



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD TECNOLÓGICA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA

MÓDULO EDUCATIVO CON PLC S7-1200 Y HMI SIEMENS

Alejandro Esteban Olivares Muñoz

Pablo Antonio Tapia Ruiz

Copiapó, Chile 2025



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD TECNOLÓGICA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA

MÓDULO EDUCATIVO CON PLC S7-1200 Y HMI SIEMENS

Proyecto de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de ingeniero de ejecución en (instrumentación y automatización industrial)

Profesor guía: Sr. José Sebastián Rojas Gallardo

Alejandro Esteban Olivares Muñoz

Pablo Antonio Tapia Ruiz

Copiapó, Chile 2025

DEDICATORIA

A mis papás, las mejores personas que conozco y la razón principal por la que hoy estoy aquí. Gracias por su amor inmenso, por enseñarme a ser fuerte incluso cuando dudaba de mí, y por recordarme siempre que todo esfuerzo vale la pena. Este trabajo es tan mío como de ustedes, porque cada paso lo di sostenido por su apoyo, sus consejos y su cariño incondicional.

A mis hermanos, quienes han sido pilares fundamentales en mi vida. A mi hermano y a mi hermana, gracias por acompañarme, por impulsarme a ser mejor persona y por brindarme un ejemplo constante de perseverancia. Su presencia ha sido esencial en mi crecimiento personal, y su confianza en mí ha significado más de lo que podrían imaginar.

A mi novia, cuya compañía silenciosa y constante ha sido un refugio en los momentos difíciles. Gracias por tu ternura, por tu comprensión y por estar ahí sin necesidad de grandes palabras, solo con esa calidez que me ayuda a seguir avanzando.

Finalmente, a mis amigos y profesores, quienes con su apoyo, enseñanzas y palabras oportunas contribuyeron profundamente a este camino. Gracias por formar parte de esta etapa tan importante de mi vida.

Pablo Antonio Tapia Ruiz

DEDICATORIA

En primer lugar, siempre agradeciéndole a Dios por darme la oportunidad de estudiar y poder concluir esta etapa tan importante de mi vida.

Agradezco con todo mi corazón a mi madre y mi padre, quienes han sido mi mayor fuente de fuerza, motivación y apoyo incondicional. Sus sacrificios, consejos y confianza en mí han sido fundamentales para llegar hasta este punto. A mi hermano, por su compañía, comprensión y por estar siempre dispuesto a ayudar cuando lo necesité. A toda mi familia, quienes en cada etapa me brindaron palabras de ánimo, cariño y respaldo, incluso en los momentos más difíciles.

También agradecido con mis compañeros, con quienes compartí aprendizajes, desafíos y experiencias que enriquecieron profundamente este camino. Su colaboración y amistad hicieron que este proceso fuera más llevadero y significativo.

Finalmente, quiero agradecer a mis profesores, quienes con su dedicación, paciencia y compromiso contribuyeron en mi formación profesional. Su guía y apoyo durante el desarrollo de este proyecto fueron esenciales para concretar esta meta.

A todos ustedes, muchas gracias por ser parte de este logro y por acompañarme en esta etapa tan importante de mi vida.

Alejandro Esteban Olivares Muñoz

INDICE

CAPITULO I.....	1
INTRODUCCION	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Objetivo general	1
1.3 Objetivos específicos.....	2
1.4 Metodología.....	2
CAPITULO II.....	3
MARCO TEORICO	3
2.1 Automatización.....	3
2.2 Controladores Lógicos Programables (PLC)	4
2.2.1 Lenguajes de Programación de PLC	5
2.2.2 Estructura y Funcionamiento del PLC	6
2.2.3 Tipos de PLC y Aplicaciones Industriales.....	6
2.2.4 Entradas, Salidas y Módulos de Expansión.....	7
2.3 Interfaz Hombre-Máquina (HMI)	8
2.4 Comunicación entre PLC y HMI.....	9
2.4.1 Protocolos de Comunicación.....	10
2.4.2 Configuración y Direccionamiento de Dispositivos	11
2.5 TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal)	12
2.5.1 Entorno de Desarrollo y Estructura del Proyecto	13
2.6 Normativas y Seguridad en Automatización	13
2.7 Componentes Complementarios del Módulo	16
2.7.1 Perfil de metal	16

2.7.2 Plancha de melamina de 15 mm.....	17
2.7.3 Ruedas metálicas 40mm.....	18
2.7.4 Riel DIN	18
2.7.5 Canales ranurados.....	19
2.7.6 Borneras de conexión	20
2.7.7 Parada de emergencia	20
2.7.8 Interruptor diferencial.....	21
2.7.9 Interruptor automático/magnetotérmico.....	22
2.7.10 Cable 1.5 mm	23
2.7.11 Cable 18 AWG de control.....	24
2.7.12 Cable 12 AWG de control.....	25
2.7.13 Cable de profinet (LAN)	26
2.7.14 Luces indicadoras	26
2.7.15 Interruptores con botones pulsadores (Start/Stop)	27
CAPITULO III	27
CREACION Y INSTALACION DEL MODULO EDUCATIVO	27
3.1 Diseño y Modelado de la Estructura del Módulo.....	28
3.2 Fabricación de la Estructura Metálica	29
3.3 Instalación de la Plancha de Melamina y Ruedas Metálicas.....	30
3.4 Preparación de la Superficie e Instalación de Componentes Principales	31
3.5 Conexionado de Alimentación y Distribución Interna.....	32
CAPITULO IV	34
PROGRAMACIÓN DEL MÓDULO EDUCATIVO.	34
4.1 Instalación del Entorno de Desarrollo TIA Portal	34
4.2 Creación del Proyecto	35

4.3 Configuración del Hardware en TIA Portal (PLC y HMI).....	36
4.4 Creación y Asignación de las Variables (Tags)	41
4.5 Programación del PLC (Lógica de Control).....	41
4.6 Programación de la HMI (Interfaz Gráfica).....	42
4.7 Descarga del Programa al PLC y a la HMI	46
CAPÍTULO V	55
VALIDACIÓN DEL MÓDULO EDUCATIVO.	55
5.1 Vinculación del proyecto con el modelo educativo institucional	59
CAPÍTULO VI.....	60
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	60
6.1 Evaluación de la Interfaz HMI	62
6.2 Análisis de costos y análisis educativo	62
CAPÍTULO VII.....	67
CONCLUSION.	67
BIBLIOGRAFIA.....	69

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1: PLC Siemens S7-1200.....	8
Figura N° 2.2: Software TIA Portal.....	12
Figura N° 2.3: Perfil Acero.....	17
Figura N° 2.4: Plancha de Melamina	17
Figura N° 2.5: Ruedas Metálicas.....	18
Figura N° 2.6: Riel Din	19
Figura N° 2.7: Canaleta Ranurada.....	20
Figura N° 2.8: Botón de Parada de Emergencia.....	21
Figura N° 2.9: Interruptor Diferencial.....	22
Figura N° 2.10: Interruptor Automático	23
Figura N° 2.11: Cable 1.5mm.....	24
Figura N° 2.12: Cable de Control 18AWG	25
Figura N° 2.13: Cable de Profinet (Rj45).....	26
Figura N° 2.14: Luz Indicadora.....	27
Figura N° 3.1: Modelado 3D de la Estructura.....	28
Figura N° 3.2: Diseño de los Componentes en el Modulo software 3D	28
Figura N° 3.3: Proceso de Soldadura y Ensamblaje de la Estructura.....	29
Figura N° 3.4: Estructura Terminada.....	30
Figura N° 3.5: Instalación de Ruedas.....	31
Figura N° 3.6: Preparación de la Superficie.....	32
Figura N° 3.7: Maqueta terminada	33
Figura N° 4.1: Instalacion Tia Portal.....	35
Figura N° 4.2: Instalacion Tia Portal.....	35
Figura N° 4.3: Cracion de proyecto.....	36
Figura N° 4.4: Adición de PLC	37
Figura N° 4.5: Configuración de I/P PLC	38
Figura N° 4.6: Instalación de equipo virtual	38
Figura N° 4.7: Adición de equipo virtual	39
Figura N° 4.8: Conexionado de PLC/HMI.....	40

Figura N° 4.9: Configuración de I/P HMI.....	40
Figura N° 4.10: Programación PLC	42
Figura N° 4.11: Adición de pantallas HMI.....	43
Figura N° 4.12: Edición de pantalla principal HMI	43
Figura N° 4.13: Menu HMI.....	44
Figura N° 4.14: Visualización de variables en HMI.....	45
Figura N° 4.15: Visualización de I/P en HMI	45
Figura N° 4.16: Configuración y visualización de HMI proyecto 1	47
Figura N° 4.17: Programación parte 1.....	47
Figura N° 4.18: Programación parte 2.....	48
Figura N° 4.19: Programación parte 3.....	49
Figura N° 4.20: Programación parte 4.....	49
Figura N° 4.21: Configuración y visualización de HMI proyecto 2	50
Figura N° 4.23: Programación parte 1.....	51
Figura N° 4.24: Programación parte 2.....	52
Figura N° 4.25: Programación parte 3.....	52
Figura N° 4.26: Programación parte 4.....	53
Figura N° 4.27: Programación parte 5.....	54
Figura N° 5.1: Plano eléctrico/Diagrama eléctrico	56
Figura N° 5.2: Luces indicadoras en PLC S7-1200	57
Figura N° 5.3: Botones virtuales y luces indicadoras	58
Figura N° 5.4: Prueba luz con botón físico	58

RESUMEN

En el presente proyecto se desarrolló un módulo educativo de automatización industrial basado en un sistema PLC–HMI, orientado al control y monitoreo de procesos industriales con fines didácticos. El módulo fue diseñado utilizando un PLC Siemens S7-1200 y una pantalla HMI Siemens KTP600, incorporando dispositivos de mando, protección y señalización conforme a normativas de seguridad eléctrica vigentes. El desarrollo del proyecto consideró el diseño y construcción de la estructura física del módulo, el montaje de los componentes eléctricos, la implementación del cableado de potencia y control, y la programación del sistema mediante el software TIA Portal. Asimismo, se integraron elementos de seguridad tales como interruptor termomagnético, interruptor diferencial y botón de parada de emergencia, con el objetivo de garantizar un funcionamiento seguro durante su utilización. El módulo permite la interacción con entradas y salidas digitales y analógicas del PLC, así como la visualización y control del proceso a través de la interfaz HMI, facilitando el aprendizaje práctico de conceptos fundamentales de automatización industrial. Finalmente, se realizaron pruebas funcionales para validar el correcto funcionamiento del sistema y su aplicabilidad como herramienta de apoyo en el proceso de enseñanza–aprendizaje en las carreras de Técnico en Automatización e Ingeniería de Ejecución en Instrumentación y Automatización Industrial. El documento se estructura en cinco capítulos. En el **Capítulo I** se presenta la introducción del proyecto, la problemática, los objetivos y su justificación. El **Capítulo II** desarrolla el marco teórico, abordando conceptos de automatización industrial, PLC, HMI y normativas aplicables. En el **Capítulo III** se describe el diseño y la construcción del módulo educativo, detallando el montaje mecánico y eléctrico. El **Capítulo IV** expone la programación del sistema PLC–HMI y su funcionamiento. Finalmente, el **Capítulo V** presenta la validación del módulo educativo, junto con el análisis de resultados y conclusiones del proyecto.

AUTOMATIZACION-EDUCACION-INGENIERIA

ABSTRACT

This project presents the development of an educational industrial automation module based on a PLC–HMI system, aimed at the control and monitoring of industrial processes for didactic purposes. The module was designed using a Siemens S7-1200 PLC and a Siemens KTP600 HMI, integrating control, protection, and signaling devices in accordance with current electrical safety standards. The project development included the design and construction of the physical structure of the module, the installation of electrical components, the implementation of power and control wiring, and the programming of the system using TIA Portal software. In addition, safety elements such as a miniature circuit breaker, a residual suggested current device, and an emergency stop pushbutton were incorporated to ensure safe operation during use. The educational module allows interaction with the PLC digital and analog inputs and outputs, as well as process visualization and control through the HMI interface, facilitating practical learning of fundamental industrial automation concepts. Finally, functional tests were performed to validate the correct operation of the system and its applicability as a support tool in the teaching–learning process for the Technical Automation and Execution Engineering in Instrumentation and Industrial Automation programs. This document is structured into five chapters. **Chapter I** presents the project introduction, problem statement, objectives, and justification. **Chapter II** develops the theoretical framework, addressing concepts related to industrial automation, PLCs, HMIs, and applicable standards. **Chapter III** describes the design and construction of the educational module, detailing the mechanical and electrical assembly. **Chapter IV** presents the PLC–HMI programming and system operation. Finally, **Chapter V** presents the validation of the educational module, along with the results analysis and project conclusions.

AUTOMATION – EDUCATION – ENGINEERING

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 Generalidades

En la actualidad, la automatización industrial constituye un pilar fundamental en los procesos productivos, permitiendo mejorar la eficiencia, la seguridad y la calidad en diversas áreas de la industria. En este contexto, los controladores lógicos programables (PLC) y las interfaces hombre-máquina (HMI) son elementos esenciales, ya que permiten la interacción entre el operador y el sistema automatizado, además de facilitar el control y supervisión de procesos en tiempo real.

Sin embargo, en los entornos académicos y de formación técnica persiste una brecha entre los conocimientos teóricos impartidos en aula y la experiencia práctica con equipos de automatización reales. Esta situación dificulta que los estudiantes logren comprender de manera integral el funcionamiento de los sistemas de control, la programación de PLC y el diseño de interfaces gráficas para la supervisión de procesos.

Frente a esta problemática, el presente proyecto de titulación propone el diseño, construcción y validación de un módulo educativo portátil, equipado con un PLC Siemens S7-1200 y una HMI Simatic KTP600. Este recurso didáctico busca fortalecer la enseñanza práctica de la automatización industrial en la Universidad de Atacama, brindando a los estudiantes la posibilidad de desarrollar competencias en programación, conexión de sensores y actuadores, y simulación de procesos industriales a pequeña escala.

1.2 Objetivo general

Implementar un Módulo portátil equipado con un PLC S7-1200 y una HMI Siemens, que permita la realización de prácticas didácticas de Automatización Industrial, fomentando el aprendizaje práctico en contextos académicos y de formación técnica.

1.3 Objetivos específicos

- Diseñar el sistema eléctrico y estructural del Módulo Educativo, considerando criterios de portabilidad, seguridad y funcionalidad.
- Programar ejercicios utilizando el software TIA Portal para la interacción con el módulo.
- Validar el funcionamiento del sistema mediante pruebas de simulación y control de procesos simples.
- Analizar los resultados documentando el proceso de ensamblaje y operación para su uso pedagógico en distintos niveles educativos.

1.4 Metodología

El desarrollo del proyecto se llevará a cabo siguiendo una metodología estructurada y secuencial, que contempla las etapas necesarias para cumplir con los objetivos planteados. Cada fase incluye la selección de herramientas, técnicas y procedimientos que permiten asegurar la viabilidad, funcionalidad y validez del módulo educativo propuesto.

En primer lugar, se realizará una recopilación de información técnica y académica relacionada con el uso de PLCs, HMIs, normativas de seguridad eléctrica y aplicaciones pedagógicas en automatización industrial. Esto permitirá establecer el marco conceptual y las especificaciones necesarias para el diseño del módulo.

Posteriormente, se abordará el diseño eléctrico y estructural, que incluirá la elaboración de diagramas, esquemas de conexionado, selección de materiales y disposición de los componentes en la estructura portátil. Para esta fase se emplearán normas técnicas aplicables, además de software especializado de dibujo y diseño eléctrico.

La siguiente etapa corresponde al desarrollo de la programación en el software TIA Portal, donde se implementarán ejercicios básicos y avanzados de control, junto con la creación de pantallas HMI didácticas que permitan la supervisión, el control y la visualización de variables de proceso.

