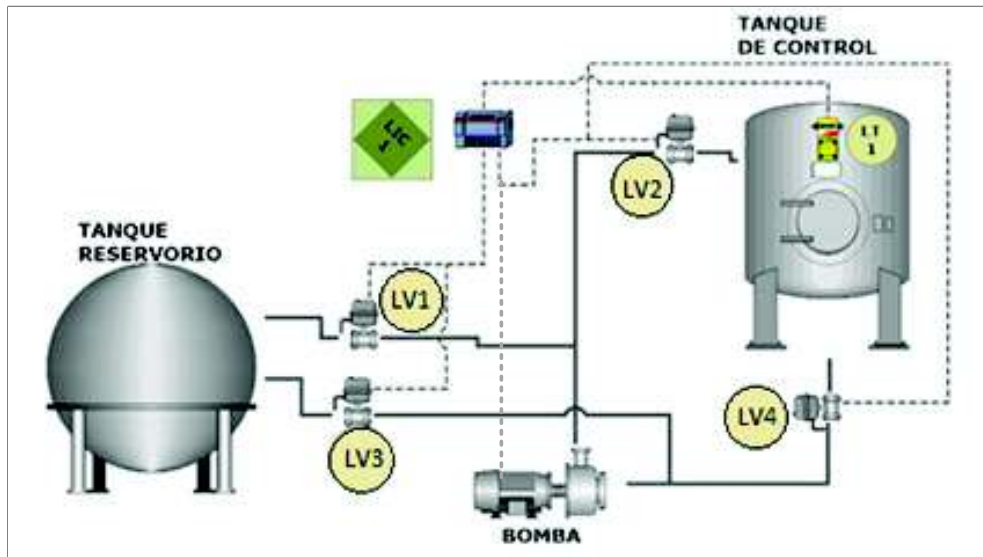


Figura 3.40 Proceso de llenado y vaciado de un tanque.

Procedimiento:

- Conectar los dispositivos de entrada y salida al módulo programable.
- Establecer la conexión online con el PLC.
- Cargar y compilar la programación.
- Verificar el funcionamiento del diseño en el Laboratorio, mediante su implementación.

Informe:

- Presentar el circuito de control.
- Presentar el diagrama de conexiones de entradas y salidas al módulo PLC.
- Elaborar una tabla de las variables utilizadas en el algoritmo de control.
- Conclusiones y recomendaciones.
- Bibliografía.

❖ **Práctica N°2**

Tema: Sistema inteligente de iluminación, seguridad y climatización de una vivienda

Objetivos:

- Familiarizar al estudiante con la operación de un PLC supervisado por una Interfaz Humano-Máquina (HMI).
- Conocerla importancia de la domótica en la mejora de la calidad de vida de las personas.
- Realizar un control eficiente de la iluminación, climatización y sistema de seguridad de una casa.

Equipo y materiales:

- Módulo PLC disponible en el Laboratorio
- Sistema Domótico
- Cables de conexión

Información:

La domótica permite la posibilidad de controlar y gestionar de forma eficiente los sistemas existentes y equipos ya instalados mediante un sistema de gestión técnica inteligente, con el objetivo de permitir una mejor calidad de vida al usuario.

La Domótica es aplicable a la mayoría de ámbitos de la vida cotidiana. Dentro de la automatización realiza funciones como: abrir, cerrar, apagar, encender y regular dispositivos que permiten el control de la iluminación, climatización, regulación de persianas y toldos, cortinas, puertas, ventanas, cerraduras, riego programado, electrodomésticos, agua, gas, etc.

Trabajo preparatorio:

Desarrollar un algoritmo de control en lenguaje LADDER y FBD con su respectiva Interfaz Humano-Máquina (HMI) utilizando el software TIA PORTAL V.13 de SIEMENS para el control, monitoreo y supervisión de un sistema domótico que cumpla con los siguientes requerimientos:

- El panel de control deberá contener interruptores para:
 - Activación general del sistema
 - Selección del modo manual o automático para encendido del circuito de iluminación
 - Encendido de la luminaria de modo manual
 - Activación manual del calefactor
 - Activación manual del ventilador
- El control de acceso se realizará mediante un teclado (desarrollado en la interfaz HMI), para la digitación de una clave de seguridad, que permita la apertura de la puerta.
- La clave para activar y desactivar el sistema de seguridad constará de 6 dígitos y se permitirán dos intentos para digitar la clave, en un tiempo de 10 segundos cada uno.
- Si la clave es ingresada de manera incorrecta en los dos intentos, se activará una sirena, la cual podrá ser desactivada únicamente digitando la clave correcta.

- Posterior a la desactivación del sistema de seguridad se habilitará un pulsador (para activar de modo manual la cerradura eléctrica instalada en la puerta de ingreso de la vivienda), y los paneles de iluminación y climatización con sus respectivos elementos.
- El control de iluminación se podrá realizar de forma manual mediante un interruptor y de forma automática mediante un módulo LDR. El módulo LDR basa su funcionamiento en una fotorresistencia que mide la intensidad de luz del ambiente originando cambios de voltaje a la salida, por lo tanto, en ausencia de luz este módulo permitirá activar la iluminación de forma automática y por el contrario en presencia de luz deberá mantener desactivado el sistema de iluminación.
- El sistema dispone de un sensor LM35 para determinar la temperatura actual, cuyo rango de voltaje se encuentra entre los 0 y 10 V, por lo cual se necesita realizar el escalamiento y normalización de la señal análoga, para ajustarla a los niveles superior e inferior de temperatura (10 °C a 40 °C), en donde 0 V equivale a 10 °C y 10 V equivalen a 40 °C.
- El rango de temperatura confort deseada estará entre los 22 °C y 24 °C; si la temperatura actual no se encuentra dentro de este rango, de manera automática se encenderá un calefactor o un ventilador para alcanzar dicho estado.
- Realizar una Interfaz Humano-Máquina (HMI) para el control y monitoreo del sistema.
- El estudiante puede utilizar la herramienta S7-PLCSIM para probar el funcionamiento de su programa sin necesidad de hardware real. Se pueden simular las entradas y salidas del PLC y observar el efecto que se produce en las salidas al forzar el valor de las entradas simuladas. Otra opción es utilizar las Tablas de observación y forzado permanente que se encuentran en el TIA PORTAL.

Procedimiento:

- Conectar los dispositivos de entrada y salida al módulo programable.
- Establecer la conexión online con el PLC.
- Cargar y compilar la programación.
- Verificar el funcionamiento del diseño en el Laboratorio, mediante su implementación.

Informe:

- Presentar el diagrama de conexiones de entradas y salidas al módulo PLC.
- Elaborar una tabla de las variables utilizadas en el algoritmo de control.
- Conclusiones y recomendaciones.
- Bibliografía.

❖ Práctica N°3

Tema: Arranque Y-Delta e inversión de giro de un motor trifásico

Objetivos:

- Familiarizar al estudiante con la operación de un PLC supervisado por una Interfaz Humano-Máquina (HMI).
- Controlar mediante un PLC la inversión de giro y el arranque Y-Delta de un motor trifásico.

Equipo y materiales:

- Módulo PLC de trabajo disponible en el Laboratorio
- Sistema de Arranque Y-Delta de motor trifásico
- Motor trifásico disponible en el Laboratorio
- Cables de conexión

Información:

El objetivo de cualquier sistema de arranque que sea utilizado para un motor, es disminuir la magnitud de corriente de arranque, a fin de evitar caídas de voltaje que podrían perturbar la red de alimentación, procurando que el motor desarrolle un torque suficiente para que pueda acelerar desde una velocidad cero hasta el máximo número de revoluciones en un determinado tiempo considerando el tipo de la carga mecánica acoplada.

Existen diferentes métodos para arrancar un motor trifásico de inducción, entre los que se pueden citar:

- ✓ Arranque directo
- ✓ Arranque por resistencias o reactancias primarias
- ✓ Arranque Y-Delta
- ✓ Arranque por autotransformador
- ✓ Arranque por componentes de estado sólido
- ✓ Arranque electrónico

Los que utilizan elementos electrónicos de potencia, conocidos como arrancadores suaves, cuya operación, funcionalidad, facilidad de programación y su capacidad de comunicación con controladores programables, les ofrecen una significativa ventaja.

Respecto al arranque Y-Delta, se podría decir que continúa siendo uno de los más utilizados en el arranque de motores de mediana potencia (aquellos que están en el rango de 20 a 100 HP), dada su simplicidad, bajo costo y la gran reducción de corriente de

arranque que se logra. Sus principales limitaciones son el bajo torque de arranque que produce y la corriente pico que se origina durante la transición.

Trabajo preparatorio:

Desarrollar un algoritmo de control en lenguaje LADDER y FBD con su respectiva Interfaz Humano-Máquina (HMI) utilizando el software TIA PORTAL V.13 de SIEMENS para el control, monitoreo y supervisión de un sistema para arranque Y-Delta de un motor trifásico que cumpla con los siguientes requerimientos:

- El panel de control deberá contener selectores para selección del sentido de giro del motor, un botón de INICIO y un botón de PARO.
- El motor podrá funcionar en los dos sentidos de giro (HORARIO y ANTI-HORARIO).
- La transición de conexión Y a conexión Delta del motor dura 1 segundo y se realizará de manera automática, funcionando 5 segundos en conexión Y.
- Realizar una Interfaz Humano-Máquina (HMI) para el manejo y visualización del sistema.
- Diseñar el circuito de fuerza, con las respectivas protecciones.
- El estudiante puede utilizar la herramienta S7-PLCSIM para probar el funcionamiento de su programa sin necesidad de hardware real. Se pueden simular las entradas y salidas del PLC y observar el efecto que se produce en las salidas al forzar el valor de las entradas simuladas. Otra opción es utilizar las Tablas de observación y forzado permanente que se encuentran en el TIA PORTAL.