Una vez construido el módulo y cargada la programación, se procederá a la validación funcional mediante pruebas en laboratorio, verificando la correcta operación de entradas, salidas, pantallas de HMI y rutinas de control. Estas pruebas se estructurarán, se registrarán los resultados y corregirán posibles desviaciones.

Finalmente, se realizará la documentación completa del proceso, integrando el diseño, la implementación, la programación, la validación y los resultados obtenidos. Esta información servirá como material de apoyo pedagógico para los estudiantes y docentes de la Universidad de Atacama, consolidando así la utilidad del módulo educativo en el ámbito académico.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Automatización

Automatización es un término bastante amplio que se aplica en un sentido a cualquier mecanismo que se mueve por sí mismo, La palabra “Automatización” deriva de la antigua griega “Auto” que significa por sí solo.

Cuando nos referimos por el termino automatización industrial nos estamos refiriendo al uso de tecnologías para controlar procesos, maquinaria y sistemas en las industrias con mínima intervención humana. Tiene como objetivos principales mejorar la eficiencia operativa, aumentar la productividad, reducir errores y optimizar el uso de los recursos. Esta disciplina abarca desde tareas simples como el encendido de una bomba hasta procesos complejos de producción continua y control distribuido.

Los sistemas de automatización combinan una variedad de tecnologías, incluyendo sensores, actuadores, sistemas de control, redes industriales, y software de supervisión.

Uno de los principales beneficios de la automatización es su capacidad de operar en ambientes peligrosos, repetitivos o de alta precisión, lo que permite mejorar la seguridad y calidad del producto.

La automatización industrial es un área fundamental en el desarrollo de procesos productivos, ya que permite aumentar la eficiencia, la seguridad, la calidad y la trazabilidad de las operaciones. En este contexto, los controladores lógicos programables y las interfaces hombre-máquina (HMI) constituyen la base de los sistemas modernos de control y supervisión. La enseñanza y comprensión de estas tecnologías resulta esencial para la formación de técnicos e ingenieros, especialmente en carreras relacionadas con la instrumentación y automatización industrial.

2.2 Controladores lógicos programables (PLC)

Un Controlador Lógico Programable es un dispositivo electrónico diseñado para ejecutar secuencias lógicas que controlan procesos automáticos en entornos industriales. Su creación surgió como respuesta a la necesidad de reemplazar sistemas de control cableados con relés, que resultaban complejos, costosos y difíciles de modificar. Los PLC operan mediante programas almacenados en su memoria, interpretando señales de entrada provenientes de sensores o dispositivos de campo, procesándolas de acuerdo con una lógica predefinida y generando señales de salida hacia actuadores como válvulas, motores, alarmas o indicadores.

Estos equipos están compuestos principalmente por una unidad central de procesamiento (CPU), módulos de entradas y salidas, fuente de alimentación y puertos de comunicación. La CPU actúa como el cerebro del sistema, ejecutando las instrucciones del programa del usuario y en tiempo real. Entre las ventajas de los PLC destacan su fiabilidad, modularidad, flexibilidad de programación y facilidad de mantenimiento, características que los han convertido en un estándar en la automatización industrial.

El PLC Siemens S7-1200, utilizado en este proyecto, pertenece a la familia Simatic y está diseñado para aplicaciones de pequeña y mediana escala. Su estructura compacta, capacidad de comunicación a través de Profinet, compatibilidad con módulos de expansión y entorno de programación junto a TIA Portal, lo hacen ideal tanto para proyectos industriales como para entornos académicos.

En el contexto educativo, el S7-1200 permite comprender la arquitectura de los sistemas de control modernos y aplicar conceptos prácticos de automatización, simulando condiciones reales de la industria.

2.2.1 Lenguajes de programación de PLC

La programación de un PLC se realiza mediante lenguajes estandarizados definidos por la norma IEC 61131-3, que busca garantizar la interoperabilidad entre fabricantes y facilitar el aprendizaje y la transferencia de conocimientos. Esta norma establece distintos lenguajes que pueden ser utilizados según las necesidades del proceso o la preferencia del programador.

Entre los más utilizados se encuentra el Ladder Diagram (LD), también conocido como diagrama de escalera, que representa la lógica mediante contactos y bobinas, imitando el funcionamiento de circuitos eléctricos tradicionales. Este lenguaje es ampliamente utilizado en la enseñanza técnica por su similitud con los esquemas eléctricos. Otro lenguaje común es el Function Block Diagram (FBD), que representa las operaciones a través de bloques interconectados, siendo muy útil para el control de señales analógicas y operaciones matemáticas. El Structured Text (ST) es un lenguaje textual de alto nivel que permite desarrollar algoritmos complejos mediante estructuras condicionales, bucles y funciones, mientras que el Sequential Function Chart (SFC) se emplea para representar procesos que siguen una secuencia determinada de pasos.

En el entorno TIA Portal, estos lenguajes pueden combinarse dentro de un mismo proyecto, lo que brinda flexibilidad y claridad al diseño de programas. En este proyecto, se emplean principalmente el lenguaje Ladder (LD), por su carácter visual, intuitivo y su gran utilidad para el aprendizaje práctico en la formación técnica.

2.2.2 Estructura y funcionamiento del PLC

El funcionamiento de un PLC se basa en un ciclo de escaneo continuo, mediante el cual el controlador ejecuta las siguientes etapas: lectura de las entradas, procesamiento del programa del usuario y actualización de las salidas.

Este ciclo ocurre en milisegundos, permitiendo una respuesta casi inmediata ante cambios en las condiciones del proceso. La CPU recopila los estados de las entradas digitales y analógicas, los procesa según la lógica programada, y luego modifica las salidas que controlan los dispositivos de campo.

La estructura modular del PLC permite incorporar diferentes tipos de módulos según las necesidades del sistema, como expansiones de entradas y salidas, módulos de comunicación o módulos de funciones especiales. Además, los PLC modernos incluyen capacidades de diagnóstico, comunicación en red y control distribuido, facilitando la integración con otros sistemas.

En términos educativos, comprender el ciclo de funcionamiento del PLC es importante, ya que representa la base del control automatizado. Los estudiantes aprenden cómo las señales físicas se transforman en datos digitales y cómo la lógica programada influye directamente en la operación del sistema. Esta comprensión se ve reforzada al observar en tiempo real la respuesta del hardware a los cambios de entrada, consolidando el vínculo entre teoría y práctica.

2.2.3 Tipos de PLC y aplicaciones industriales

Los PLC pueden clasificarse según su tamaño, capacidad de procesamiento y tipo de aplicación. Los PLC compactos integran en un solo cuerpo la CPU, las entradas y salidas, y la fuente de alimentación, siendo ideales para proyectos pequeños o educativos, como el módulo de este proyecto. Los PLC modulares, en cambio, permiten agregar o sustituir módulos según la necesidad del proceso, mientras que los PLC distribuidos están diseñados para sistemas complejos donde se requiere control descentralizado y comunicación entre múltiples controladores.

En la industria, los PLC se utilizan en una amplia variedad de áreas: manufactura automatizada, transporte, minería, plantas de procesamiento, sistemas de bombeo, climatización y control de energía, entre otros. En el ámbito educativo, su uso se enfoca en reproducir a escala didáctica las condiciones reales de estos entornos industriales, permitiendo que los estudiantes adquieran experiencia práctica en la configuración, programación y diagnóstico de fallas.

El Siemens S7-1200, por sus características, pertenece a la categoría de PLC compacto, aunque admite expansiones modulares. Su versatilidad y compatibilidad con distintos periféricos lo convierten en una herramienta óptima para el desarrollo de aplicaciones de automatización industrial a pequeña y mediana escala, así como para fines educativos, permitiendo la implementación de prácticas de control, monitoreo y programación. Además, su integración con el entorno de desarrollo TIA Portal facilita el aprendizaje de lenguajes de programación industrial estandarizados y la comunicación con interfaces HMI, aportando al fortalecimiento de competencias técnicas tanto en la formación de nivel técnico como en la formación de ingeniería.

2.2.4 Entradas, salidas y módulos de expansión

Las entradas y salidas (E/S), de un PLC son los puntos de conexión que permiten la interacción con el entorno físico. Las entradas reciben señales desde sensores, pulsadores o interruptores, mientras que las salidas envían señales hacia actuadores como luces, contactores, relés o válvulas. Estas pueden ser digitales, cuando manejan señales discretas como puede ser encendido/apagado, o analógicas, cuando procesan valores variables como temperatura o nivel.

El PLC Siemens S7-1200 dispone de entradas y salidas integradas, pero también permite la conexión de módulos de expansión, que amplían la capacidad del sistema según las necesidades del proyecto. Estas expansiones pueden incluir módulos de entradas o salidas adicionales, módulos de comunicación RS-485, Ethernet o módulos analógicos para señales de proceso.

En el módulo, las entradas están asociadas a pulsadores, sensores y el botón de parada de emergencia, mientras que las salidas controlarán elementos como luces indicadoras o simulaciones de actuadores.

Este diseño permite que los estudiantes comprendan la relación entre los dispositivos físicos y las variables lógicas del programa, fortaleciendo su comprensión del flujo de señales en un sistema de automatización.

Figura N°2.1: PLC Siemens S7-1200



Fuente (WIAutomation.cl, 2025. distribuidor Siemens)

2.3 Interfaz hombre-máquina (HMI)

La Interfaz Hombre-Máquina es un componente esencial en los sistemas de automatización, ya que constituye el medio de comunicación entre el operador y el proceso controlado. Su función principal es presentar de forma gráfica la información proveniente del sistema de control, permitiendo tanto la supervisión del proceso como la intervención manual del estudiante a través de botones, indicadores o paneles interactivos.

Las HMI pueden variar desde simples indicadores hasta complejos paneles táctiles con capacidad de diagnóstico, registro de tendencias y conexión en red. En este proyecto se utiliza la Simatic HMI KTP600, el cual es un dispositivo de la familia Siemens que cuenta con una pantalla táctil de 5,7 pulgadas, resolución de 320 x 240 píxeles y capacidad para mostrar información en color.

Este panel permite la comunicación directa con el PLC Siemens S7-1200 mediante el protocolo Profinet, asegurando una transmisión rápida y confiable de los datos.

El uso de la HMI en el módulo educativo tiene un propósito didáctico fundamental que sería familiarizar al estudiante con la operación real de un sistema automatizado. A través de las pantallas diseñadas, el estudiante puede visualizar el estado de los actuadores, iniciar o detener el proceso, modificar parámetros de control, visualizar alarmas y consultar el historial de eventos. Además, la interfaz permite incluir prácticas de operación manual y automática, brindando una experiencia similar a la que se encuentra en entornos industriales reales.

El diseño de las pantallas en la HMI se realizará utilizando el entorno TIA Portal, donde se integran los elementos gráficos y las variables del PLC. Este enfoque permite que la programación y la visualización se realicen en un mismo software, garantizando consistencia, simplicidad y eficiencia en la implementación del sistema educativo.

2.4 Comunicación entre PLC y HMI

La comunicación entre el PLC y la HMI constituye un elemento esencial en los sistemas de automatización modernos, ya que permite la interacción directa entre el operador y el proceso controlado. Mediante esta conexión, la HMI actúa como interfaz visual y operativa del sistema, mostrando variables, estados y alarmas, y permitiendo el envío de comandos hacia el controlador lógico programable.

En el caso del módulo educativo desarrollado, la comunicación se establece entre el PLC Siemens S7-1200 y la HMI Simatic, ambos dispositivos pertenecientes a la línea de automatización de Siemens. Esta conexión se realiza a través del protocolo Profinet, un estándar de comunicación industrial basado en Ethernet que permite el intercambio de datos en tiempo real, con alta velocidad y confiabilidad.

Gracias a esta comunicación, el estudiante puede visualizar el estado de las entradas y salidas, modificar parámetros, iniciar o detener procesos y recibir alertas ante eventos anómalos.

Desde el punto de vista educativo, esta interacción permite comprender la dinámica del control supervisado, donde el PLC ejecuta la lógica del proceso y la HMI proporciona una representación visual y accesible del mismo.

La integración de ambos dispositivos en el entorno TIA Portal simplifica la configuración de la comunicación, ya que las variables creadas en el PLC pueden vincularse directamente con los objetos gráficos de la HMI. Esto facilita el diseño de interfaces intuitivas y la creación de prácticas didácticas que simulan procesos industriales reales.

2.4.1 Protocolos de comunicación

Los protocolos de comunicación industrial definen el conjunto de reglas que permiten el intercambio de información entre dispositivos de control, asegurando compatibilidad, velocidad y confiabilidad en la transmisión de datos. En la actualidad, los protocolos más utilizados son Profinet, Modbus TCP/IP y EtherNet/IP, todos basados en tecnología Ethernet, lo que permite su integración en redes industriales y académicas.

Profinet, desarrollado por Siemens y adoptado como estándar internacional (IEC 61158), es un protocolo de comunicación en tiempo real que utiliza infraestructura Ethernet para conectar PLC, HMI, variadores, sensores y otros dispositivos. Permite tiempos de respuesta del orden de milisegundos, garantizando un flujo continuo de información crítica para el control del proceso. Su principal ventaja se basa en la configuración automática y diagnóstico integrado, características que lo convierten en una herramienta eficaz tanto para la industria como para el aprendizaje técnico.

Por su parte, Modbus TCP/IP y EtherNet/IP son protocolos abiertos y ampliamente compatibles con dispositivos de diferentes fabricantes. Estos permiten la interoperabilidad entre equipos variados y son frecuentemente utilizados en entornos donde se requiere integrar dispositivos de distintas marcas.

En el contexto de este proyecto, se emplea el protocolo Profinet debido a su integración nativa con el PLC Siemens S7-1200 y la HMI KTP600, lo que facilita la configuración dentro del TIA Portal, reduce tiempos de implementación y asegura una comunicación estable y rápida entre los equipos del módulo educativo.

2.4.2 Configuración y direccionamiento de dispositivos

Para establecer una comunicación efectiva entre el PLC y la HMI, es necesario realizar una configuración adecuada de los parámetros de red y direccionamiento de cada dispositivo. En el entorno TIA Portal, este proceso se inicia asignando una dirección IP única a cada equipo dentro de la red Profinet. El PLC actúa como el controlador principal, mientras que la HMI opera como un cliente que solicita y visualiza los datos provenientes del PLC.

Una vez definidos los parámetros de red, se procede a la vinculación de variables. Cada variable creada en el programa del PLC (por ejemplo, “Encendido”, “Apagado”, “Motor Encendido”, “Luz Encendida”), se asocia con un objeto gráfico en la HMI, como botones, indicadores o medidores. De esta manera, cuando el estudiante presiona un botón en la pantalla, se envía una señal al PLC, que procesa el comando y actualiza las salidas correspondientes.

El direccionamiento correcto de las variables y la configuración coherente de las interfaces aseguran que la información visualizada en la HMI sea precisa y actualizada. Además, el TIA Portal permite realizar diagnósticos automáticos de comunicación, detectando fallas de conexión, direcciones IP duplicadas o errores en la asignación de tags.

En el módulo, este proceso de configuración es muy importante, ya que permite a los estudiantes comprender la estructura de una red industrial, practicar el direccionamiento de dispositivos y familiarizarse con los principios de comunicación industrial utilizados en entornos productivos reales.

2.5 Tia Portal (Totally integrated automation portal)

El TIA Portal es una plataforma de software desarrollada por Siemens que integra en un mismo entorno todas las herramientas necesarias para la programación, configuración y diagnóstico de sistemas de automatización. Su principal ventaja es la agrupación de diferentes dispositivos como PLC, HMI, variadores y módulos de comunicación dentro de un solo proyecto, lo que simplifica el proceso de diseño y reduce los tiempos de desarrollo.

En el contexto educativo, el TIA Portal representa una herramienta didáctica de alto valor, ya que permite que los estudiantes comprendan de manera integrada cómo se comunican y configuran los distintos componentes de un sistema automatizado. Además, su interfaz gráfica intuitiva y sus capacidades de simulación facilitan el aprendizaje de conceptos complejos sin necesidad de contar con todos los equipos físicos desde el inicio del proceso.

En el proyecto del módulo educativo con PLC y HMI Siemens, el TIA Portal será utilizado para programar la lógica de control, configurar la comunicación entre dispositivos y diseñar las pantallas de la HMI. De esta forma, se consolida como el eje central del desarrollo del sistema, uniendo todas las etapas del proyecto dentro de una misma herramienta.

Figura N°2.2: Software Tia Portal



Fuente (Siemens.cl, 2025. TIA Portal V19)

2.5.1 Entorno de desarrollo y estructura del proyecto

El entorno del TIA Portal está diseñado para ofrecer una experiencia de trabajo estructurada y visualmente amigable. En un mismo espacio de trabajo, el estudiante puede crear el proyecto, configurar el hardware, programar el PLC, diseñar la HMI y realizar pruebas de simulación. La estructura del proyecto se compone de varios bloques fundamentales:

Bloques de programa (OB, FB, FC, DB): donde se almacena la lógica de control, las funciones y los datos de proceso.

Tabla de variables (tags): donde se definen los nombres, tipos y direcciones de memoria de las señales que se intercambian entre PLC y HMI.

Configuración de dispositivos: donde se establecen los parámetros de red y los módulos de expansión.

Esta estructura modular facilita la organización del código y permite al estudiante comprender la jerarquía de los elementos en un sistema de control, favoreciendo un aprendizaje más ordenado y profesional.

2.6 Normativas y seguridad en automatización

La seguridad en los sistemas de automatización industrial es un aspecto fundamental en el diseño, implementación y operación de equipos de control. Los sistemas eléctricos y de automatización deben cumplir con una serie de normas internacionales que garantizan la protección de las personas, los equipos y las instalaciones. La correcta aplicación de estas normativas permite reducir riesgos de accidentes eléctricos, fallas de equipos y daños a los sistemas de control.

Entre las normas más relevantes se encuentran la IEC 61131-3, que regula los lenguajes de programación de PLC; la IEC 60204-1, que establece los requisitos de seguridad eléctrica para maquinaria industrial; la ISO 12100, que define los principios de diseño seguro; y la ISO 13850, que regula los sistemas de parada de emergencia. Además, el reglamento de seguridad de las instalaciones de consumo de energía eléctrica

(RIC) vigente en Chile, emitido por la superintendencia de electricidad y combustibles (SEC), complementa las exigencias en materia de protección eléctrica y seguridad ocupacional.

Estas normativas son aplicadas para garantizar que los estudiantes trabajen en un entorno seguro, donde se comprendan las funciones de los dispositivos de protección y control. La incorporación de parada de emergencia, interruptor diferencial y un automático, permitiéndonos replicar los estándares de seguridad utilizados en la industria.

- **Norma IEC 61131-3 – Lenguajes de programación de PLC**

La norma IEC 61131-3 es el estándar internacional que define los lenguajes de programación utilizados en los Controladores Lógicos Programables (PLC). Esta norma busca estandarizar la manera en que se desarrollan los programas de control, permitiendo la compatibilidad entre diferentes marcas y modelos de PLC.

Los lenguajes incluidos en la norma son: Diagrama de escalera (LD), diagrama de bloques de funciones (FBD), texto estructurado (ST), lista de instrucciones (IL) y diagrama de funciones secuenciales (SFC).

El cumplimiento de esta norma asegura que el módulo educativo esté basado en estándares internacionales de programación, permitiendo que los estudiantes adquieran competencias transferibles al entorno industrial real.

- **Norma IEC 60204-1 – Seguridad eléctrica en maquinaria**

La norma IEC 60204-1 define los requisitos de seguridad eléctrica aplicables a la maquinaria y sistemas de control industrial. Esta norma regula aspectos como la protección contra contactos eléctricos directos e indirectos, la conexión a tierra, el uso de dispositivos de protección (automáticos, diferenciales, fusibles) y la correcta identificación de los conductores.

En este módulo educativo, la aplicación de la IEC 60204-1 garantiza que el sistema esté diseñado con medidas de seguridad que protejan tanto al estudiante como a los componentes eléctricos.

Por ello, se incluye un interruptor diferencial de 25A para evitar fugas de corriente hacia tierra y un interruptor automático tipo C10 para proteger los circuitos de sobrecargas o cortocircuitos. Estas medidas replican las condiciones reales de una instalación industrial, permitiendo que los estudiantes trabajen con un panel seguro y conforme a los estándares internacionales.

- **Norma ISO 12100 – Principios generales de seguridad en el diseño**

La norma ISO 12100 establece los principios generales para el diseño seguro de máquinas y equipos. Su enfoque se centra en identificar los peligros potenciales, evaluar los riesgos y aplicar medidas preventivas desde la etapa de diseño.

En el caso del módulo, esta norma se refleja en la planificación estructural y eléctrica del panel, priorizando la protección de los estudiantes.

El diseño del módulo considera la disposición funcional de los componentes, el uso de canales ranurados para evitar exposición de cables, y la incorporación de protecciones físicas que previenen el acceso a partes energizadas. Asimismo, la selección de materiales resistentes y el uso de una estructura de melamina de 15 mm aseguran estabilidad y aislamiento eléctrico, cumpliendo los principios básicos de seguridad definidos por la ISO 12100.

- **Norma ISO 13850 – Paradas de emergencia**

La norma ISO 13850 regula los requisitos para la función de parada de emergencia en máquinas y sistemas automatizados. Su propósito es garantizar que el operador disponga de un medio rápido, accesible y confiable para detener el funcionamiento del sistema ante una situación de peligro.

La implementación de un botón de parada de emergencia cumple con esta normativa, asegurando la interrupción inmediata de la energía al sistema en caso de riesgo. El pulsador es de tipo enclavado y está ubicado en una posición visible y de fácil acceso, de manera que los estudiantes puedan detener la operación del módulo con un solo movimiento. Esta medida no solo protege la integridad del equipo, sino también la seguridad de quienes lo utilizan durante las prácticas.

- **RIC – Reglamento de seguridad de las instalaciones de consumo de energía eléctrica (SEC, Chile)**

El Reglamento de seguridad de las instalaciones de consumo de energía eléctrica (RIC), emitido por la superintendencia de electricidad y combustibles (SEC), es la normativa vigente en Chile que regula el diseño, construcción y operación de instalaciones eléctricas de consumo en baja tensión. Este reglamento reemplaza a la antigua reglamento de Seguridad de las Instalaciones de Consumo de Energía Eléctrica (RIC) vigente en Chile y establece requisitos de seguridad relacionados con protecciones eléctricas, conductores, tableros, canalizaciones y puesta a tierra. En el desarrollo del módulo educativo, el RIC se consideró como referencia para garantizar una instalación segura, ordenada y acorde a la normativa nacional vigente.

2.7 Componentes complementarios del módulo

Además de los dispositivos de control y protección, el módulo educativo incorpora una serie de elementos complementarios que garantizan el correcto funcionamiento, la seguridad y la organización del sistema. Estos componentes no solo cumplen un rol técnico, sino también pedagógico, ya que permiten que los estudiantes visualicen la disposición real de los elementos en un tablero industrial y comprendan la importancia del orden, la protección y la estética en el diseño eléctrico.

2.7.1 Perfil de metal

El perfil metálico constituye la base estructural del módulo, proporcionando rigidez y soporte a los componentes eléctricos y mecánicos. Este perfil se utiliza para conformar el marco que sostiene la plancha de melamina, garantizando estabilidad y resistencia a las vibraciones durante el uso. Los perfiles metálicos, generalmente fabricados en acero galvanizado, poseen una alta durabilidad y soportan adecuadamente el peso de los dispositivos como el PLC, la HMI y los elementos de protección. Además, su estructura permite realizar perforaciones o ajustes según la disposición de los componentes, facilitando el montaje y mantenimiento del sistema. El uso de este material asegura una estructura firme y de larga vida útil.

Figura N°2.3: Perfil de Acero



Fuente (Sodimac.cl, 2025)

2.7.2 Plancha de melamina de 15 mm

La plancha de melamina de 15 mm actúa como la base estructural sobre la cual se montan todos los componentes del módulo. Este material se selecciona por su resistencia, estabilidad, aislamiento eléctrico y acabado estético, características ideales para su uso en entornos de laboratorio y enseñanza.

La melamina permite una fijación firme de los rieles DIN, borneras, canaletas y dispositivos eléctricos, proporcionando un soporte robusto y reutilizable. Además, su superficie lisa y aislante contribuye a la seguridad eléctrica del montaje, reduciendo el riesgo de contactos accidentales.

Figura N°2.4: Plancha de Melamina



Fuente (Sodimac.cl, 2025)

2.7.3 Ruedas metálicas 40mm

Las ruedas metálicas de 40 mm instaladas en la base del módulo permiten su movilidad y desplazamiento seguro dentro del laboratorio o taller. Este componente mejora la ergonomía y flexibilidad de uso, facilitando el transporte del equipo entre distintas áreas de trabajo sin requerir desmontaje. Cada rueda cuenta con estructura metálica reforzada, lo que asegura estabilidad durante el funcionamiento. Su incorporación también promueve buenas prácticas de diseño ergonómico e instalación industrial, integrando movilidad sin comprometer la seguridad o el diseño eléctrico del módulo.

Figura N°2.5: Ruedas Metálicas



Fuente (Elaboración Propia, 2025)

2.7.4 Riel DIN

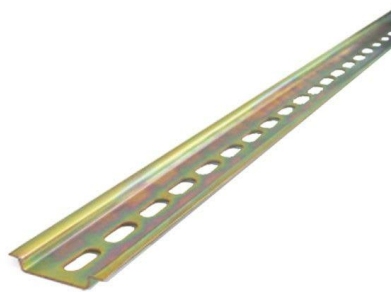
El riel DIN es un perfil metálico estandarizado utilizado para montar dispositivos eléctricos y electrónicos dentro de tableros de control. Su nombre proviene de la norma alemana DIN 46277. Este componente permite fijar de forma segura equipos como PLC, borneras, interruptores, diferenciales y relés, garantizando estabilidad y facilidad de mantenimiento.

El riel DIN cumple un papel estructural fundamental, ya que organiza los elementos eléctricos de forma ordenada y profesional, simulando la disposición de un tablero industrial.

Además, permite que los estudiantes practiquen el montaje y desmontaje de equipos, comprendiendo las normas de instalación y los criterios de separación de tensiones.

Su utilización contribuye a reforzar los conocimientos de montaje eléctrico industrial, orden y seguridad, al tiempo que proporciona una base sólida y accesible para futuras modificaciones o ampliaciones del sistema.

Figura N°2.6: Riel Din



Fuente (Ferrelectrica.cl, 2025)

2.7.5 Canales ranurados

Los canales ranurados o canaletas eléctricas son estructuras plásticas que se utilizan para guiar y proteger los conductores eléctricos dentro del tablero. Están provistas de ranuras laterales que permiten introducir y extraer cables fácilmente, manteniendo un orden visual y evitando cruces o tensiones indebidas en el cableado.

En este proyecto, los canales permiten mantener una distribución limpia y profesional de los cables de control, potencia y comunicación. Su uso evita el desgaste prematuro de los conductores y reduce la posibilidad de interferencias electromagnéticas entre circuitos, especialmente en entornos donde se combinan señales digitales y analógicas.

Desde la perspectiva educativa, estos elementos ayudan a que los estudiantes comprendan la importancia del orden, la protección y la ergonomía en los tableros eléctricos, habilidades esenciales en el trabajo técnico profesional.

Figura N°2.7: Canaletas Ranuradas



Fuente (Ferrelectrica.cl, 2025)

2.7.6 Borneras de conexión

Las borneras de conexión, también llamadas bloques de terminales, son componentes utilizados para interconectar cables de forma segura y ordenada dentro de un tablero. Se instalan sobre el riel DIN y permiten realizar empalmes eléctricos limpios, resistentes y fácilmente identificables.

Las borneras cumplen una función didáctica importante; facilitan la conexión entre los dispositivos externos como pulsadores, luces o sensores y las entradas o salidas del PLC. Además, contribuyen a la seguridad eléctrica al evitar uniones directas de cables, reduciendo el riesgo de cortocircuitos y mejorando la estética del montaje. El uso de borneras de carril DIN también permite aplicar principios de numeración, señalización y codificación por colores, prácticas habituales en la industria y esenciales para el mantenimiento y la trazabilidad del cableado.

2.7.7 Parada de emergencia

La parada de emergencia es un mecanismo de seguridad destinado a detener de forma inmediata el funcionamiento de un sistema ante la detección de una situación peligrosa.

Está regulada principalmente por las normas ISO 13850 y IEC 60204-1, que establecen sus requisitos de diseño, ubicación y funcionamiento. El botón utilizado en este proyecto es un pulsador de color rojo con enclavamiento mecánico, el cual debe permanecer activado hasta que el operador lo desbloquee manualmente. Este dispositivo está conectado en serie con el circuito de control, lo que garantiza que, al activarlo, se interrumpa el suministro eléctrico hacia los actuadores o salidas del PLC.

Figura N°2.8: Botón de Parada de Emergencia



Fuente (MechatronicStore.cl, 2025)

2.7.8 Interruptor diferencial

El interruptor diferencial es un dispositivo de protección destinado a detectar fugas de corriente hacia tierra y desconectar el circuito cuando estas exceden un umbral seguro. Su principal función es proteger a las personas de posibles descargas eléctricas causadas por contactos indirectos o por fallas de aislamiento en los equipos.

El modelo utilizado en este proyecto es un diferencial de 25 A, que garantiza la protección del módulo ante fallas de aislamiento o derivaciones no intencionales. Este componente supervisa la diferencia de corriente entre el conductor de fase y el neutro, y si detecta una fuga superior al valor nominal por lo general 30 mA, abre el circuito de manera inmediata, la inclusión del interruptor diferencial permite demostrar visualmente su principio de funcionamiento y su importancia en las instalaciones industriales.

Figura N°2.9: Interruptor Diferencial 25A



Fuente (Ferrelectrica.cl, 2025)

2.7.9 Interruptor automático/magnetotérmico

El interruptor automático o magnetotérmico protege los circuitos eléctricos contra sobrecargas y cortocircuitos, interrumpiendo el flujo de corriente cuando esta supera los valores seguros de operación. Funciona combinando dos mecanismos: el térmico (que actúa ante sobrecargas prolongadas), y el magnético (que reacciona ante picos instantáneos de corriente).

En el módulo se emplea un interruptor automático tipo C10, adecuado para proteger el circuito de control del PLC y los demás equipos conectados. Su curva de disparo tipo “C” lo hace apropiado para circuitos con cargas moderadamente inductivas, como bobinas de relés o pequeños motores.

Este dispositivo, además de cumplir una función de protección, permite enseñar los fundamentos de la selectividad y coordinación eléctrica entre los distintos elementos de seguridad del sistema. En conjunto con el diferencial, conforma una cadena de protección escalonada que asegura la desconexión ordenada ante distintas fallas eléctricas.

La incorporación de estos dispositivos en el módulo refuerza el enfoque pedagógico del proyecto, promoviendo la conciencia en seguridad industrial y el cumplimiento de las normas eléctricas que rigen los sistemas automatizados.

Figura N°2.10: Interruptor Automático C10



Fuente (Casadelrayo.cl, 2025)

2.7.10 Cable 1.5 mm

El cable de 1.5 mm² de pelo se utiliza en el módulo principalmente para la distribución de energía eléctrica en los circuitos de potencia y alimentación general. Este tipo de conductor está formado por múltiples hilos de cobre trenzado, lo que le otorga flexibilidad y resistencia frente a vibraciones o movimientos, características especialmente útiles en módulos portátiles o con componentes que puedan ser reubicados.