Procedimiento:

- Conectar los dispositivos de entrada y salida al módulo programable.
- Establecer la conexión online con el PLC.
- Cargar y compilar la programación.
- Verificar el funcionamiento del diseño en el Laboratorio, mediante su implementación.

Informe:

- Presentar el diagrama de conexiones de entradas y salidas al módulo PLC.
- Elaborar una tabla de las variables utilizadas en el algoritmo de control.
- Realizar un programa que permita la conexión Y-Delta cíclica de un motor trifásico, de modo que en un ciclo se active el motor trifásico en conexión Y durante 2 segundos e inmediatamente cambie a conexión Delta por un tiempo de 10 segundos. Al terminar el ciclo el sistema debe permanecer 5 segundos apagado para empezar el proceso nuevamente. Este proceso se realizará por tres ciclos.

Presentar:

1. Diagrama de fuerza de todos los elementos del sistema.
 2. Diagrama de conexiones de entradas y salidas del PLC.
- Conclusiones y recomendaciones.
 - Bibliografía.

3.9. Pruebas

Para verificar que las conexiones realizadas y que los dispositivos del módulo se encuentran en perfecto estado es necesario realizar pruebas tanto eléctricas como de comunicación entre los diferentes elementos instalados.

En el Anexo E se adjunta la plantilla realizada para verificar el estado de funcionamiento de los componentes eléctricos y electrónicos del módulo de control.

❖ Prueba del circuito de mando

Para esta prueba se tomaron en cuenta todas las entradas y salidas del módulo, así como también pulsadores, potenciómetros y luces piloto, ya que todos los dispositivos deben funcionar de forma conjunta.

Se designaron variables para activar cada una de las salidas como se muestra en la Figura 3.41.



Figura 3.41 Prueba del circuito de mando del módulo PLC.

❖ Prueba de dispositivos de seguridad y protección

Se realiza una prueba de cortocircuito en corriente continua y en corriente alterna, para constatar el dimensionamiento correcto de los dispositivos de protección y además verificar que cumplan las condiciones de bloqueo en el caso de un mal uso del equipo o un cortocircuito como se muestra en la Figura 3.42.



Figura 3.42 Prueba de cortocircuito en CC del módulo PLC.

❖ Prueba de comunicación

Esta prueba consiste en verificar la correcta comunicación del PLC S7-1200 con la PC como se muestra en la Figura 3.43.



Figura 3.43 Prueba de comunicación entre el PLC S7-1200 y la PC.

Se realiza una conexión online tal como lo muestra la Figura 3.44, la función de la CPU S7-1200 “Cargar en dispositivos” y su diálogo “Carga avanzada” permite visualizar todos los dispositivos de red accesibles y disponibles [3].

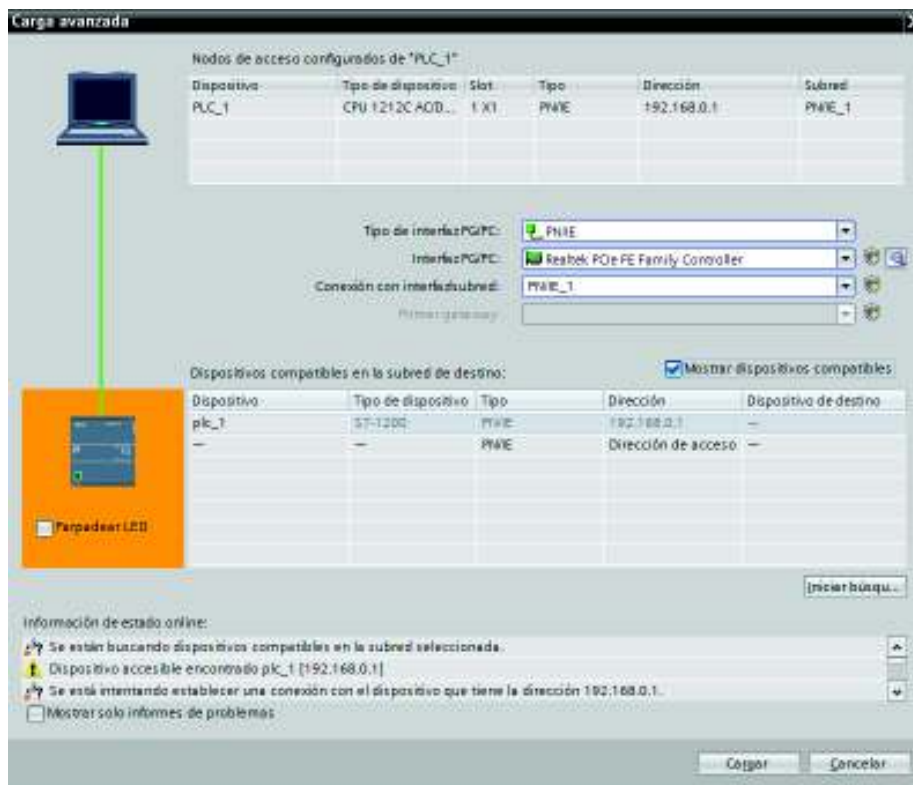


Figura 3.44 Pantalla para configurar conexión online.

Se selecciona el dispositivo con el que se desea establecer la conexión. Si el dispositivo deseado no se encuentra en esta lista no se podrá realizar ninguna comunicación.

La Figura 3.45 evidencia que la conexión se ha realizado con éxito.

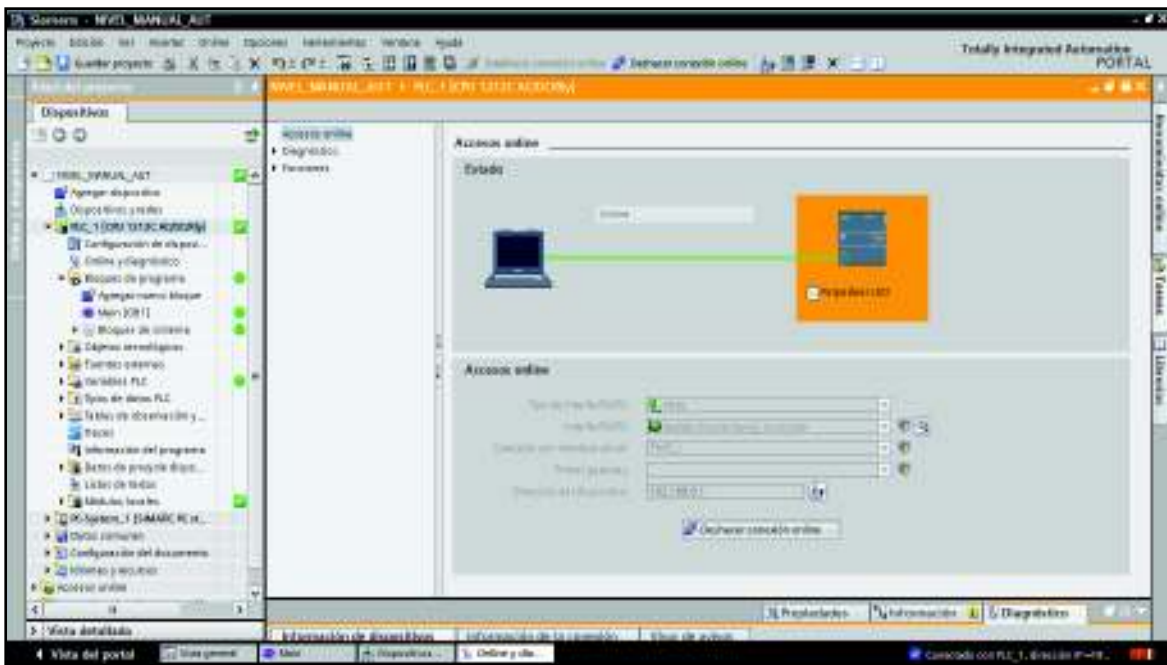


Figura 3.45 Conexión online entre PLC S7-1200 y PC.

Mediante el comando PING en la pantalla “Símbolo del sistema” se puede comprobar que la PC se encuentra en red con el PLC, lo que facilita la conexión entre ambos dispositivos; esto se puede observar en la Figura 3.46.

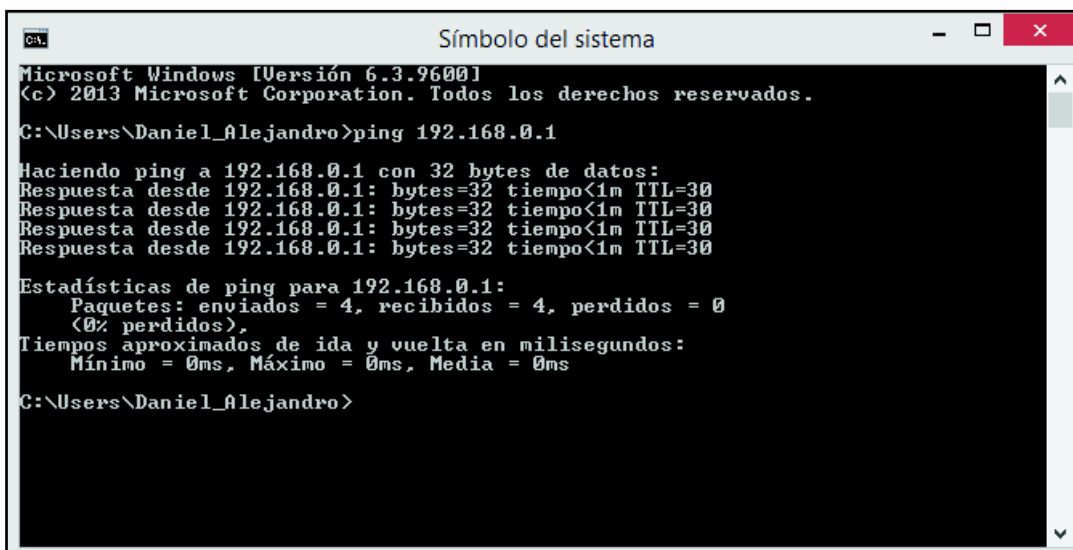


Figura 3.46 Pantalla de verificación de conexión online.