Su sección de 1.5 mm² permite conducir corrientes de hasta 10 A en instalaciones de baja tensión, asegurando un funcionamiento estable y seguro para los equipos conectados, como el PLC, la HMI y los dispositivos de protección eléctrica.

El aislamiento de PVC que recubre este cable proporciona una resistencia térmica y dieléctrica, además de proteger contra la humedad, el polvo y posibles contactos accidentales. Su uso garantiza una correcta transmisión de energía hacia los distintos elementos del sistema, cumpliendo con las normativas RIC – Reglamento de Seguridad de las Instalaciones de Consumo de Energía Eléctrica (SEC, Chile) e IEC 60204-1, que

regulan las instalaciones de baja tensión y la seguridad en maquinaria industrial. Asimismo, su flexibilidad facilita el orden dentro de las canaletas ranuradas y rieles DIN, permitiendo un montaje prolijo, seguro y fácilmente mantenible. De esta forma, el cable de 1.5 mm² de pelo representa un componente esencial en la construcción del módulo, asegurando eficiencia eléctrica, durabilidad y cumplimiento de los estándares técnicos exigidos para equipos de enseñanza en automatización industrial.

Figura N°2.11: Cable 1.5mm



Fuente (Ferrelectrica.cl, 2025)

2.7.11 Cable 18 AWG de control

El cable de control 18 AWG se utiliza en el módulo para la transmisión de señales de mando, control y comunicación entre el PLC Siemens S7-1200, la HMI Simatic KTP600 y los dispositivos periféricos como pulsadores, luces indicadoras y relés.

Este tipo de cable, compuesto por múltiples filamentos finos de cobre trenzado, ofrece una excelente flexibilidad y durabilidad, lo que facilita su instalación en canaletas ranuradas y su manipulación durante prácticas de laboratorio.

Su calibre 18 AWG proporciona una capacidad de conducción para señales de baja corriente, manteniendo una comunicación confiable y estable entre los dispositivos del sistema. El aislamiento de PVC flexible de coloración diferenciada permite identificar fácilmente las señales de entrada, salida o comunicación, favoreciendo un cableado

ordenado y una rápida detección de fallas. En este contexto, este cable desempeña un rol importante en la interconexión lógica del sistema, asegurando la correcta respuesta del PLC ante las acciones del estudiante y la representación en la HMI. Además, su utilización cumple con las recomendaciones del Reglamento de Seguridad de las Instalaciones de Consumo de Energía Eléctrica (RIC) vigente en Chile e IEC 60204-1, garantizando la seguridad eléctrica y la compatibilidad con equipos de control industrial.

Figura N°12: Cable de Control 18AWG



Fuente (Ferrelectrica.cl, 2025)

2.7.12 Cable 12 AWG de control

El cable de control 12 AWG de pelo se utiliza en el módulo educativo para circuitos que requieren una mayor capacidad de conducción de corriente en comparación con los cables de menor calibre, especialmente en señales de control que alimentan actuadores, bobinas de relés, contactores u otros dispositivos que demandan corrientes superiores a las típicas señales lógicas.

Este cable está compuesto por múltiples hilos de cobre trenzado, lo que le otorga una excelente flexibilidad y resistencia mecánica, permitiendo su manipulación en curvas cerradas y su instalación ordenada dentro de las canaletas ranuradas del módulo. Su mayor sección transversal proporciona menor resistencia eléctrica, reduciendo pérdidas y garantizando una transmisión más estable y segura en sistemas de automatización industrial.

2.7.13 Cable de profinet (LAN)

El cable de Profinet es un elemento fundamental en la comunicación entre el PLC Siemens S7-1200 y la pantalla HMI Simatic KTP600. Este tipo de cable, basado en la tecnología Ethernet Industrial, está diseñado para garantizar una transmisión de datos rápida, estable y resistente a interferencias electromagnéticas, condiciones comunes en entornos de automatización. A diferencia de un cable de red convencional, el cable Profinet posee un blindaje especial ya sea de tipo S/FTP o similar que protege las señales frente al ruido eléctrico generado por motores, relés, contactores y otros dispositivos de control.

Figura N°2.13: Cable de Profinet (Rj45)



Fuente (MercadoLibre.cl, 2025)

2.7.14 Luces indicadoras

Las luces indicadoras o pilotos luminosos son dispositivos que permiten señalar el estado de un sistema o equipo eléctrico mediante códigos de color visibles.

Su función principal es proporcionar retroalimentación visual al operador, indicando condiciones como encendido, apagado, fallo o alarma.

En el módulo se utilizan luces de color verde para indicar encendido o funcionamiento normal. Estas se conectan a las salidas digitales del PLC Siemens S7-1200, permitiendo representar visualmente la ejecución del programa de control.

Desde el punto de vista formativo, el uso de luces indicadoras facilita el aprendizaje del diagnóstico visual de procesos, mostrando de manera práctica cómo se comunican los estados del sistema hacia el operador, tal como ocurre en un entorno industrial real.

Figura N°2.14: Luz Indicadora



Fuente (Ferrelectrica.cl, 2025)

2.7.15 Interruptores con botones pulsadores (Start/Stop)

El interruptor con botón pulsador es un componente esencial en el control manual del módulo educativo, ya que permite al estudiante iniciar y detener el funcionamiento del sistema de manera directa y segura. Este conjunto suele estar compuesto por dos pulsadores independientes, un botón Start (color verde) destinado a activar el circuito de control o habilitar el funcionamiento del proceso, y un botón Stop (color rojo), encargado de interrumpir inmediatamente la señal de mando para detener el sistema.

CAPITULO III

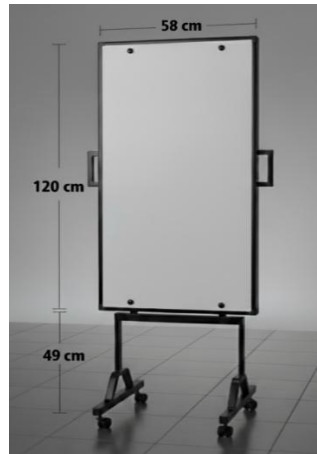
CREACION E INSTALACION DEL MODULO EDUCATIVO

El presente capítulo describe detalladamente el proceso de diseño, construcción e instalación del módulo educativo de automatización industrial, compuesto por un PLC Siemens S7-1200 y una pantalla HMI Simatic. Se documentan las etapas desde la elaboración de la estructura base hasta la conexión eléctrica y pruebas funcionales, asegurando que el módulo cumpla con los estándares de seguridad, orden y funcionalidad industrial.

3.1 Diseño y modelado de la estructura del módulo

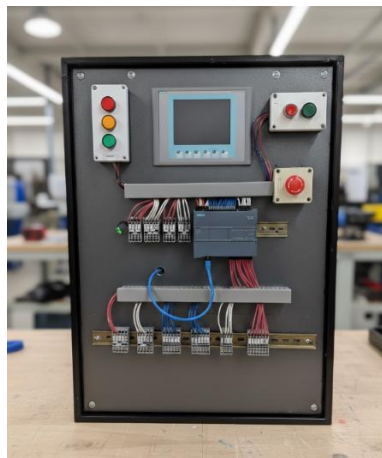
En esta etapa se realiza el diseño preliminar del módulo, incluyendo el plano o modelado 3D de la estructura con sus dimensiones. El modelado permite definir la disposición de los componentes eléctricos, el espacio necesario para cableado, la ubicación de la HMI y la accesibilidad de los elementos de control. El diseño se desarrolla considerando criterios ergonómicos, de seguridad y facilidad de mantenimiento, asegurando que los estudiantes puedan interactuar con el módulo de manera cómoda y segura.

Figura N°3.1: Modelado 3D de la Estructura



Fuente (Plano diseñado por software modelamiento 3D)

Figura N°3.2: Diseño de los Componentes en el Módulo Software 3D



Fuente (Elaboración propia, mediante inteligencia artificial (Gemini), 2025)

3.2 Fabricación de la estructura metálica

Una vez definido el diseño, se procedió con la construcción de la estructura metálica utilizando perfiles de acero. Los cortes de los perfiles se realizaron con un esmeril angular, siguiendo las medidas establecidas en el plano. Posteriormente, las uniones se realizaron mediante soldadura eléctrica por arco, asegurando una fijación firme y resistente.

Durante la fabricación, se verificaron los ángulos y alineaciones con escuadras y niveles para mantener la precisión dimensional del módulo. Una vez completadas las uniones, se retiraron las rebabas y se aplicó una capa de pintura anticorrosiva para proteger el metal contra la oxidación y mejorar la estética del conjunto.

La estructura metálica obtenida proporciona la base rígida del módulo, capaz de soportar el peso de la plancha de melamina, los componentes eléctricos y el movimiento durante su uso. Este proceso no solo aseguró la solidez del módulo, sino también la precisión y seguridad estructural que es fundamental.

Figura N°3.3: Proceso de Soldadura y Ensamblaje de la Estructura



Fuente (Elaboración Propia, 2025)

3.3 Instalación de la plancha de melamina y ruedas metálicas

Con la estructura metálica terminada, se instaló la plancha de melamina de 15 mm de espesor sobre la parte superior del marco, la cual actúa como superficie principal para el montaje de los elementos eléctricos y de control. La melamina fue cortada según las dimensiones del diseño y fijada a la estructura mediante tornillos y tuercas, asegurando una instalación estable y perfectamente nivelada.

La elección de este material responde a sus propiedades de aislamiento eléctrico, resistencia mecánica y acabado estético, ideales para un entorno educativo y de trabajo técnico.

Posteriormente, se incorporaron cuatro ruedas metálicas de 40 mm sin freno en la parte inferior de la estructura, permitiendo la movilidad del módulo dentro del laboratorio. Estas ruedas facilitan el transporte, el mantenimiento y la reorganización del espacio de trabajo, sin comprometer la estabilidad durante las prácticas.

La combinación de una estructura metálica firme, una base de melamina aislante y ruedas resistentes proporciona un diseño robusto y funcional, apto para soportar los componentes eléctricos que serán instalados en las siguientes etapas del proyecto.

Figura N°3.4: Estructura Terminada



Fuente (Elaboración Propia, 2025)

En esta imagen se puede apreciar la instalación de ruedas para la movilidad del modulo

Figura N°3.5: Instalación de Ruedas



Fuente (Elaboración Propia, 2025)

3.4 Preparación de la superficie e instalación de componentes principales

Una vez instalada la plancha de melamina sobre la estructura metálica, se procedió a realizar las perforaciones necesarias para la instalación de los componentes eléctricos y de control. Estas perforaciones fueron planificadas según el diseño del modelado inicial, garantizando la ubicación precisa de cada elemento. Se utilizó taladro y brocas adecuadas para madera, cuidando que los cortes fuesen limpios y de dimensiones exactas, evitando daños al material.

Las aberturas se realizaron principalmente para el montaje de la pantalla HMI Simatic KTP600 y perforaciones que permitan el paso ordenado del cableado hacia la parte posterior del tablero, optimizando la organización interna y mejorando la seguridad del sistema, considerando tanto la funcionalidad como la estética del panel.

Posteriormente, se inició la instalación de los componentes eléctricos principales, comenzando por la fijación de los rieles DIN, sobre los cuales se montaron el PLC Siemens S7-1200, las borneras de conexión, el interruptor diferencial, el automático tipo C10 y También se instalaron las canaletas ranuradas para la guía del cableado interno manteniendo un orden técnico en la disposición de los conductores.

El resultado de esta etapa fue un panel estructuralmente sólido, visualmente ordenado y técnicamente preparado para el siguiente proceso de conexión interno. Esta fase representó un punto clave en el desarrollo del módulo, donde la planificación del diseño se materializó en un sistema funcional y didáctico.

Figura N°3.6: Preparación de la Superficie



Fuente (Elaboración Propia, 2025)

3.5 Conexión de alimentación y distribución interna

Una vez instalados los componentes eléctricos principales, se procedió con el conexión interno de alimentación y distribución del módulo. En esta etapa se realizó la interconexión entre el interruptor diferencial, el automático tipo C10, las bornas de conexión y los dispositivos principales, siguiendo el diagrama eléctrico planificado. Para los circuitos de alimentación y potencia se utilizaron cables de 1.5 mm², adecuados para la transmisión de corriente en sistemas de baja tensión. Estos conductores fueron instalados dentro de las canaletas, garantizando un recorrido ordenado y protegido contra daños mecánicos. Las bornas se emplearon como punto intermedio entre la fuente de energía y los equipos de control, facilitando el mantenimiento y la identificación de las conexiones. Por otra parte, se emplearon cables de control 18 AWG para las señales de entrada y salida del PLC Siemens S7-1200, que incluyen pulsadores, luces indicadoras y sensores. Cada conductor fue identificado mediante codificación de colores y numeración, conforme al Reglamento de Seguridad de las Instalaciones de Consumo de Energía Eléctrica (RIC) vigente en Chile e IEC 60204-1, que regulan la seguridad eléctrica en instalaciones industriales.

Finalmente, se verificó la continuidad de los circuitos, la correcta polaridad y el aislamiento entre líneas, asegurando que el módulo estuviera listo para su energización. Este proceso permitió establecer una base eléctrica segura, confiable y ordenada, garantizando el funcionamiento estable de los dispositivos que conforman el sistema. En esta imagen se puede apreciar casi listo.

Figura N°3.7: Maqueta Terminada



Fuente (Elaboración Propia, 2025)

En este capítulo se describió de manera detallada el proceso de diseño y construcción del módulo educativo de automatización industrial, abordando desde la fabricación de la estructura física hasta la instalación y montaje de los componentes eléctricos y de control. Se presentaron las distintas etapas del armado, la disposición de los elementos en el tablero, el cableado de potencia y control, y la incorporación de dispositivos de seguridad, asegurando el cumplimiento de las normativas eléctricas vigentes. De esta forma, se establecen las bases técnicas y funcionales necesarias para el desarrollo del siguiente capítulo, donde se aborda la programación del sistema PLC–HMI y su puesta en funcionamiento.

CAPITULO IV

PROGRAMACIÓN DEL MÓDULO.

Para el desarrollo de la programación del módulo educativo, fue necesario instalar el entorno de programación Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) versión 19, software oficial de Siemens que permite configurar, programar y simular los dispositivos de automatización industrial, como el PLC Siemens S7-1200 y la HMI Simatic KTP600.

La instalación se realizó en un equipo con las siguientes especificaciones técnicas:

- Sistema operativo: Windows 10 Pro de 64 bits.
- Procesador: Intel Core i5.
- Memoria RAM: 32 GB.
- Almacenamiento disponible: 120 GB libres.

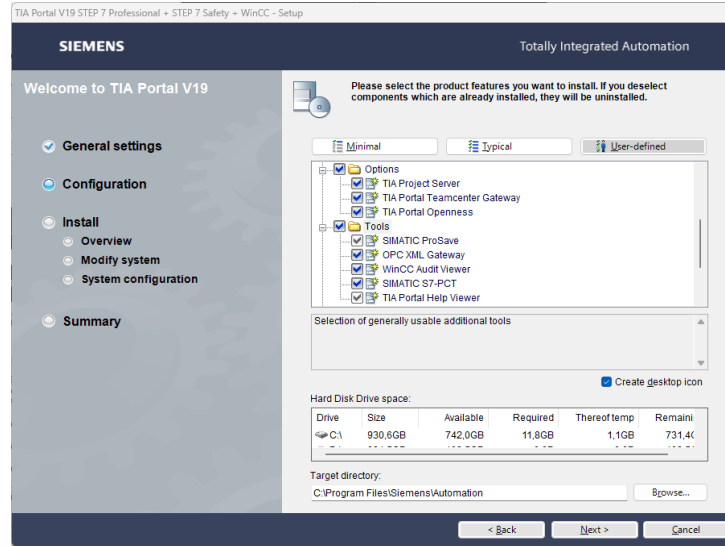
Los requisitos mínimos para una instalación optima:

- Sistema operativo: Windows 10 Pro de 64 bits.
- Procesador: Intel Core i3.
- Memoria RAM: 8 GB.
- Almacenamiento disponible: 30 GB libres.

4.1 Instalación del entorno de desarrollo TIA Portal

La instalación del entorno de desarrollo TIA Portal constituye el primer paso para programar y configurar el módulo educativo basado en el PLC Siemens S7-1200 y la HMI Simatic KTP600. Para ello, se utilizó la versión correspondiente del software, garantizando la compatibilidad con los dispositivos seleccionados.

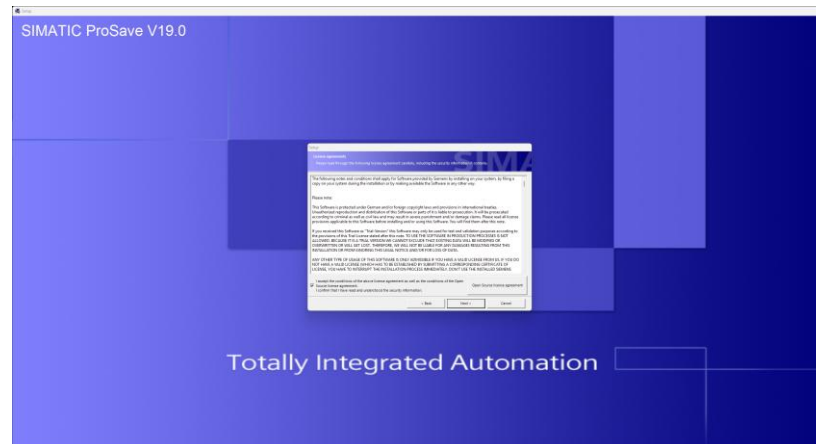
Figura N°4.1: Instalación de Tia Portal



Fuente (Elaboración Propia, Software Tia Portal, 2025)

En esta imagen se aprecia la instalación de varios softwares de tia portal.

Figura N°4.2: Instalación Tia Portal



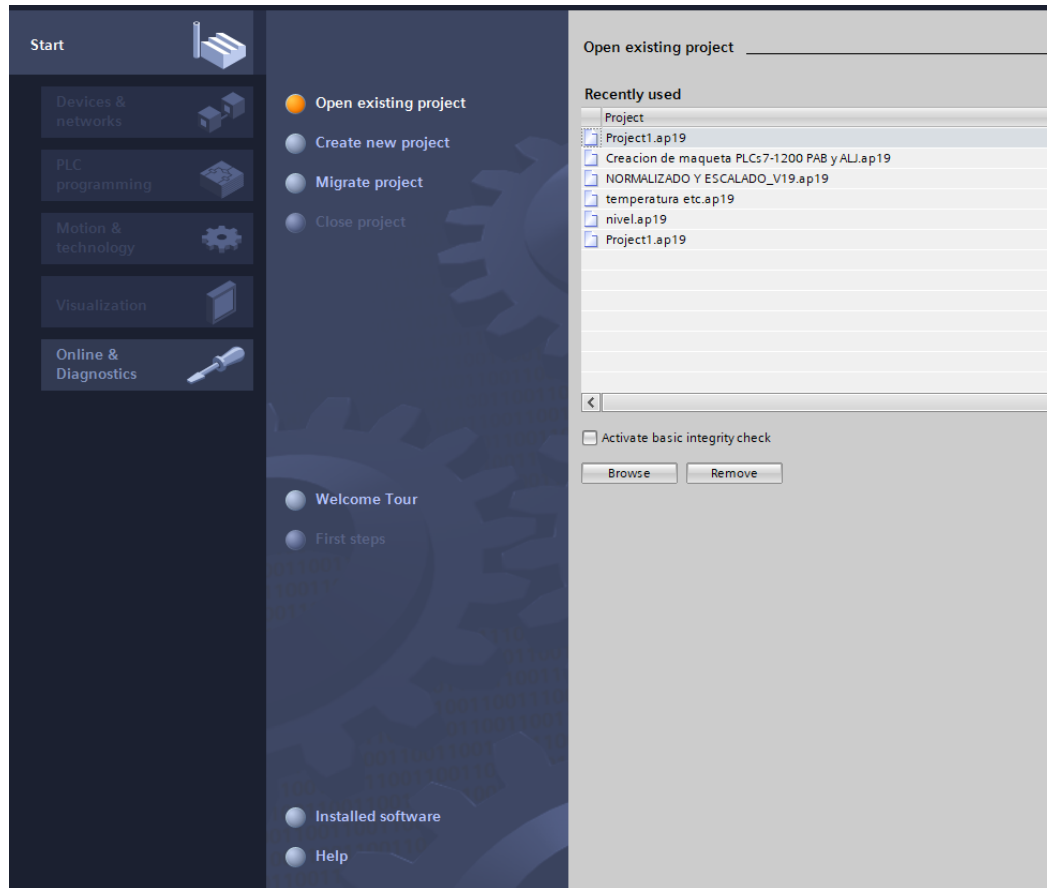
Fuente (Elaboración Propia, Software Tia Portal, 2025)

4.2 Creación del Proyecto

Una vez instalado el entorno TIA Portal, se procedió a la creación del proyecto que dará soporte a la programación del módulo educativo. Para ello, se seleccionó la opción “Crear nuevo proyecto”, definiendo un nombre descriptivo y una ubicación adecuada para facilitar la organización de los archivos.

Dentro del proyecto se agregó inicialmente el **PLC Siemens S7-1200 CPU 1215C**, seleccionándolo desde el catálogo de hardware oficial, lo que permitió cargar automáticamente su estructura, características técnicas y configuraciones disponibles. Posteriormente, se detectó o configuró manualmente la red Profinet, preparando el dispositivo para su comunicación con la HMI.

Figura N°4.3: Creación del Proyecto



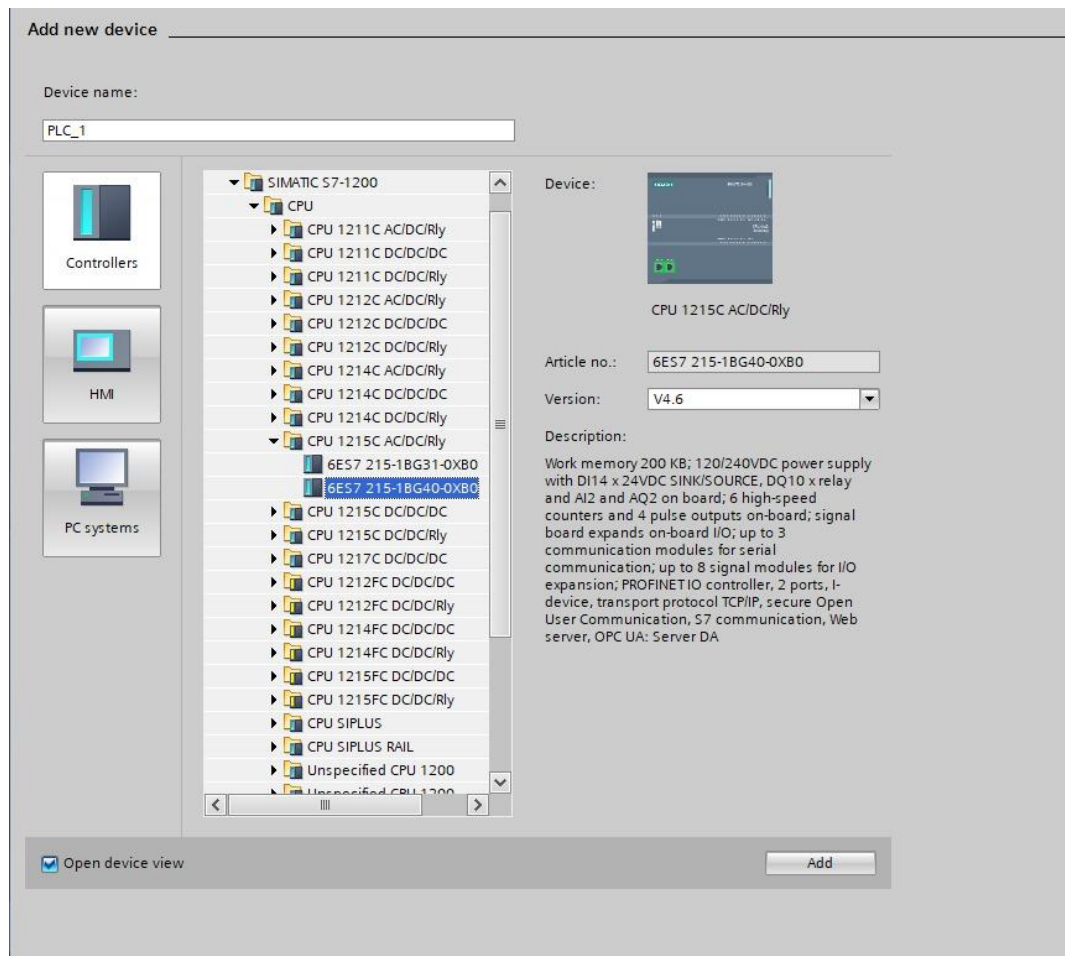
Fuente (Elaboración Propia, Software Tia Portal, 2025)

4.3 Configuración del Hardware en TIA Portal (PLC y HMI)

Con el proyecto creado, el siguiente paso consistió en la configuración del hardware dentro de TIA Portal, lo que permite al sistema reconocer y gestionar correctamente los dispositivos que conforman el módulo educativo. Para ello, se comenzó agregando el PLC Siemens S7-1200 CPU 1215C AC/DC/RLY desde el catálogo de dispositivos,

especificando su versión de firmware y las características correspondientes al modelo físico utilizado. Una vez incorporado el PLC al proyecto, se configuraron los parámetros esenciales, como la dirección IP del controlador, el tipo de alimentación, la distribución de entradas y salidas digitales, y los módulos disponibles para la comunicación Profinet.

Figura N°4.4: Adición de PLC

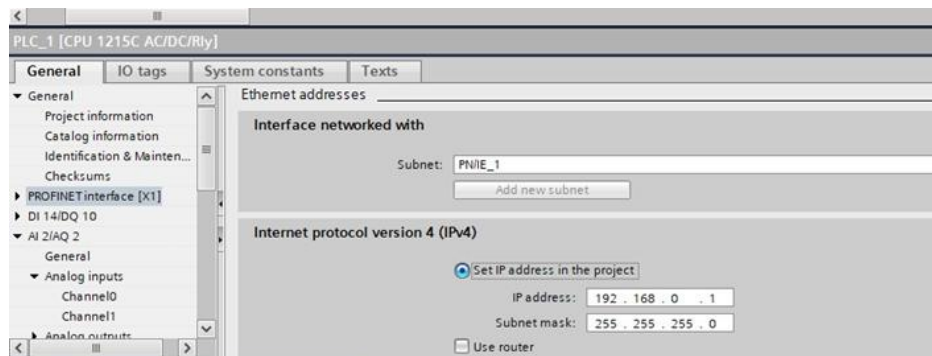


Fuente (Elaboración Propia, Software Tia Portal, 2025)

El modelo del PLC debería de traer el modelo específico en este caso sería el 6ES7-215-1BG40-0XB0 y la versión del modelo es V4.6 esto significa que el firmware puede influir en la compatibilidad de diferentes funciones, módulos o herramientas dentro del software, la 4.6 puede tener correcciones de errores o mejoras con respecto a versiones anteriores.

Después de escoger el firmware, modelo, se puede empezar a configurar los ajustes de seguridad de nuestro PLC, se utiliza para proteger datos confidenciales relacionados con la configuración del PLC, como rectificadores OPC, UA o otros datos críticos de la configuración.

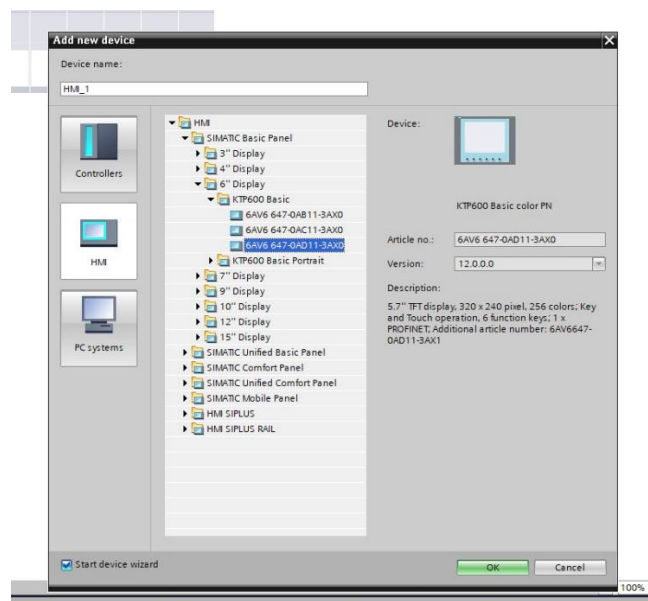
Figura N°4.5: Configuración de I/P PLC



Fuente (Elaboración Propia, Software Tia Portal, 2025)

En la pestaña anterior darán click derecho al PLC pueden entrar a sus propiedades la cual permitirá entrar a sus parámetros de conexión como el IPV4 la ip estándar para estos dispositivos siempre es 192.168.0.10, la máscara de subred será 255.255.255.0

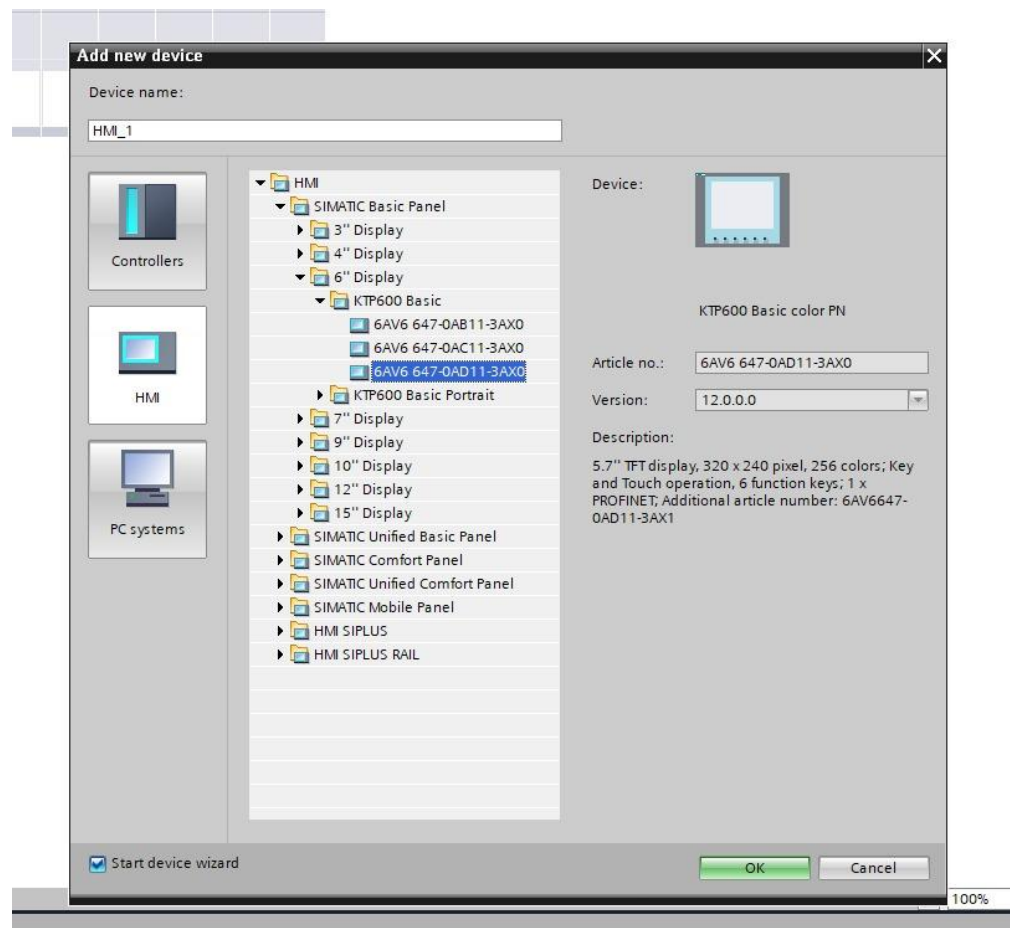
Figura N°4.6: Instalación de Equipo Virtual



Fuente (Elaboración Propia, Software Tia Portal, 2025)

Posteriormente, se añadió la pantalla HMI Simatic KTP600 al mismo proyecto, permitiendo una integración unificada entre los dos dispositivos. En esta etapa se definió también la dirección IP de la HMI, garantizando su correcta identificación dentro de la red industrial del módulo. TIA Portal estableció automáticamente la topología de red, mostrando visualmente la conexión entre el PLC y la HMI, lo que facilita el diagnóstico y la gestión de la comunicación.