❖ Verificación de conexiones de los pulsadores, selectores y borneras

Esta prueba consiste en verificar que las conexiones desde los distintos elementos al PLC se encuentren correctamente realizadas, además se mide continuidad de la línea.

❖ Prueba de los potenciómetros y voltímetros

En la Figura 3.47 se verifica el correcto funcionamiento tanto de los potenciómetros y voltímetros, comprobando que al variar el voltaje mediante los potenciómetros el rango de medición que se observa en los voltímetros es de 0 a 10 V.



Figura 3.47 Funcionamiento de potenciómetros y voltímetros.

❖ Verificación del funcionamiento del controlador y las unidades de control

En esta prueba se verifica que todas las líneas de los circuitos de las unidades de control se encuentren conectadas y se pone a prueba todos los dispositivos que componen los sistemas de control.

Para evidenciar el funcionamiento correcto de todo el sistema, el algoritmo de control de cada aplicación es ejecutado y se comprueba que funcione acorde a las especificaciones planteadas.

El funcionamiento del Sistema de Control de Nivel puede ser contemplado en la Figura 3.48.



Figura 3.48 Funcionamiento del Sistema de Control de Nivel.

El funcionamiento del Sistema Domótico, se muestra en la Figura 3.49.



Figura 3.49 Funcionamiento del Sistema Domótico.

El funcionamiento del Sistema de arranque Y-Delta de un motor trifásico, se muestra en la Figura 3.50.



Figura 3.50 Funcionamiento del Sistema de Arranque Y-Delta.

3.10. Resultados

Luego de realizar las pruebas de funcionamiento del módulo PLC y las unidades didácticas se establecen los siguientes resultados:

❖ Funcionamiento del Sistema de Control de Nivel

En la Figura 3.51 se ilustra el funcionamiento correcto del módulo PLC, la Unidad Didáctica de Control de Nivel y la Interfaz Humano-Máquina desarrollada para el control y monitoreo de los distintos elementos del sistema.

En las Figuras 3.52 y 3.53 se constata que el sistema funciona proporcionando el nivel deseado (registrado por el operador). En la interfaz HMI se puede observar que el operador ha seleccionado nivel MEDIO, así el tanque de control se ha llenado hasta alcanzar una

altura de 10 cm, este nivel y el volumen actual del tanque son mostrados en un visualizador que efectivamente confirma el resultado.



Figura 3.51 Sistema de Control de Nivel funcionando correctamente.

En la Figura 3.52 se constata que los algoritmos de control y la interfaz HMI desarrollados para este sistema funcionan acorde a las especificaciones planteadas.



Figura 3.52 Control del Sistema de Nivel mediante la HMI.

La Figura 3.53 muestra la variación en el tiempo de la señal análoga del transmisor de nivel, lo que permite verificar el funcionamiento correcto del sensor y de la interfaz gráfica.

La señal varía en un rango de 0 a 20 cm, aumentado o disminuyendo de acuerdo al requerimiento del operador, en la Figura 3.53 se puede observar que el nivel actual del tanque es de 17 cm por lo que la señal está más cercana al número 20.



Figura 3.53 Variación en el tiempo de la señal del transmisor de nivel.

El diagrama de entradas y salidas (I/O) al PLC se detalla en la Figura 3.54.

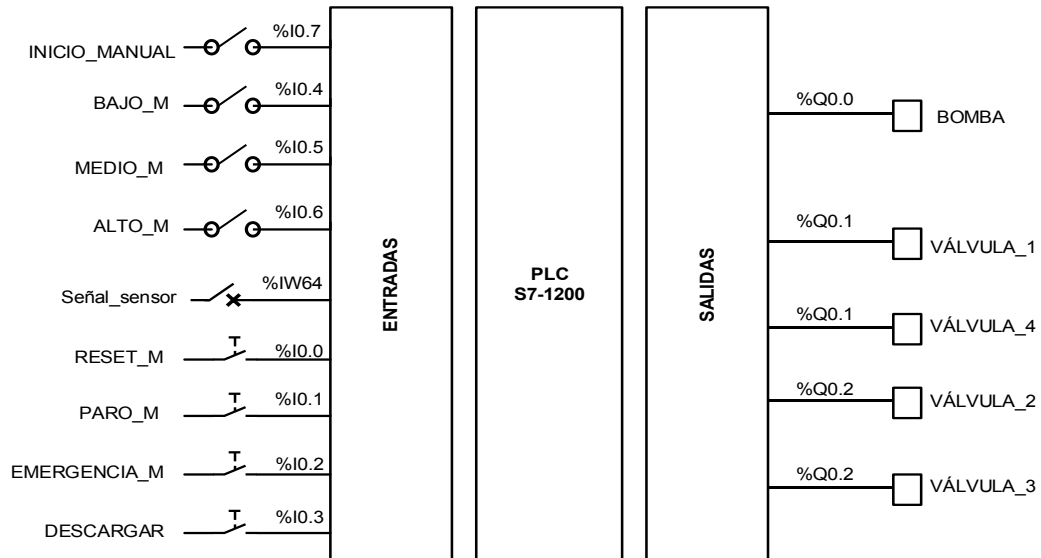


Figura 3.54 Diagrama de I/O al PLC del Sistema de Nivel.

La figura 3.55 muestra el circuito de fuerza de la bomba centrífuga.

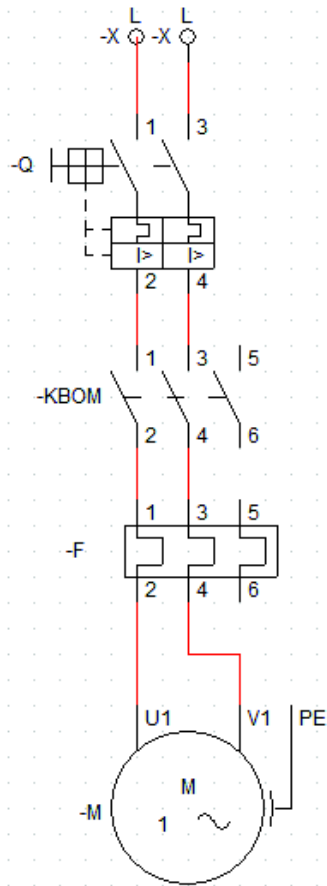


Figura 3.55 Circuito de fuerza de la bomba centrífuga.

❖ Funcionamiento del Sistema Domótico

El correcto funcionamiento del sistema puede ser observado en la Figura 3.56, donde se verifica que dicho sistema cumple con las especificaciones planteadas, al igual que el módulo PLC y la interfaz HMI desarrollada.



Figura 3.56 Sistema Domótico funcionando correctamente.

En la Figura 3.57 se constata que los algoritmos de control y la interfaz HMI desarrollados para este sistema funcionan correctamente.

Se muestra que desde la interfaz Humano-Máquina (HMI) se ha activado el sistema de iluminación, posterior a esto se ha seleccionado el control del sistema en modo manual y efectivamente al activar el interruptor las luces de la Unidad Domótica se han encendido, verificando que el sistema funciona adecuadamente.

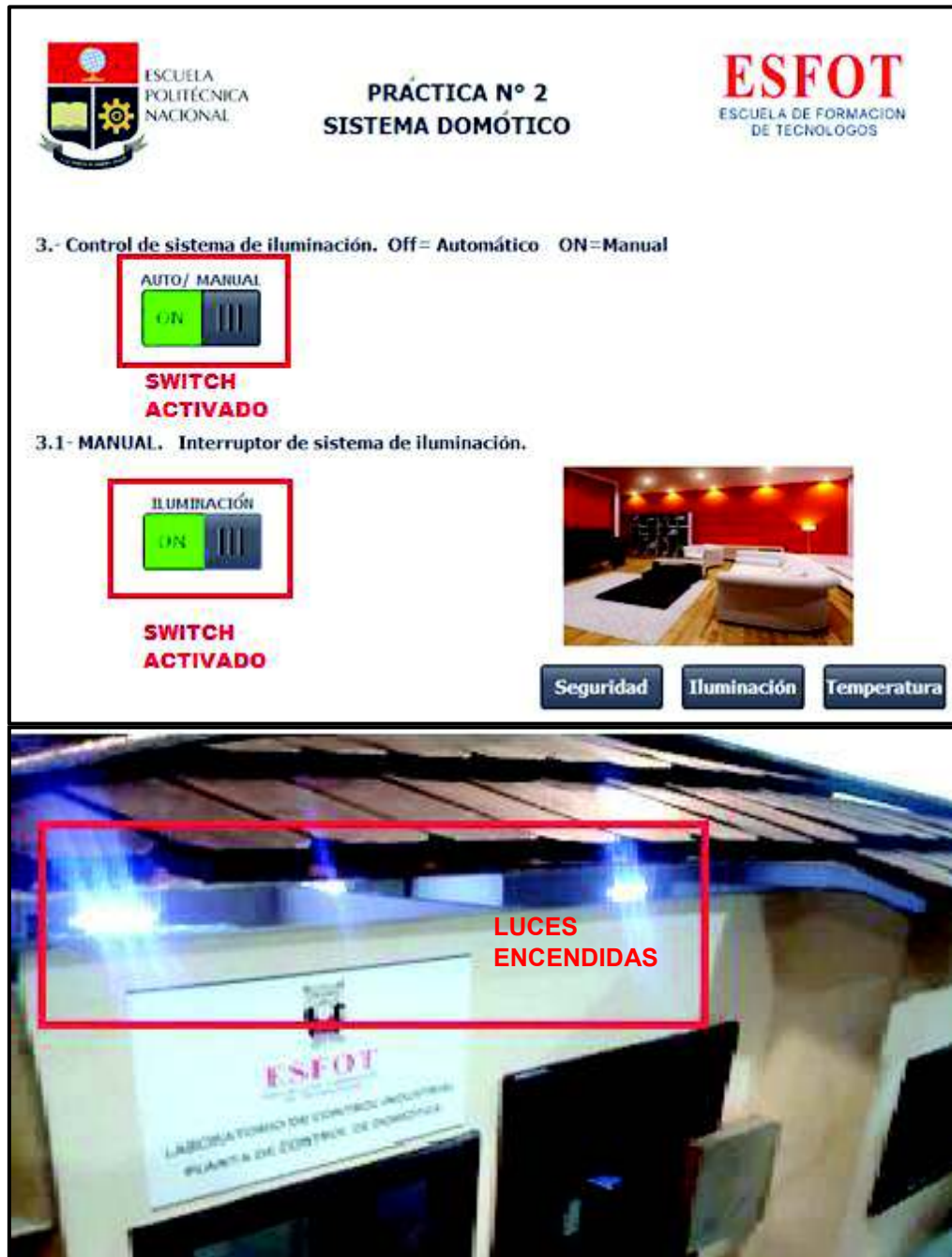


Figura 3.57 Control del Sistema Domótico mediante la HMI.

El diagrama de entradas y salidas (I/O) al PLC se detalla en la Figura 3.58.

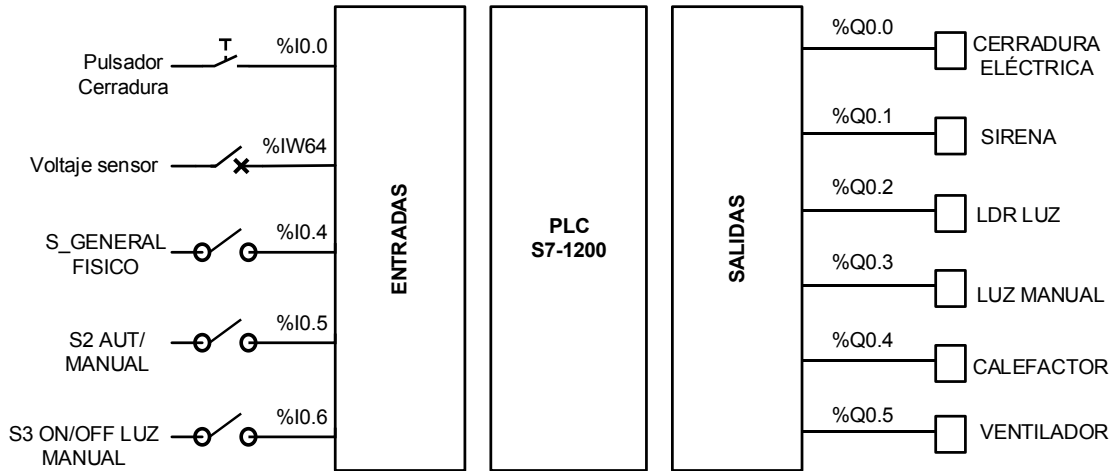


Figura 3.58 Diagrama de I/O al PLC del Sistema Domótico.

❖ Funcionamiento del Sistema de Arranque Y-Delta de un motor trifásico

En la Figura 3.59 se ilustra la Unidad didáctica de Arranque Y-Delta siendo controlada mediante la Interfaz HMI, lo cual comprueba que el módulo PLC y el sistema funcionan acorde a las especificaciones planteadas.

En la interfaz HMI se puede observar que el motor se encuentra en arranque Delta y girando en sentido anti-horario, lo cual es comprobado con el encendido de una luz en el gabinete de conexiones de la unidad que indica el sentido de giro actual.



Figura 3.59 Sistema de Arranque Y-Delta funcionando correctamente.

Mientras la unidad se encuentra funcionando la interfaz HMI en la gráfica de curvas muestra la transición de conexión Y a conexión Delta, funcionamiento acorde a los requisitos planteados como se muestra en la Figura 3.60.



Figura 3.60 Curvas de la transición Y-Delta de un motor trifásico.

Además, las Figuras 3.61 y 3.62 muestran el diagrama de entradas y salidas del PLC y el circuito de fuerza del motor trifásico.

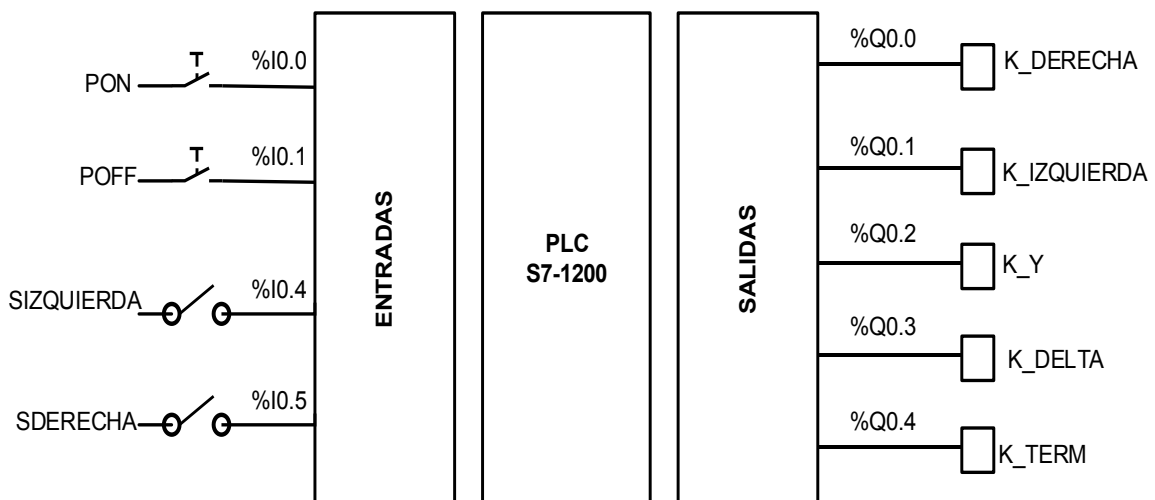


Figura 3.61 Diagrama de I/O al PLC del Sistema de arranque Y-Delta.

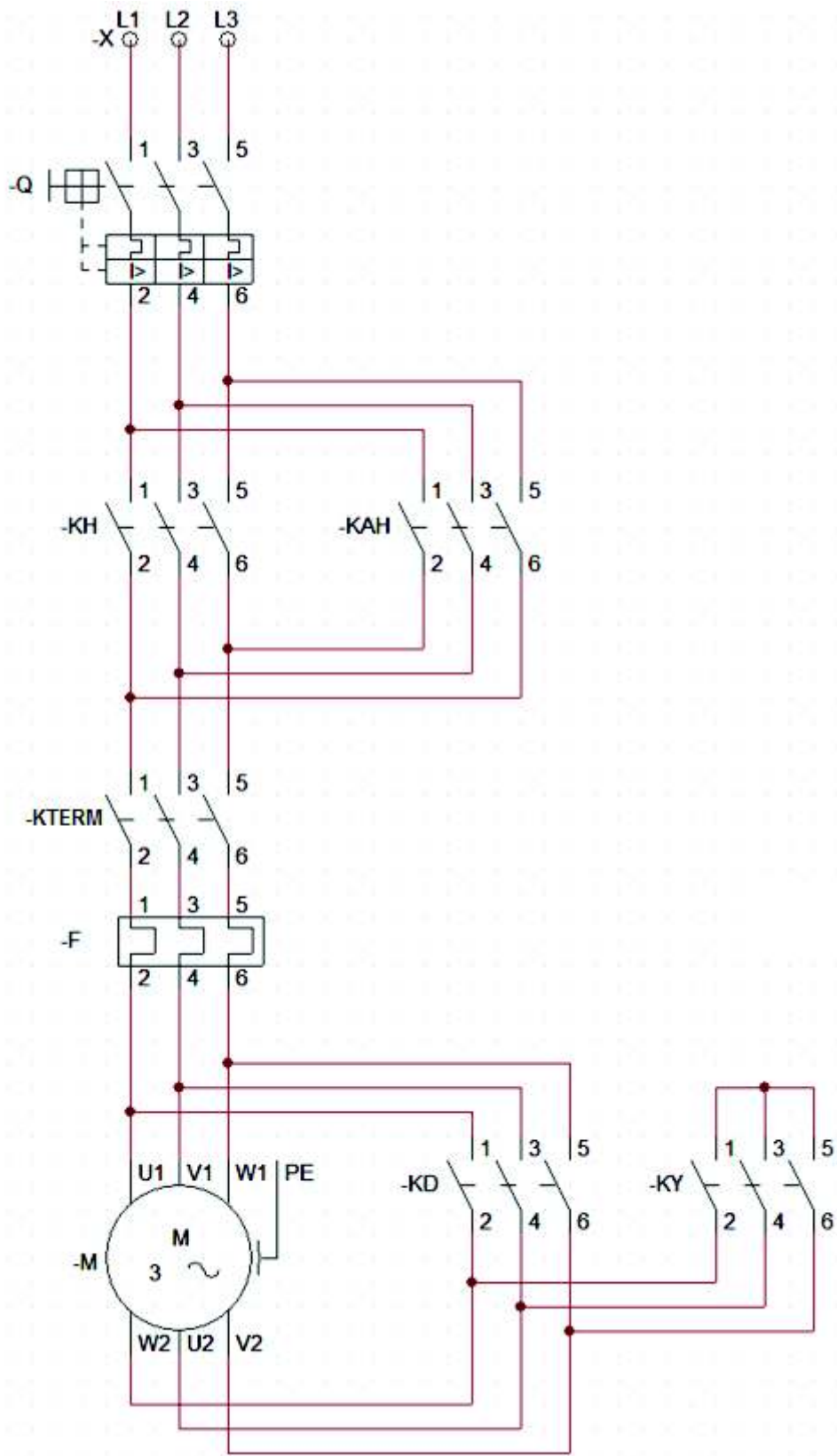


Figura 3.62 Circuito de fuerza del motor trifásico.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