Figura N°4.7: Adición de Equipo Virtual

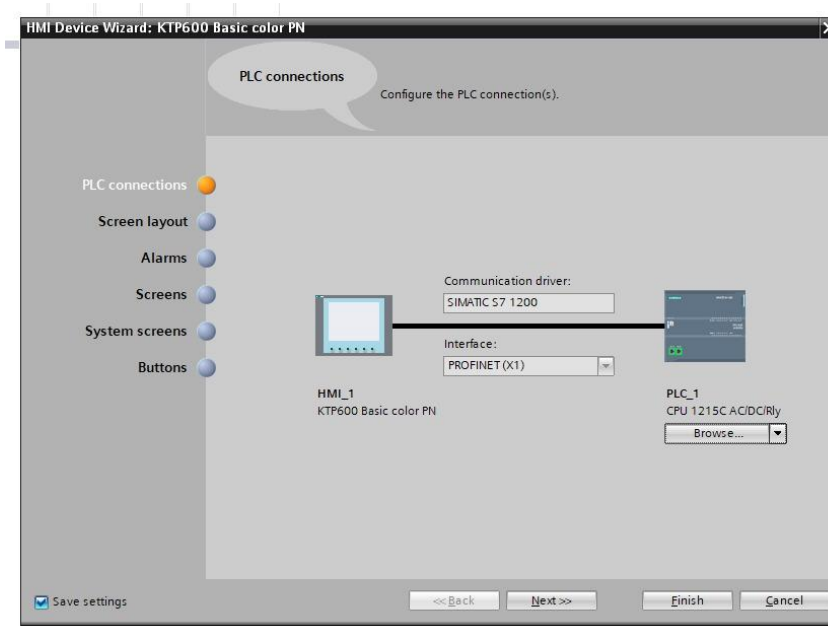


Fuente (Elaboración Propia, Software Tia Portal, 2025)

Finalmente, se verificó que ambos dispositivos se encontraran correctamente configurados dentro del entorno, confirmando que el proyecto contara con la estructura necesaria para continuar con la programación de variables, la lógica de control y el diseño de las pantallas HMI.

Esta configuración inicial es esencial para asegurar una comunicación estable y una operación coherente entre los componentes del sistema.

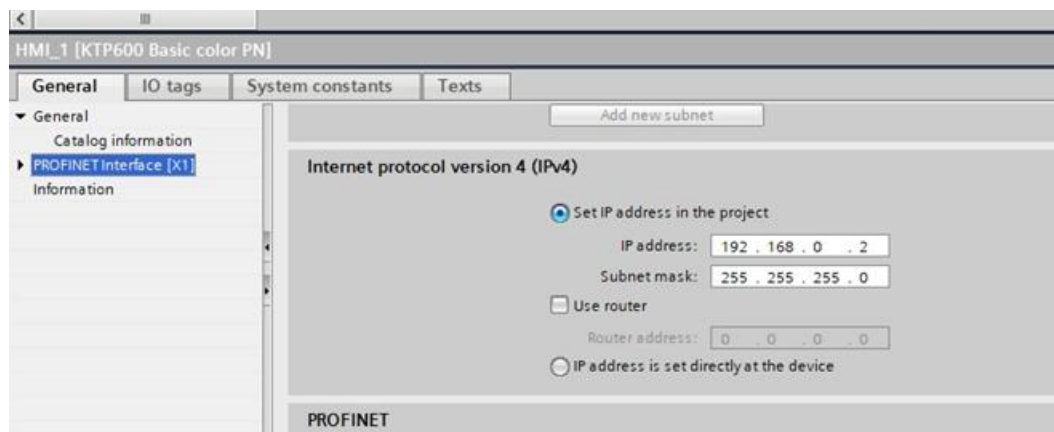
Figura N°4.8: Conexión de PLC/HMI



Fuente (Elaboración Propia, Software Tia Portal, 2025)

La pantalla HMI también se le modifica la IP para conectar entre el PC y el HMI.

Figura N°4.9: Configuración de I/P HMI



Fuente (Elaboración Propia, Software Tia Portal, 2025)

4.4 Creación y asignación de las variables (Tags)

Una vez configurados el PLC y la HMI dentro de TIA Portal, se procedió a la creación y asignación de las variables o tags, elemento fundamental para establecer la relación entre las señales físicas del módulo educativo y la programación interna del sistema. En primer lugar, se definieron las variables asociadas a las entradas digitales, tales como el pulsador de Start, el botón de Stop y otros dispositivos de mando presentes en el panel. Estas variables fueron vinculadas directamente a las direcciones correspondientes del PLC, por ejemplo, I0.0, I0.1, I0.2, asegurando que cada señal física tuviera su representación lógica dentro del programa.

Posteriormente se crearon las variables para las salidas digitales, incluyendo las luces indicadoras de encendido, los actuadores o cualquier dispositivo que responda a la lógica del control. Dichas variables fueron asignadas a direcciones como Q0.0, Q0.1, Q0.2, permitiendo que el PLC manipule las salidas de manera directa a través del programa. Además, se generaron marcas internas llamadas Memorias, además, de temporizadores, utilizados para apoyar el funcionamiento de la lógica y mejorar la estructura del control.

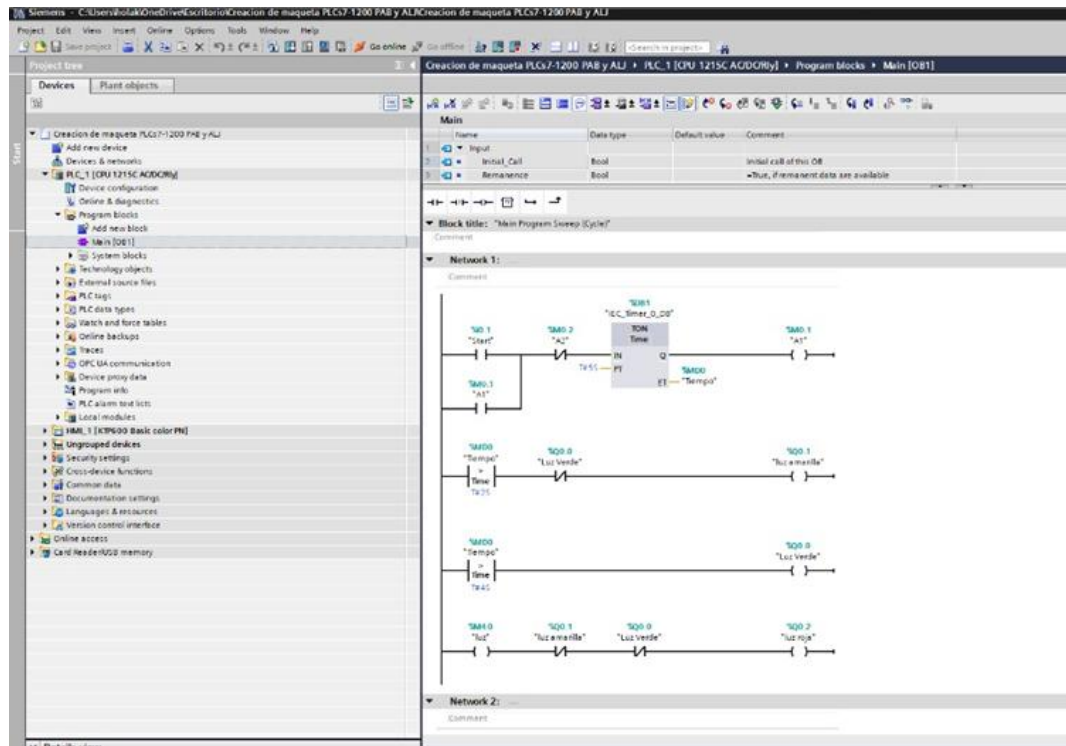
Una vez definidas las variables del PLC, estas fueron vinculadas con los objetos de la interfaz HMI, lo que permitió que la pantalla KTP600 pudiera leer estados, mostrar indicadores y enviar comandos al PLC. Todas las variables fueron organizadas dentro de la tabla de tags del proyecto, lo que facilitó una gestión clara y ordenada. Este proceso garantiza que la programación sea comprensible y que tanto el PLC como la HMI trabajen de forma sincronizada durante la operación del módulo educativo.

4.5 Programación del PLC (Lógica de Control)

Con las variables creadas y el hardware configurado, se procedió al desarrollo de la lógica de control dentro del PLC Siemens S7-1200 utilizando el lenguaje Ladder, debido a su amplia utilización en la industria y su facilidad para representar contactos y bobinas de forma similar a los esquemas eléctricos convencionales. El bloque principal de ejecución, fue utilizado como el ciclo continuo del programa, desde donde se gestionan todas las operaciones esenciales del módulo educativo.

Dentro de este bloque se implementó la secuencia base de arranque y detención mediante una lógica tipo Start/Stop, en la cual el botón de inicio (Start), activa una marca interna que mantiene energizada la salida correspondiente, mientras que el pulsador de detención (Stop) y la parada de emergencia interrumpen inmediatamente la señal de mando, garantizando seguridad durante la operación.

Figura N°4.10: Programación PLC



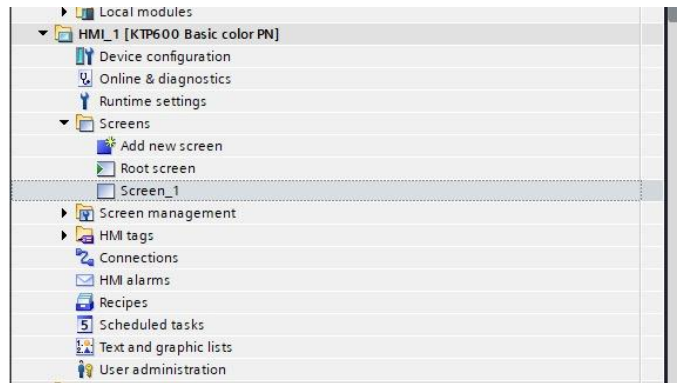
Fuente (Elaboración Propia, Software Tia Portal, 2025)

4.6 Programación de la HMI (Interfaz Gráfica)

La programación de la HMI Simatic KTP600 se desarrolló utilizando el módulo WinCC integrado en TIA Portal, creando una interfaz gráfica intuitiva que permite supervisar y controlar el módulo educativo de forma clara y segura. En primera instancia, se definió la resolución y el diseño de la pantalla principal, donde se incorporaron elementos como botones de control, indicadores luminosos digitales, textos descriptivos y campos de estado.

Cada objeto gráfico fue configurado cuidadosamente para representar las funciones reales del sistema, como el encendido del panel, el estado del proceso, o la activación del circuito Start/Stop.

Figura N°4.11: Adición de Pantallas HMI



Fuente (Elaboración Propia, Software Tia Portal, 2025)

En esta imagen se puede apreciar como ya queda la programación del HMI.

Figura N°4.12: Edición de Pantalla Principal HMI



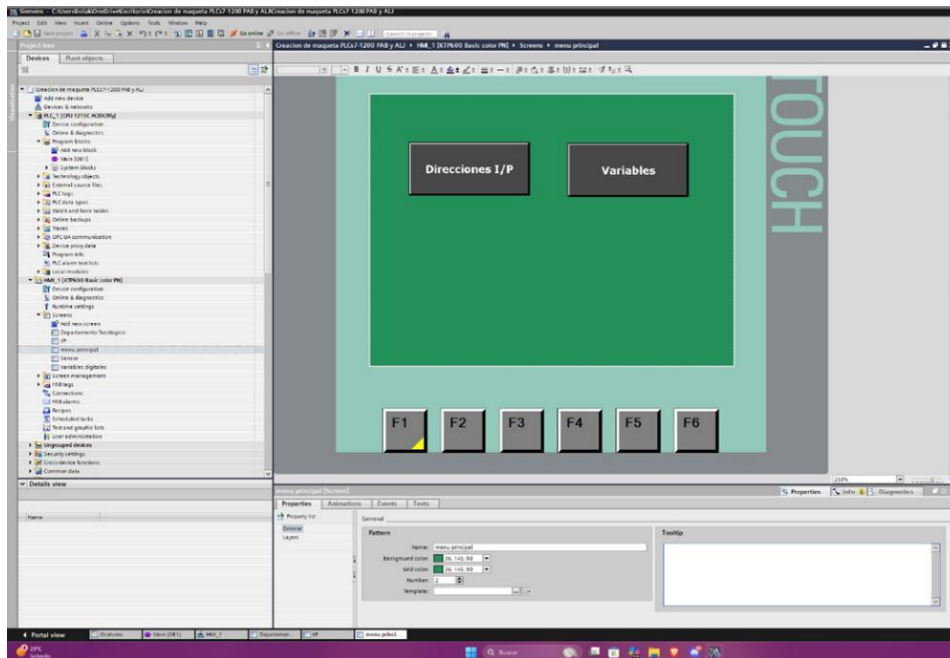
Fuente (Elaboración Propia, Software Tia Portal, 2025)

Posteriormente, se procedió a la vinculación de los objetos de la HMI con las variables del PLC, estableciendo asociaciones directas entre los elementos de la interfaz y las señales del controlador.

Por ejemplo, el botón virtual de Start fue vinculado a la variable correspondiente a la entrada del pulsador físico, permitiendo que el operador interactúe tanto desde el panel como desde la pantalla táctil.

Del mismo modo, los indicadores gráficos fueron enlazados a las salidas del PLC, proporcionando retroalimentación visual en tiempo real al usuario sobre el estado del sistema.