- El proyecto de titulación expuesto en el presente trabajo cumple con el objetivo principal de diseñar e implementar un módulo didáctico, utilizando un Controlador Lógico Programable para la simulación de procesos industriales. Su manipulación es sencilla y elemental para que los estudiantes puedan realizar prácticas de control de una manera idónea y acorde a la continua modernización del campo laboral industrial.
- Para diseñar el módulo didáctico se realizó un diagrama esquemático de la estructura modular. Además, se necesitó de un análisis previo de los equipos y accesorios a utilizar, para evitar sobredimensionamientos.
- El módulo didáctico está construido con la posibilidad de admitir una ampliación mediante módulos de expansión de señales; logrando así un número mayor de entradas y salidas, lo cual permitirá el desarrollo de algoritmos más complejos de automatización.
- El módulo didáctico permite al estudiante la interacción con señales digitales mediante pulsadores y selectores conectados a las entradas, y de señales analógicas mediante potenciómetros conectados a una fuente de voltaje variable, lo cual proporciona al operador la facilidad de realizar circuitos de control sin contar con dispositivos eléctricos externos.
- El PLC S7-1200 cumple con los requerimientos necesarios para el desarrollo del proyecto debido a que dispone de una memoria, entradas y salidas digitales, y dos entradas analógicas; además cuenta con el protocolo de comunicación Ethernet, el cual actualmente es muy utilizado en redes industriales.
- El desarrollo de una Interfaz Humano-Máquina (HMI) de un proceso facilita el control, monitoreo y supervisión del sistema ya que mantiene una línea continua de comunicación entre las variables del proceso y el operador.

- Las aplicaciones desarrolladas constituyen un aporte importante para reforzar los conocimientos de los estudiantes en las áreas de Instrumentación y Control Industrial, ya que se hace uso de dispositivos y elementos como PLCs, contactores, sensores y actuadores que son actualmente utilizados en los diferentes sistemas de control y supervisión de procesos industriales.
- Al realizar una comparación entre los diferentes sensores industriales existentes para medir nivel, el más adecuado en cuanto a características, tamaño, precio, acondicionamiento, y manejo es el sensor ultrasónico HC-SR04; debido a que el principio de funcionamiento de este sensor es el efecto eco que permite detectar de forma adecuada el nivel del sistema de control construido. Además, permite utilizar un microcontrolador para su señal de acondicionamiento y garantizar precisión y lectura estable durante el proceso de medición.
- Se logró que la magnitud controlada del nivel cumpla con los parámetros (nivel bajo, nivel medio y nivel alto) a través de un control discreto (todo-nada) con rango de seguridad, que permitió realizar un sistema confiable, inmune al ruido y fácil de ajustar. Este sistema de control se utilizó únicamente para la medición del nivel del líquido agua, sin oleaje y que no se encuentre en constante movimiento.
- Para la variable temperatura se utilizó un control discreto (*on-off*) con rango de seguridad, para que la temperatura no exceda los límites establecidos en los requerimientos del sistema, y además evitar un número excesivo de conmutaciones de los actuadores y la producción de vibraciones de la variable manipulada que modifica el comportamiento de los actuadores.
- Para la aplicación del Sistema Domótico se utilizó el sensor integrado LM35 debido a sus características de linealidad y sensibilidad (10 mV por cada °C). Además, debido a la facilidad de su acondicionamiento resulta ser un sensor confiable, estable, preciso y con un tiempo de respuesta adecuado para el control (*on-off*) de temperatura.
- En la aplicación de un Sistema Domótico es muy importante el control de un ambiente agradable dentro del cual la iluminación es un parámetro fundamental, por ende, el sistema cuenta con un circuito de acondicionamiento basado en un LDR debido a sus características de alta sensibilidad a la luz, tamaño, costo y facilidad de acondicionamiento.

- Para la protección de la bomba y del motor trifásico en caso de sobrecargas se utiliza relés térmicos, que garantizan la durabilidad y el funcionamiento correcto de las máquinas o sistemas, evitando paradas imprevistas y brindando mejores condiciones de seguridad.
- Para desarrollar algoritmos complejos de control es necesario combinar lenguajes de programación LADDER y bloques organizacionales, debido a que el lenguaje LADDER es únicamente utilizado para el control de tipo discreto, mientras que los bloques organizacionales permiten realizar operaciones complejas y están destinados tanto al control discreto como al control continuo.
- Al modificar los algoritmos de control de las unidades didácticas se verá afectado el funcionamiento de los objetos realizados en la interfaz Humano-Máquina (HMI), ya que las variables creadas están directamente enlazadas con esta.
- Las unidades o sistemas didácticos desarrollados cuentan con una infraestructura y elementos apropiados que permiten incorporar nuevas funcionalidades y de esta manera desarrollar prácticas relacionadas al control industrial más complejas.
- Cada sistema de control dispone de un gabinete con una distribución adecuada de los elementos de conexión, para que el usuario que vaya a interactuar con los sistemas realice las conexiones de forma correcta y de esta manera evitar alguna acción que pueda ser perjudicial para el sistema y el usuario.
- Los Sistemas de Control de Nivel y Domótica se pueden mejorar utilizando una acción de control más precisa y robusta a través de controladores PID, que permitan implementar funciones adicionales (como el ajuste automático de parámetros y aumento de la velocidad de respuesta) para perfeccionar la dinámica y los requerimientos de desempeño del proceso.
- Se elaboró un manual de usuario con información relevante de las variables que participan en los sistemas de control, los diagramas de conexión de los distintos componentes y sus respectivas tareas de mantenimiento; además se detallan los procedimientos operativos describiendo los pasos a seguir para operar las unidades didácticas de acuerdo a los procedimientos establecidos.

RECOMENDACIONES:

- Tener un conocimiento previo de las características técnicas y de funcionamiento de los equipos y elementos que se pretenden utilizar, para evitar gastos innecesarios y errores en la implementación y operación de los distintos sistemas de control.
- Realizar una Interfaz Humano-Máquina cumpliendo con normas industriales establecidas en cuanto a colores, formas, nomenclatura, etc.; para que la información del proceso sea comprensible para el operador.
- Antes de operar las unidades didácticas se debe verificar las conexiones eléctricas, para evitar daños graves en los sensores y actuadores que las componen, así como también del operador.
- Para realizar ampliaciones futuras del módulo PLC tomar en cuenta el espacio disponible dentro del gabinete, y analizar los planos de construcción para evitar daños a la estructura mecánica y los circuitos que lo integran. Utilizar los módulos de ampliación indicados en el presente trabajo (SM 1223 y SM 1234) ya que el espacio disponible dentro del gabinete fue diseñado únicamente considerando las dimensiones para estos equipos.
- Para la utilización de las electroválvulas se debe asegurar que la tensión de alimentación corresponda con la nominal del solenoide con su respectiva tolerancia, ya que si no se cumple con este parámetro las electroválvulas pueden trabajar de forma incorrecta y con peligro de deterioro.
- Para mejorar la Unidad de Control de Nivel tomar en cuenta que está diseñada para un control *on-off*, por lo que se debe realizar un estudio detallado del diseño físico y el comportamiento del sistema para determinar los procedimientos adecuados antes de llevar a cabo cambios estructurales y eléctricos.
- Realizar tareas de mantenimiento preventivo y correctivo que permitan conservar y prolongar la vida útil de los equipos y dispositivos utilizados en el módulo, así como también las unidades didácticas.
- Para manipular la unidad didáctica de Nivel se debe tener en cuenta que el sensor HC-SR04 no proporciona valores estables en la lectura de la medición de nivel, por lo que se recomienda considerar las características de funcionamiento del sensor al desarrollar el algoritmo de control.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. A. Galán, «Metodología de la Investigación,» 2017. [En línea]. Available: <http://manuelgalan.blogspot.com/p/guia-metodologica-para-investigacion.html>.
- [2] E. Pillalaza, «Construcción de un módulo didáctico para el aprendizaje y operación de controladores lógicos programables, monitoreado mediante el software Intouch,» Marzo 2006. [En línea]. Available: <http://es.slideshare.net/ManuelMartnez13/mdulo-didctico>.
- [3] Siemens, «support.industry.siemens.,» 06 Diciembre 2016. [En línea]. Available: <https://support.industry.siemens.com/tedservices/DatasheetService/DatasheetService?format=pdf&mlfbs=6ES7212-1BE40-0XB0&language=en&caller=SIOS>.
- [4] Carrod electrónica, «Catálogo de productos,» s.f. [En línea]. Available: <https://www.carrod.mx/collections/all>.
- [5] SISTELESA S.A., «Sistema eléctrico,» 1 02 2010. [En línea]. Available: <http://www.sisteleasa.com/pdf/Siemens-Catalogo2010c.pdf>.
- [6] L. Echeverría, «Instrumentación y Automatización en Mecánica y Mecatrónica,» s.f. [En línea]. Available: <http://insdecem.com/archivos/documentos/Trabajando%20con%20PLCS.pdf>.
- [7] C. Benítez, E. Portillo y J. Landaverde, «Proyecto y construcción de dos módulos didácticos para aplicaciones electroneumáticas,» Agosto 2007. [En línea]. Available: <http://ri.ues.edu.sv/4970/1/Proyecto%20y%20construcci%C3%B3n%20de%20dos%20m%C3%B3dulos%20did%C3%A1cticos%20para%20aplicaciones%20electroneum%C3%A1ticas.pdf>.
- [8] J. Alejandro, «Sistema de control domótico de una vivienda,» Abril 2009. [En línea]. Available: <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1343pub.pdf>.
- [9] V. López y D. Alvarado, «Diseño y construcción de una planta de nivel de líquido, sistema vasos comunicantes,» s.f. [En línea]. Available: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/17148/1/DISE%C3%91O%20Y%20CONSTRUCCI%C3%93N%20DEL%20MODELO%20DE%20UNA%20PLANTA%20DE%20NIVEL%20DE%20LIQUIDO.pdf>.
- [10] D. Pérez de Diego, «PicManía by RedRaven,» s.f. [En línea]. Available: http://picmania.garcia-cuervo.net/recursos/redpictutorials/sensores/sensores_de_distancias_con_ultrasonidos.pdf.
- [11] J. Ruiz, «Ardumanía,» 18 Agosto 2011. [En línea]. Available: http://www.ardumania.es/wp-content/uploads/2011/10/Arduino_programing_notebook_ES.pdf.
- [12] S. R. Schmid, Manufactura, ingeniería y tecnología, 5ta. Edición ed., México: Pearson Education, 2002, p. 1029.