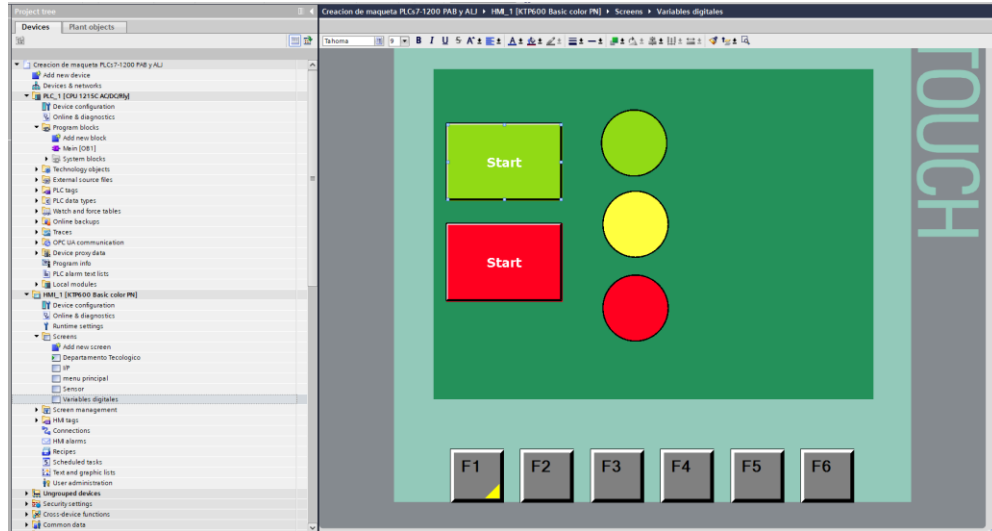
Figura N°4.13: Menú HMI



Fuente (Elaboración Propia, Software Tia Portal, 2025)

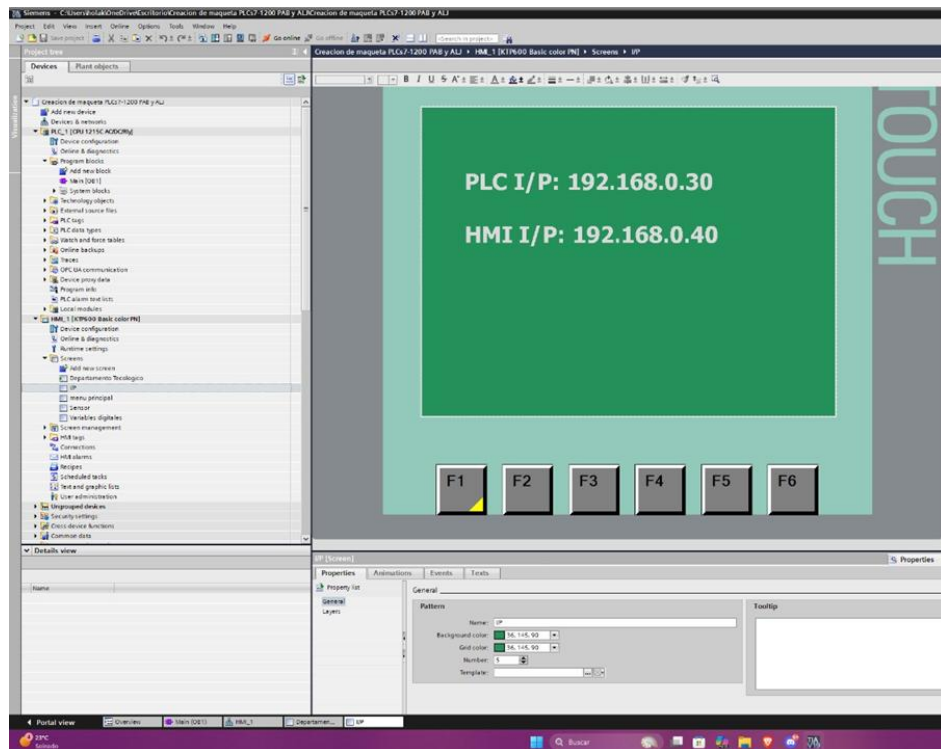
Se diseñaron también mensajes y avisos, tales como notificaciones operativas, configurando el sistema de alarmas integrado para garantizar que el operador reciba información adecuada ante cualquier condición de seguridad. Además de la pantalla principal, se añadieron pantallas secundarias si fue necesario, como menús de diagnóstico o paneles de prueba.

Figura N°4.14: Visualización de Variables de HMI



Fuente (Elaboración Propia, Software Tia Portal, 2025)

Figura N°4.15: Visualización de I/P en HMI



Fuente (Elaboración Propia, Software Tia Portal, 2025)

Una vez finalizado el diseño gráfico y la configuración de navegación, se realizaron pruebas mediante la simulación de HMI en TIA Portal, confirmando que los botones, indicadores y alarmas funcionaran correctamente antes de descargar el proyecto a la pantalla física. Esta etapa asegura una interacción eficiente entre el usuario y el módulo, y permite que el sistema sea utilizado con fines educativos de manera clara, segura y profesional.

4.7 Descarga del programa al PLC y a la HMI

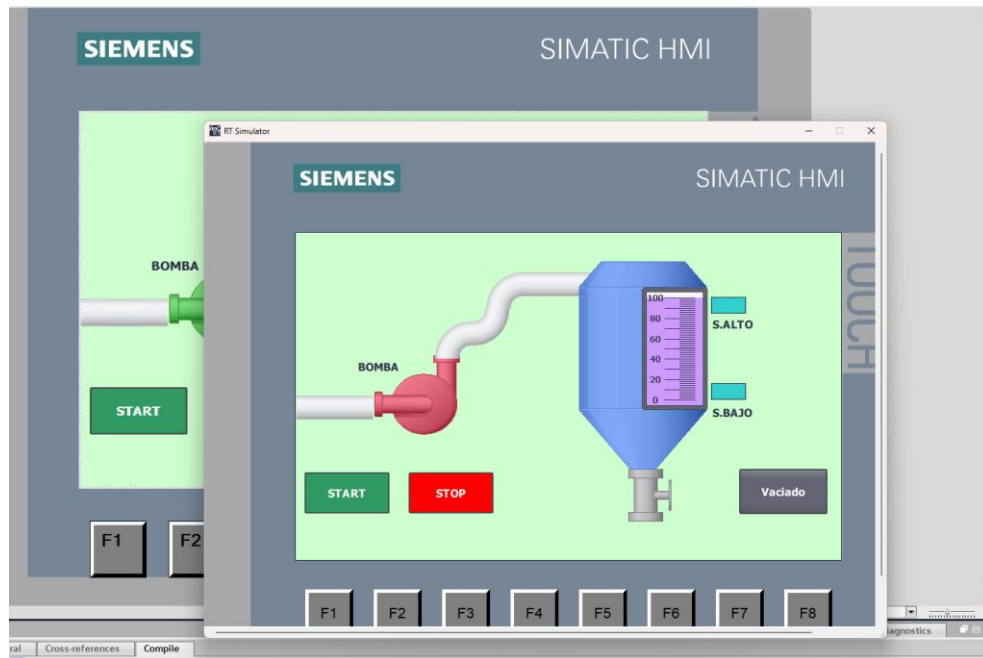
Se procedió a la descarga del programa al hardware físico, conectando el computador al PLC S7-1200 mediante cable Profinet. En TIA Portal se seleccionó la opción “Buscar dispositivos en la red”, confirmando la detección del controlador y verificando que la dirección IP configurada coincidiera con la definida en el proyecto. Con el dispositivo identificado, se descargó el programa del PLC, incluyendo las redes de control, las variables y cualquier bloque adicional utilizado en el sistema.

Posteriormente, se realizó la descarga del proyecto HMI hacia la pantalla SIMATIC KTP600, estableciendo la comunicación mediante la interfaz Ethernet. Se transfirieron las pantallas, objetos gráficos y asignaciones de variables. Durante esta etapa se monitoreó el estado de conexión para asegurar que los parámetros de red y la sincronización entre la HMI y el PLC fueran correctos. Finalizada la descarga, ambos dispositivos quedaron operativos y listos para las pruebas físicas de funcionamiento.

4.8 Otras aplicaciones y programas.

Para desarrollar mejor se crearon dos programaciones para su uso futuro, el cual tiene como principio dar a conocer las funciones del PLC y el HMI para el desarrollo didáctico, el primer programa es una partida de bomba, se mostrará su programación y su explicación junto con la pantalla:

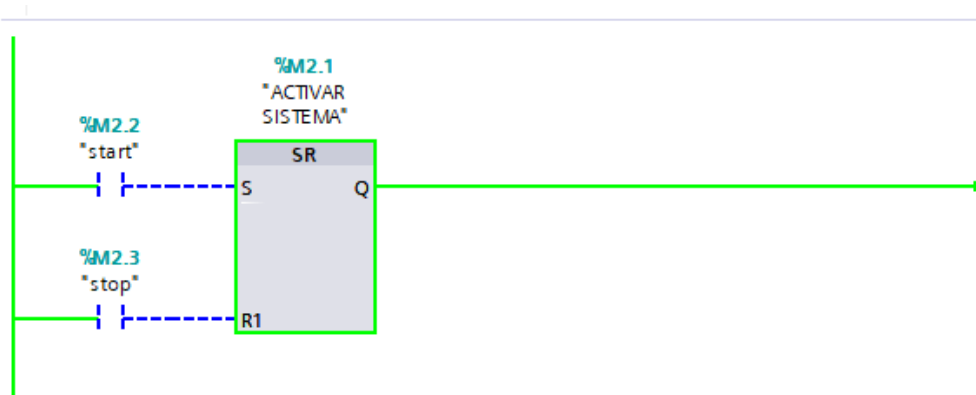
Figura N°4.16: Configuración y Visualización de HMI Proyecto 1



Fuente (Elaboración Propia, Software Tia Portal, 2025)

En esta parte se utiliza el HMI para ver todos los programas lógicos de manera que se entienda y se puedan retratar de forma que un operario normal lo entienda, start, stop, bomba, las señales de el llenado del estanque el llenado del estanque y el vaciado de del mismo.

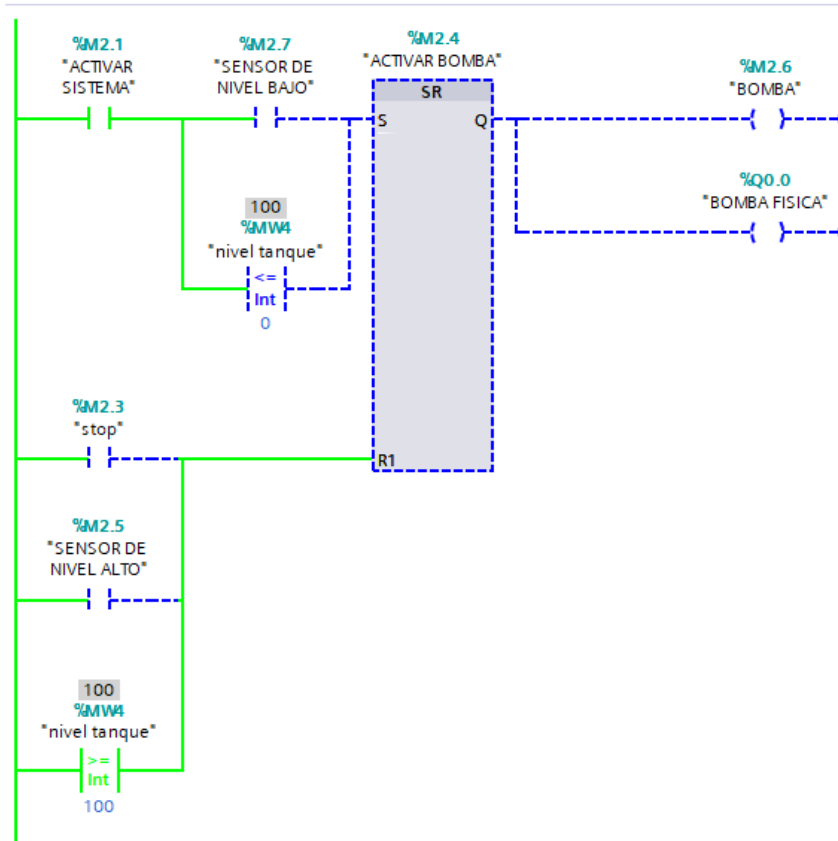
Figura N°4.17: Programación Parte 1



Fuente (Elaboración Propia, Software Tia Portal, 2025)

Se inicia el sistema con un start y stop, cuando 2.2 se activa, la entrada s se energiza y Q pasa a 1, ahí el sistema queda activado, stop 2.3, la entrada R1 se energiza y deja la Q en 0, el SR mantiene el estado atch donde tiene que mantenerse hasta que reciba la orden contraria.

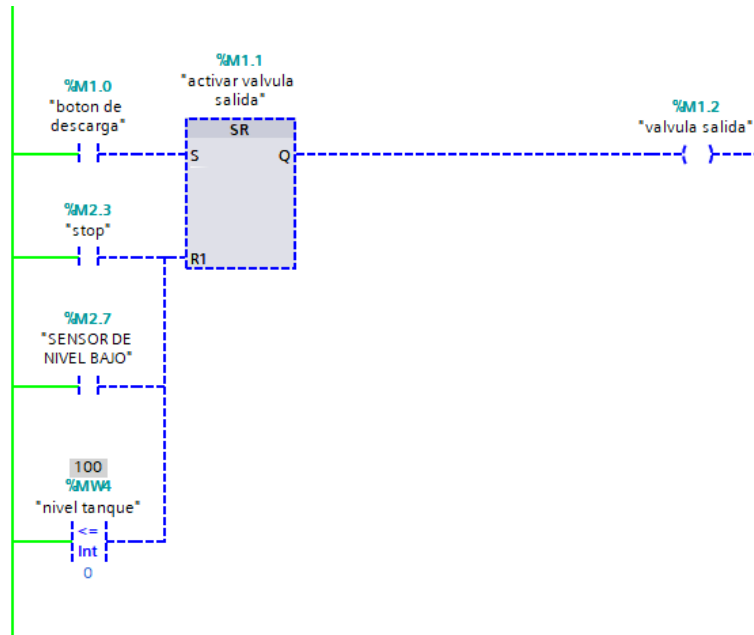
Figura N°4.18: Programación Parte 2



Fuente (Elaboración Propia, Software Tia Portal, 2025)

La lógica aquí donde se coloca una condición en el SR donde el sistema activó el nivel es bajo, la bomba se enciende, y cuando el nivel llega al máximo se presiona stop la bomba se apaga, el SR se mantiene y donde la bomba seguirá encendida hasta que se cumpla la condición, los sensores detectaran el nivel máximo de un 90 % y un nivel mínimo del 10 %.

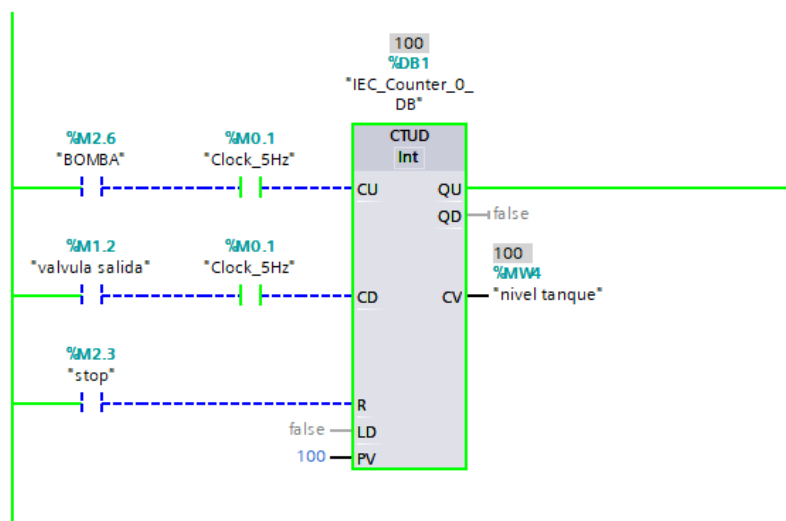
Figura N°4.19: Programación Parte 3



Fuente (Elaboración Propia, Software Tia Portal, 2025)

El botón de descargar activa la válvula, cuando se presiona el stop apaga la válvula, el nivel del tanque marca el valor analógico del tanque y se mantiene con la condición de válvula de salida.