ANEXOS

ANEXO A. Datos técnicos de la CPU 1212C

ANEXO B. Planos de construcción del módulo didáctico

ANEXO C. Listado de elementos y costos

ANEXO D. Planos de construcción de las unidades didácticas

ANEXO E. Plantilla de verificación de funcionamiento

ANEXO F. Manual de usuario

ANEXO A
DATOS TÉCNICOS DE LA CPU 1212C

Tabla A.1: Especificaciones generales de la CPU 1212C.

Datos técnicos	CPU 1212C AC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/DC
Referencia	6ES7 212-1BE40-0XB0	6E S7 212-1HE40-0XB0	6ES7 212-1AE40-0XB0
Dimensiones A x A x P (mm)	90 x 100 x 75		
Peso de envío	425 gramos	385 gramos	370 gramos
Disipación de potencia	11 W	9 W	
Intensidad disponible (SM y bus CM)	1000 mA máx. (5 V)		
Intensidad disponible (24 V)	300 mA máx. (alimentación de sensores)		
Consumo de corriente de las entradas digitales (24 V)	4 mA/entrada utilizada		

Fuente: [3]

Tabla A.2: Propiedades de la CPU 1212C.

Datos técnicos		Descripción
Memoria de usuario (Consulte "Datos técnicos generales (Página 1149)", "Remanencia de la memoria interna de la CPU".)	Trabajo	75 KB
	Carga	1 MB, interna, ampliable hasta tamaño de tarjeta SD
	Remanente	10 KB
E/S digitales integradas		8 entradas/6 salidas
E/S analógicas integradas		2 entradas
Tamaño de la memoria imagen de proceso		1024 bytes de entradas (I) / 1024 bytes de salidas (Q)
Área de Marcas (M)		4096 bytes
Memoria temporal (local)		<ul style="list-style-type: none"> • 16 KB para arranque y ciclo (incluyendo los FB y FC asociados) • 6 KB para cada uno de los niveles de prioridad de alarma (incluidos los FB y FC asociados)
Ampliación con módulos de señales		2 SM máx.
Ampliación con SB, CB o BB		1 máx.
Ampliación con módulos de comunicación		3 CM máx.

Fuente: [3]

ANEXO B
PLANOS DE CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DIDÁCTICO

VISTA FRONTAL DEL MÓDULO

VISTA INTERNA DEL MÓDULO

VISTA LATERAL DEL MÓDULO

ANEXO C
LISTADO DE ELEMENTOS Y COSTOS

Tabla C.1: Lista de materiales y elementos del módulo didáctico.

N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD		PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Controlador Lógico Programable (PLC) S7-1200	1	uni.	\$ 473,00	\$ 473,00
2	Gabinete metálico 60x40x20 cm	1	uni.	\$ 0,80	\$ 0,80
3	Vinilo adhesivo	1	uni.	\$ 14,00	\$ 14,00
4	Canaleta ranurada gris 25x25 mm	5	uni.	\$ 4,93	\$ 24,65
5	Riel din 35 mm acero perforado	1	metros	\$ 2,62	\$ 2,62
6	Cable flexible #18 AWG Amarillo	20	metros	\$ 0,15	\$ 3,00
7	Cable flexible #22 AWG Azul	3	metros	\$ 0,15	\$ 0,45
8	Cable flexible #22 AWG Verde	3	metros	\$ 0,15	\$ 0,45
9	Cable flexible #14 AWG Negro	2	metros	\$ 0,32	\$ 0,64
10	Cable flexible #14 AWG Blanco	2	metros	\$ 0,32	\$ 0,64
11	Bornera binding rojo, negro	64	uni.	\$ 0,18	\$ 11,52
12	Selector dos posiciones 16 mm	5	uni.	\$ 4,71	\$ 23,55
13	Pulsador 22 mm verde NO	4	uni.	\$ 2,17	\$ 8,68
14	Luz led verde 22 mm, 110 VAC	1	uni.	\$ 1,81	\$ 1,81
15	Voltímetro digital 3 dígitos Alimentación 5 V	2	uni.	\$ 3,60	\$ 7,20
16	Potenciómetro 500 K Ω	2	uni.	\$ 0,35	\$ 0,70
17	Switch conmutador simple	1	uni.	\$ 0,40	\$ 0,40
18	Breaker riel 1P-1 A	2	uni.	\$ 3,75	\$ 7,50
19	Fusible 0.5 A	1	uni.	\$ 0,10	\$ 0,10
20	Fusible 2 A	2	uni.	\$ 0,10	\$ 0,20
21	Portafusible	3	uni.	\$ 0,31	\$ 0,93
22	Cinta doble faz 13 mm	1	uni.	\$ 3,80	\$ 3,80
23	Pernos autoperforantes	9	uni.	\$ 0,05	\$ 0,45
24	Terminales en U	60	uni.	\$ 0,06	\$ 3,60
25	Terminales tipo pin	20	uni.	0,06	\$ 1,20
26	Plaquetas adhesivas	8	uni.	\$ 0,86	\$ 6,88
27	Espiral 12 mm	1	metros	\$ 6,40	\$ 6,40
28	Spaguetti térmico	1	metros	\$ 2,45	\$ 2,45
TOTAL					\$ 607,62

Tabla C.2: Lista de materiales y elementos de las unidades didácticas.

N°	DESCRIPCION	CANTIDAD		PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Válvula solenoide 1/2", 110 VAC	4	uni.	\$ 16,19	\$ 64,76
2	Bomba ½ HP, 110/220 VAC	1	uni.	\$ 47,02	\$ 47,02
3	Sensor ultrasónico HC-SR04	1	uni.	\$ 4,99	\$ 4,99
4	Tubo PVC 1/2"	3	metros	\$ 3,75	\$ 11,25
5	Contenedor de vidrio 35x33x35 cm	2	uni.	\$ 27,50	\$ 55,00
6	Base para sensor	1	uni.	\$ 4,07	\$ 4,07
7	Relé térmico 2.5-4 A	1	uni.	\$ 12,46	\$ 12,46
8	Relé térmico 4-6 A	1	uni.	\$ 29,66	\$ 29,66
9	Cable de alambre eléctrico rojo/negro	1	metros	\$ 15,00	\$ 15,00
10	Accesorios (codos, teflón, adaptador, etc.)	1	uni.	\$ 7,25	\$ 7,25
11	Estructura soporte	2	uni.	\$ 47,50	\$ 95,00
12	Gabinete de conexiones	2	uni.	\$ 16,70	\$ 33,40
13	Bornera binding rojo, negro	14	uni.	\$ 0,18	\$ 2,52
14	Canaleta lisa 13x7 mm	1	uni.	\$ 2,15	\$ 2,15
15	Bornera riel din 4 mm 10 AWG	8	uni.	\$ 0,48	\$ 3,84
16	Tapa de borne	8	uni.	\$ 0,27	\$ 2,16
17	Pulsador rojo hongo	1	uni.	\$ 4,56	\$ 4,56
18	Amplificador operacional TL084	1	uni.	\$ 1,37	\$ 1,37
19	LM35	1	uni.	\$ 4,00	\$ 4,00
20	Módulo LDR	1	uni.	\$ 6,50	\$ 6,50
21	Cinta LED	1	uni.	\$ 5,00	\$ 5,00
22	Calefactor/ventilador	1	uni.	\$ 35,00	\$ 35,00
23	Elementos electrónicos (resistencias, potenciómetros, borneras, etc.)	1	uni.	\$ 6,65	\$ 6,65
24	Barra de silicón	20	uni.	\$ 0,25	\$ 5,00
25	Banda de goma	1	uni.	\$ 7,00	\$ 7,00
26	Fuente de alimentación 5 V	2	uni.	\$ 4,00	\$ 8,00
27	Cable eléctrico	4	uni.	\$ 0,33	\$ 1,32
28	Terminales	20	uni.	\$ 0,15	\$ 3,00
29	Vinil micro perforado	1	uni.	\$ 3,00	\$ 3,00
30	Vinil de corte	2	uni.	\$ 3,00	\$ 6,00
31	Vinil transparente	2	uni.	\$ 4,00	\$ 8,00
32	Luz 12 mm 110 VAC LED verde, roja	2	uni.	\$ 1,00	\$ 2,00
TOTAL					\$ 496,93

ANEXO D
PLANOS DE CONSTRUCCIÓN DE LAS UNIDADES DIDÁCTICAS

PLANO DE CONSTRUCCIÓN DE LA UNIDAD DE CONTROL DE NIVEL

PLANO DE CONSTRUCCIÓN DE LA UNIDAD DOMÓTICA

**PLANO DE CONSTRUCCIÓN DE LA UNIDAD DE ARRANQUE Y-DELTA DE UN
MOTOR TRIFÁSICO**

ANEXO E
PLANTILLA DE VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO

	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	
	ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS	
	CHECK LIST MÓDULO DIDÁCTICO	

UNIDAD	MÓDULO DIDÁCTICO PLC
UBICACIÓN	LABORATORIO DE CONTROL INDUSTRIAL - ESFOT
FECHA	02/05/2017

COMPONENTES		FUNCIONAMIENTO CORRECTO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
PLC S7-1200 CPU 1212C AC/DC/RELÉ	ENTRADAS	Entrada Digital 1	✓	
		Entrada Digital 2	✓	
		Entrada Digital 3	✓	
		Entrada Digital 4	✓	
		Entrada Digital 5	✓	
		Entrada Digital 6	✓	
		Entrada Digital 7	✓	
		Entrada Digital 8	✓	
	SALIDAS	Entrada analógica 1	✓	
		Entrada analógica 2	✓	
		Salida digital 1	✓	
		Salida digital 2	✓	
		Salida digital 3	✓	
		Salida digital 4	✓	
		Salida digital 5	✓	
		Salida digital 6	✓	
		Selector ON/OFF	✓	
		Luz piloto	✓	
		Voltímetro digital 1	✓	
		Voltímetro digital 2	✓	
		Potenciómetro 1	✓	
		Potenciómetro 2	✓	
		Fuente de 5V	✓	
		Fuente de 10V	✓	
		Comunicación a Ethernet	✓	
		Alimentación al PLC	✓	
		Breaker 1A	✓	
		Breaker 1A	✓	
		Fusible 0,5A	✓	
		Fusible 1A	✓	
		Fusible 1A	✓	

REALIZADO POR		REVISADO POR	
NOMBRE	FIRMA	NOMBRE	FIRMA
Daniel Quinchiguango		Ing. Alan Cuenca	
Gabriela Luzón			

ANEXO F
MANUAL DE USUARIO

PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL

- Abrir el algoritmo “NIVEL_MANUAL_AUT” correspondiente al sistema de control de nivel.
- Realizar la conexión de los elementos del sistema de control de nivel desde el gabinete de conexiones, hacia las fuentes de alimentación, y hacia las entradas y salidas del módulo.

En la Figura F.1, se muestra la manera correcta de realizar dicha conexión.

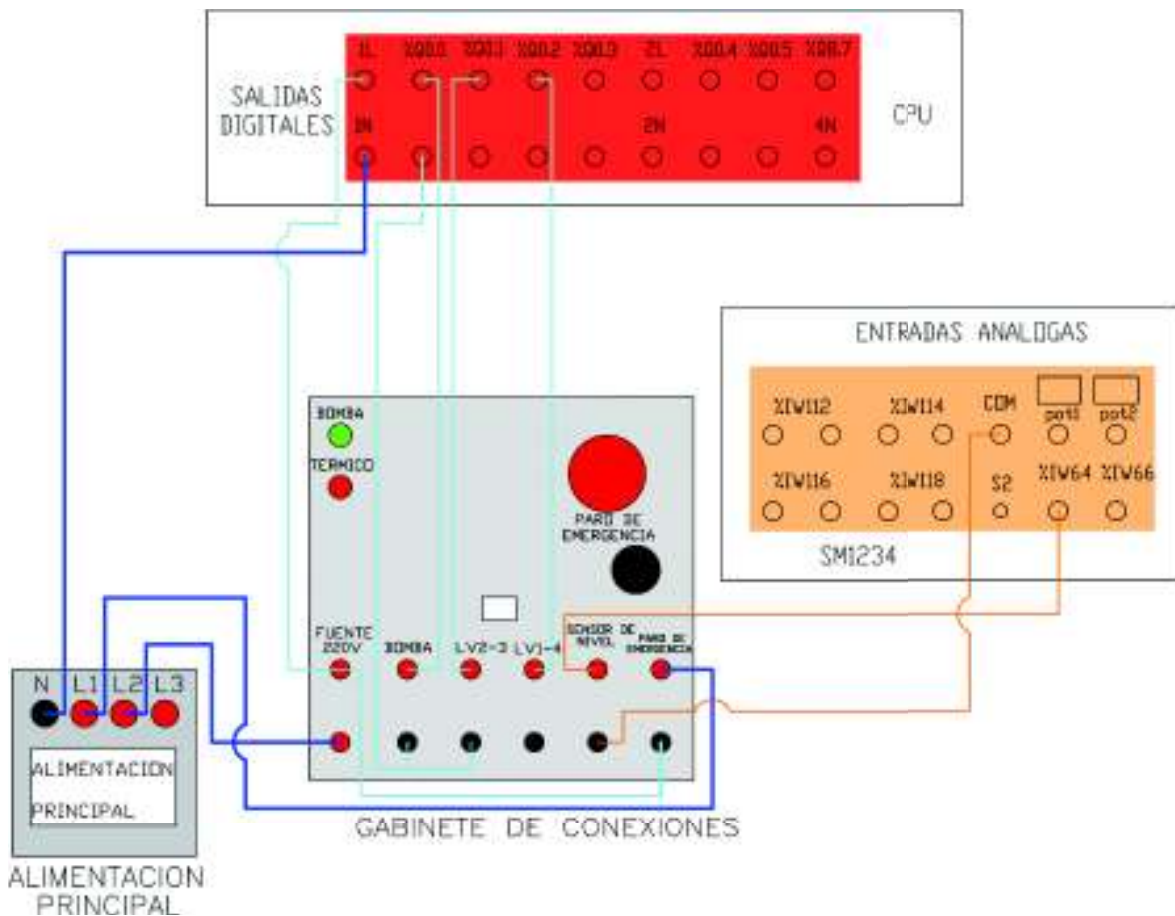


Figura F.1: Diagrama de conexiones del Sistema de Control de Nivel.

Descripción de las conexiones de la figura:

- El SENSOR se conecta a la entrada analógica %IW64 del módulo PLC.
- La BOMBA se conecta a la salida digital %Q0.0,
- Las electroválvulas FV2-3 y FV1-4 se conectan a las salidas digitales %Q0.1 y %Q0.2 respectivamente.

- El PARO DE EMERGENCIA debe ir conectado a una de las líneas de la alimentación principal.
- Colocar el cable de comunicación Ethernet entre la PC y el PLC.
- Colocar en red los dos dispositivos.
- Encender el módulo.
- Cargar y correr la programación “NIVEL_MANUAL_AUT”.

Tareas de mantenimiento para la unidad didáctica

Los chequeos normales y periódicos que requiere la unidad son:

- Inspección visual del estado de los elementos y dispositivos que conforman la unidad didáctica.
- Revisión continua de las conexiones eléctricas.
- Realizar un reajuste de los tornillos de las borneras de las entradas y salidas del gabinete de conexiones.
- Realizar una limpieza periódica de los tanques de almacenamiento y la unidad didáctica teniendo cuidado de no realizar maniobras que puedan desconectar o deteriorar el circuito.
- Limpieza de las electroválvulas y recambios preventivos de partes deterioradas.
- Verificar que el tanque reservorio y el tanque de control siempre contengan líquido suficiente (agua) para cumplir con los requisitos de funcionamiento de la Unidad de Control de Nivel.
- Verificar que el líquido contenido en los tanques no presente cuerpos extraños que pueden causar la obstrucción o el deterioro de las electroválvulas.
- Inspección visual para detectar fugas en las partes conectadas de las tuberías.
- Inspección de ruidos y vibraciones excesivas en la bomba y la unidad didáctica.

PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DOMÓTICO

- Abrir el algoritmo “Práctica de Domótica” correspondiente al sistema domótico.
- Realizar la conexión de los elementos del sistema de control de nivel desde el gabinete de conexiones, hacia las fuentes de alimentación, y hacia las entradas y salidas del módulo.

El diagrama de conexiones de la Unidad Domótica se muestra en la Figura F.2.

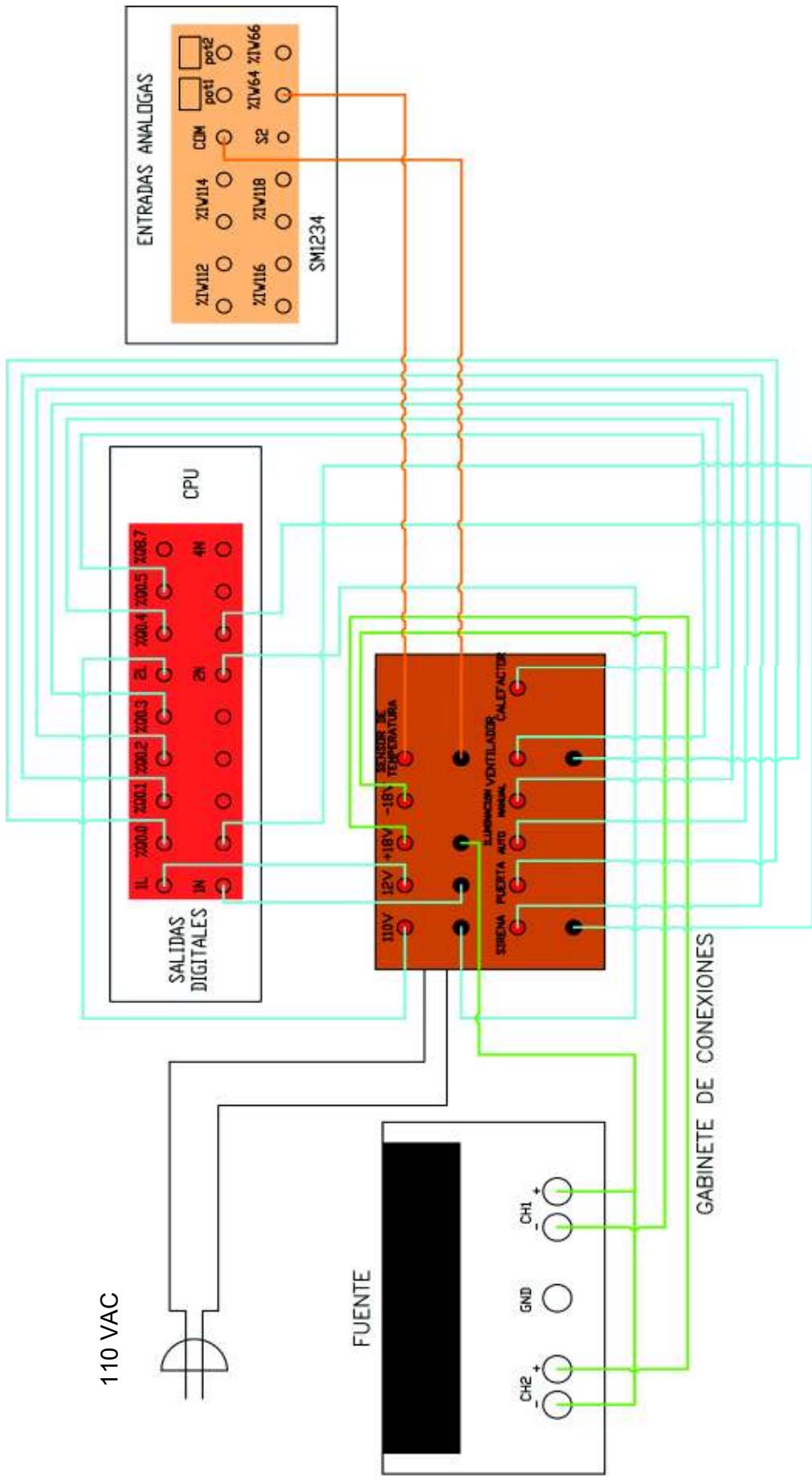


Figura F.2: Diagrama de conexiones del Sistema Domótico.

Descripción de las conexiones de la figura:

- La PUERTA se conecta a la salida digital %Q0.0.
 - La SIRENA se conecta a la salida digital %Q0.1.
 - ILUMINACIÓN AUTO (iluminación automática) se conecta a la salida digital %Q0.2.
 - ILUMINACIÓN MANUAL se conecta a la salida digital %Q0.3.
 - CALEFACTOR se conecta a la salida digital %Q0.4.
 - VENTILADOR se conecta a la salida digital %Q0.5.
 - FUENTE 110 V, la bornera de color rojo se conecta a 2L y respectivamente la bornera de color negro va conectada a 2N.
 - En la FUENTE 12 V, la bornera roja se conecta a 1L en la sección salidas digitales del módulo y su bornera negra se enlaza a 1N.
 - +18 V se conecta al positivo del Canal 2 de la fuente.
 - -18 V se conecta al negativo del Canal 1 de la fuente.
 - Se hace un puente entre el negativo del Canal 2 y el positivo del Canal 1 y se conectan a la bornera negra de la sección +18 V en la caja de conexiones de la unidad.
 - SENSOR DE TEMPERATURA se conecta a la entrada analógica %IW64 del módulo PLC.
-
- Colocar el cable de comunicación Ethernet entre la PC y el PLC.
 - Colocar en red los dos dispositivos.
 - Encender el módulo.
 - Cargar y correr la programación “Práctica de Domótica”.

Tareas de mantenimiento para la unidad didáctica

Los chequeos normales y periódicos que requiere la unidad son:

- Inspección visual del estado de los elementos y dispositivos que conforman la unidad didáctica.
- Revisión continua de las conexiones eléctricas.
- Realizar un reajuste de los tornillos de las borneras de las entradas y salidas del gabinete de conexiones.
- Inspección de ruidos y vibraciones excesivas en la unidad didáctica.
- Realizar una limpieza periódica de la unidad didáctica y sus componentes teniendo cuidado de no realizar maniobras que puedan desconectar o deteriorar el circuito.

PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE ARRANQUE Y-DELTA DE UN MOTOR TRIFÁSICO

- Abrir el algoritmo “Motor Trifásico” correspondiente al sistema.
- Realizar la conexión de los elementos del sistema de arranque Y-Delta desde el gabinete de conexiones, hacia las fuentes de alimentación, y hacia las entradas y salidas del módulo.

La Figura F.3 muestra el diagrama de conexiones del sistema de arranque Y-Delta de un motor trifásico:

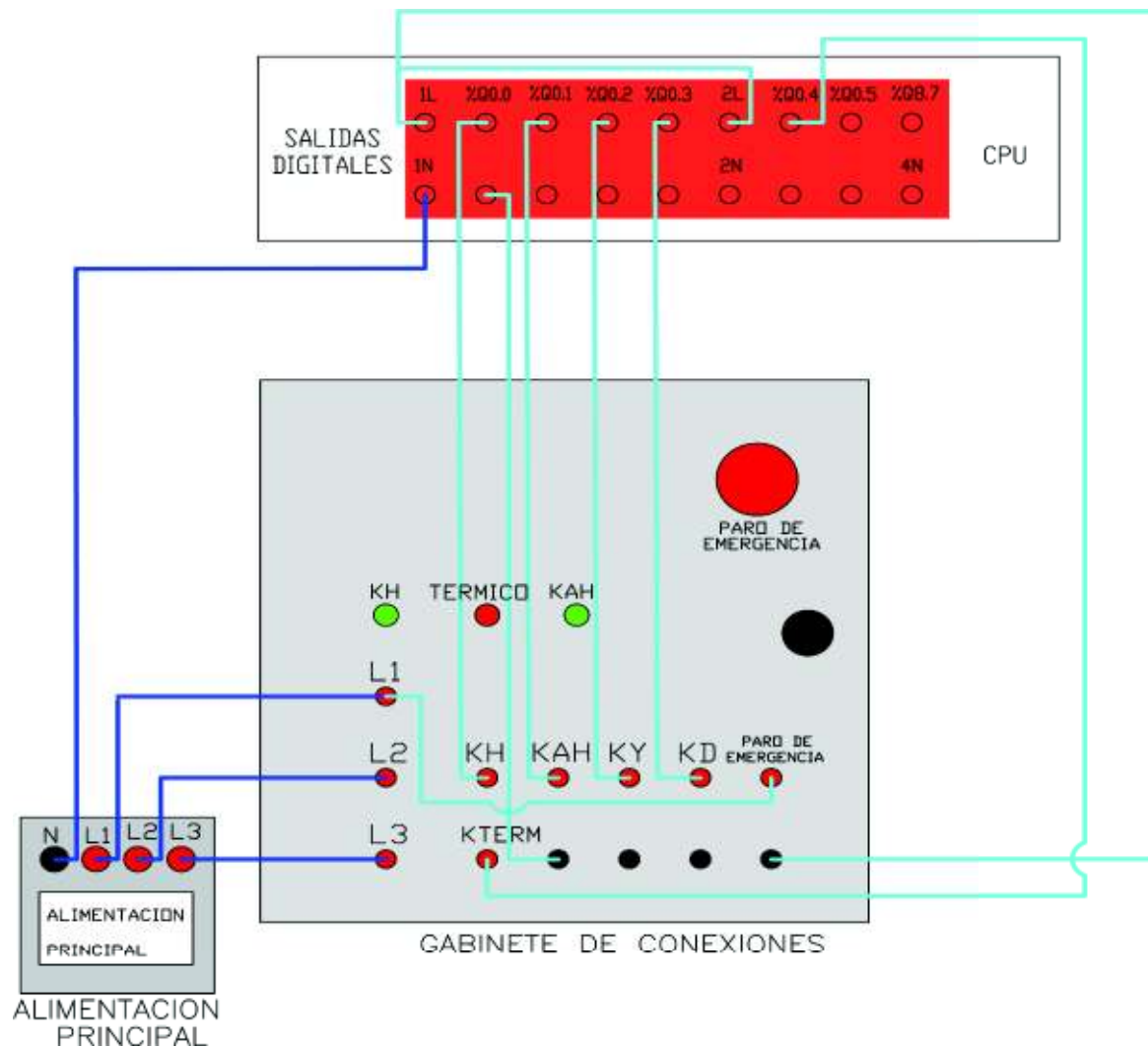


Figura F.3: Diagrama de conexiones del Sistema de arranque Y-Delta de un motor trifásico.

Descripción de las conexiones de la figura:

- L1, L2 y L3 se conectan una a cada línea de la alimentación trifásica principal.
- KH se conecta a la salida digital %Q0.0.

- KAH se conecta a la salida digital %Q0.1.
 - KY se conecta a la salida digital %Q0.2.
 - KD se conecta a la salida digital %Q0.3.
 - KTERM se conecta a la salida digital %Q0.4.
 - PARO DE EMERGENCIA, se hace un puente entre su bornera roja y la línea L1 de la caja de conexiones.
 - De la sección Salidas Digitales del módulo, se hace puente entre 1L y 2L, y se enlazan a la bornera de color negro de PARO DE EMERGENCIA.
- Colocar el cable de comunicación Ethernet entre la PC y el PLC.
 - Colocar en red los dos dispositivos.
 - Encender el módulo.
 - Cargar y correr la programación “Motor Trifásico”.

Tareas de mantenimiento para la unidad didáctica

Los chequeos normales y periódicos que requiere la unidad son:

- Inspección visual del estado de los elementos y dispositivos que conforman la unidad didáctica.
- Revisión continua de las conexiones eléctricas.
- Realizar un reajuste de los tornillos de las borneras de las entradas y salidas del gabinete de conexiones.
- Revisar que el motor esté conectado de forma correcta con la línea de energía eléctrica y si además recibe el voltaje nominal.
- Inspección de ruidos y vibraciones excesivas en el motor y la unidad didáctica.
- Realizar una limpieza periódica de la unidad didáctica teniendo cuidado de no realizar maniobras que puedan desconectar o deteriorar el circuito.