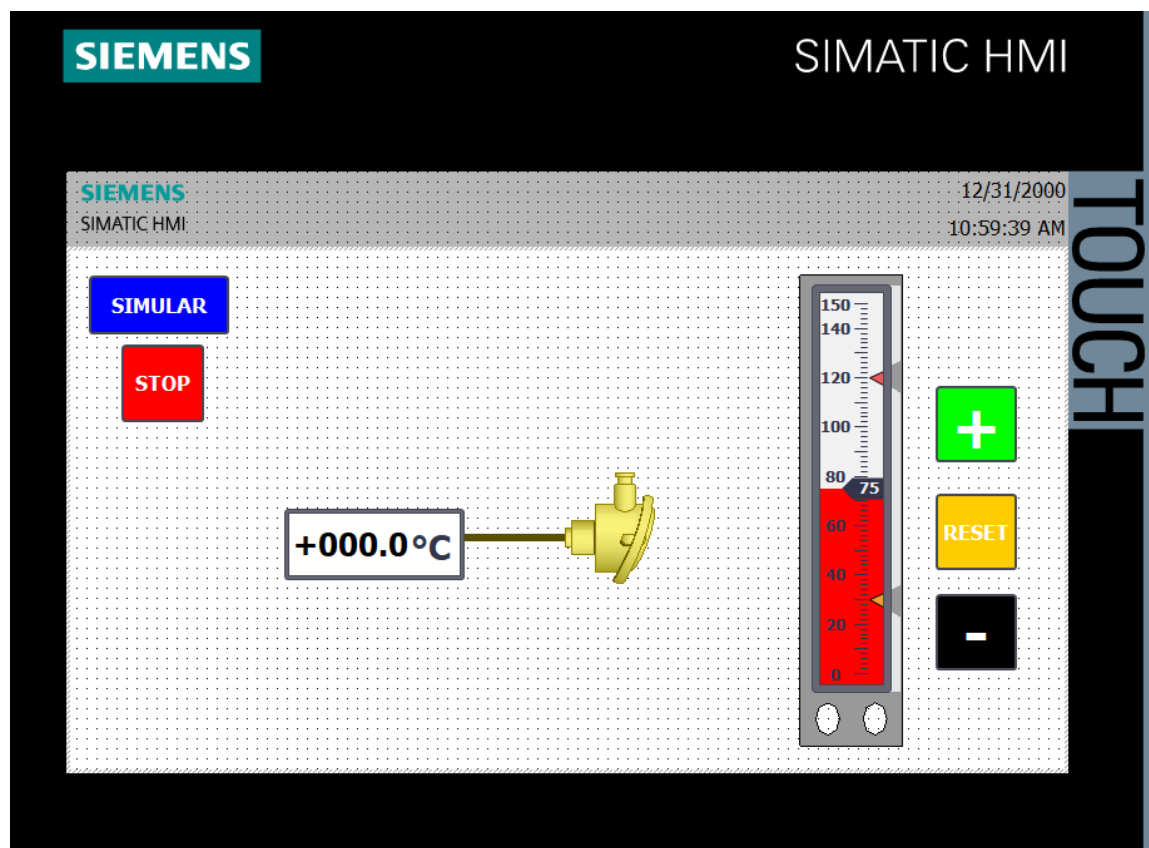
Figura N°4.20: Programación Parte 4



Fuente (Elaboración Propia, Software Tia Portal, 2025)

El bloque CTUD se utiliza para simular el nivel de un tanque mediante un contador que aumenta cuando la bomba está encendida y disminuye cuando la válvula de descarga se abre, utilizando los pulsos de un reloj para representar el paso del tiempo. Cada pulso del “Clock_5Hz” incrementa o decrementa el valor actual del contador (CV), el cual está vinculado a una palabra de memoria que representa el nivel del tanque. El valor máximo (PV=100) define el tanque lleno y el mínimo representa el tanque vacío, mientras que las señales QU y QD indican cuando se alcanza cada extremo. Además, si se presiona la señal de “stop”, el contador se reinicia, permitiendo volver el nivel del tanque a cero.

Figura N°4.21: Configuración y Visualización de HMI Proyecto 2



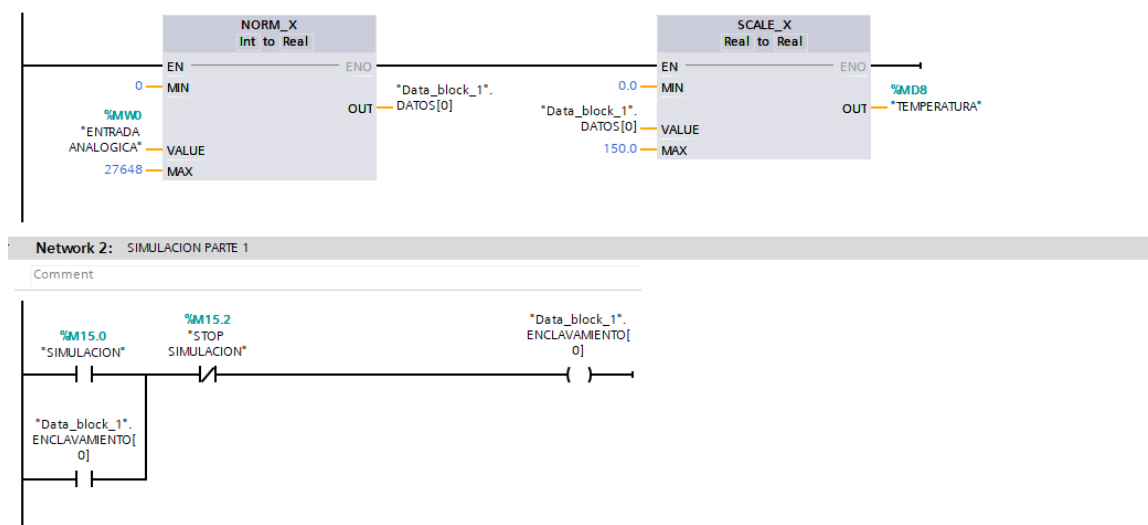
Fuente (Elaboración Propia, Software Tia Portal, 2025)

La interfaz muestra los controles y elementos principales de la simulación: en el lado izquierdo aparecen los botones SIMULACION, que inicia la simulación, y STOP, que la detiene; al centro se visualiza la temperatura actual en formato +000.0 °C,

valor obtenido del procesamiento de la señal analógica mediante las funciones de normalización y escalado; a la derecha se encuentra un termómetro gráfico con una escala de 0 a 150 °C, donde la zona roja representa valores bajos y la gris valores altos, indicando en la imagen un nivel cercano a 0 °C. Además, en ese mismo sector están los botones de ajuste de velocidad: el botón verde suma velocidad a la animación, el amarillo restablece la velocidad a su valor inicial y el botón negro la disminuye, tal como se definió en la lógica de ADD, SUB y RESET.

En esta parte las variables se pueden cambiar, se puede analizar tanto flujo, caudal, presión, temperatura, etc, así que es solo un ejemplo de cómo configurar y analizar datos de la planta.

Figura N°4.22: Programación Parte 1

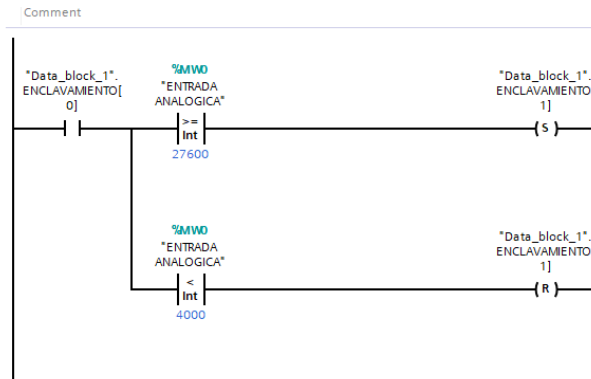


Fuente (Elaboración Propia, Software Tia Portal, 2025)

En este bloque se realiza primero la conversión de una señal analógica a un valor físico útil: la función **NORM_X** normaliza la entrada del sensor (0–27648), a un rango de 0.0 a 1.0, y luego **SCALE_X** toma ese valor normalizado y lo escala a una temperatura real entre 0 y 150 °C, entregando así un dato listo para usar en el control. En la segunda parte, la red de “SIMULACIÓN” implementa un enclavamiento que permite activar o detener la simulación según las marcas %M15.0 y %M15.2, manteniendo el estado mediante una marca interna del Data Block.

En conjunto, este bloque convierte correctamente la señal analógica a un valor físico y, además, permite habilitar o deshabilitar la simulación del proceso de forma controlada.

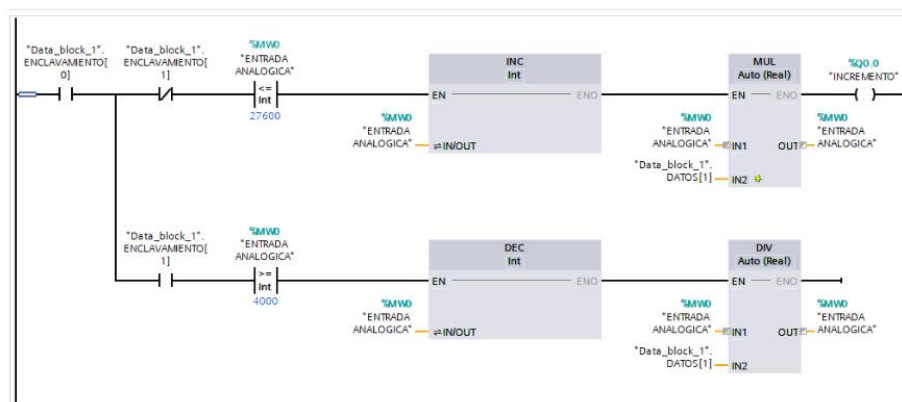
Figura N°4.23: Programación Parte 2



Fuente (Elaboración Propia, Software Tia Portal, 2025)

Este fragmento implementa un control con histéresis usando comparaciones analógicas y un enclavamiento: cuando el sistema está habilitado y la entrada analógica supera el umbral alto (≥ 27600), se activa la marca interna mediante un **SET**, y esta permanece activa incluso si el valor fluctúa, desactivándose solo cuando el valor cae por debajo del umbral bajo (< 4000), donde se ejecuta el **RESET**. De este modo, la salida no cambia constantemente ante pequeñas variaciones, sino que responde de forma estable a condiciones claramente definidas de valor alto o valor bajo.

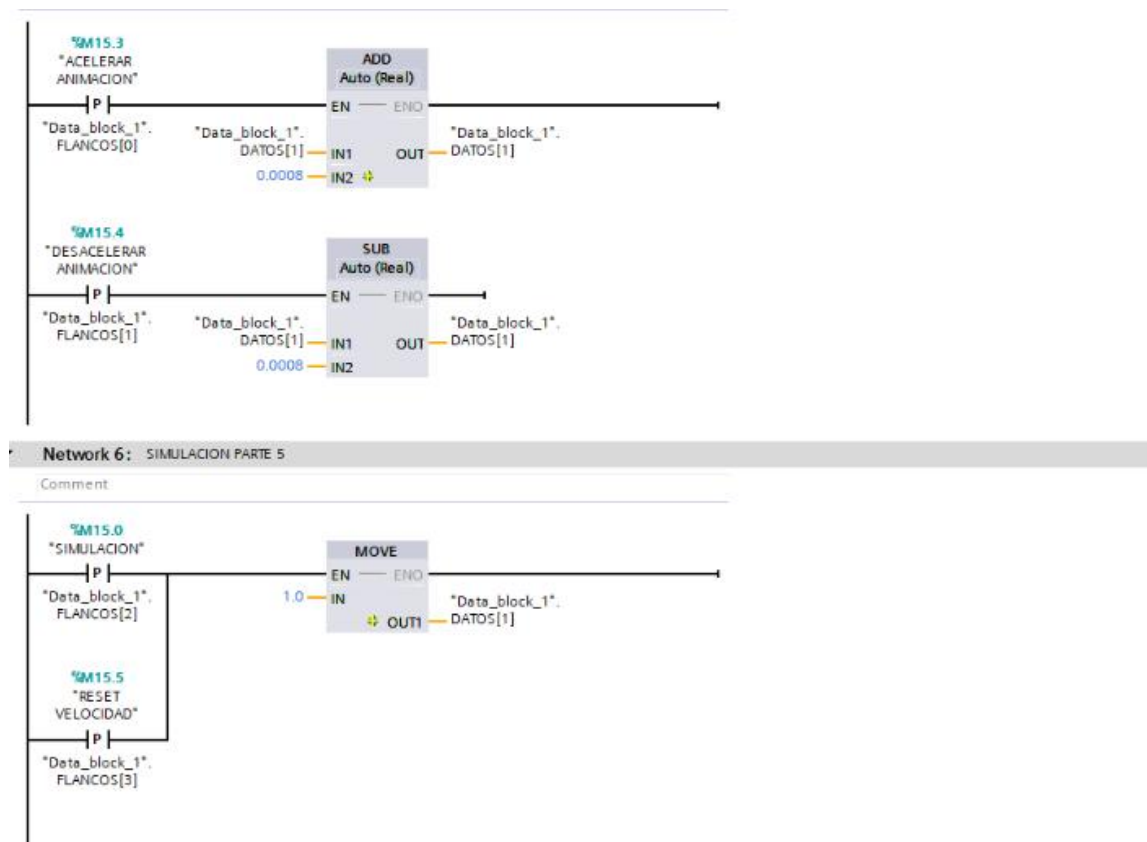
Figura N°4.24: Programación Parte 3



Fuente (Elaboración Propia, Software Tia Portal, 2025)

Este bloque implementa una lógica donde el valor analógico se ajusta dinámicamente mediante incrementos o decrementos controlados: cuando ambos enclavamientos están activos y la entrada es menor o igual a 27 600, el sistema incrementa el valor con **INC** y luego lo multiplica mediante **MUL**, activando una salida asociada al incremento; mientras que, si la entrada es mayor o igual a 4 000, ejecuta un **DEC** seguido de una división con **DIV** para reducir el valor de manera gradual. Con este esquema, el valor analógico aumenta o disminuye según los límites definidos, permitiendo simular un comportamiento progresivo parecido a un control proporcional o a una variación analógica suavizada.

Figura N°4.25: Programación Parte 4

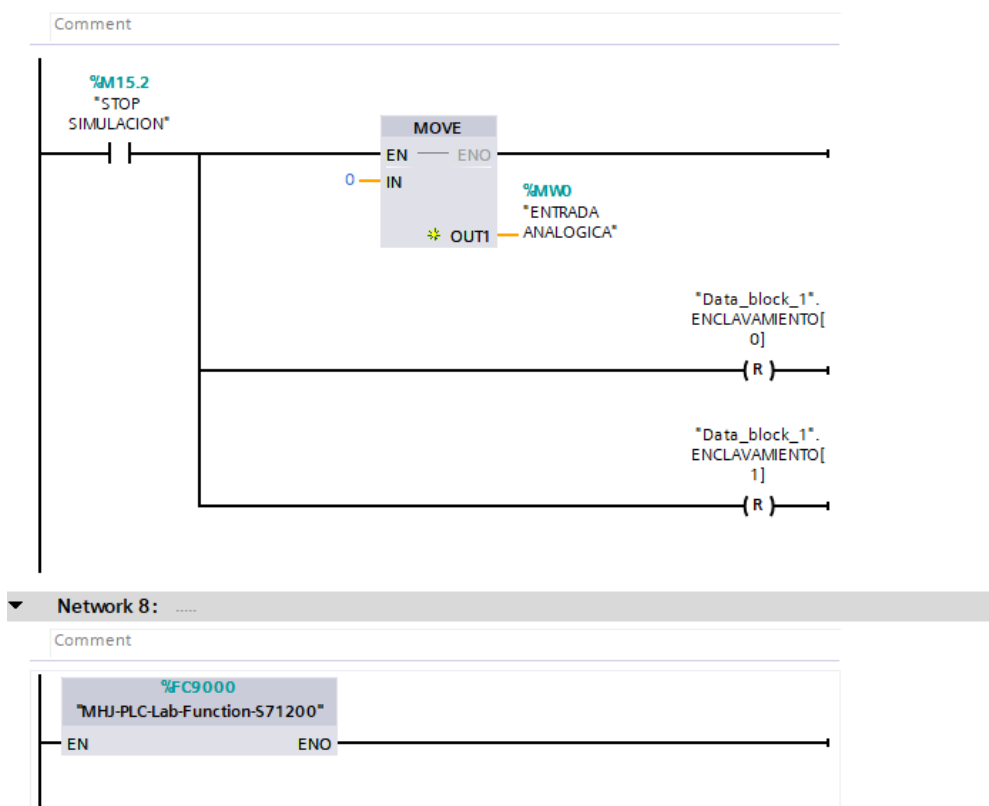


Fuente (Elaboración Propia, Software Tia Portal, 2025)

Este bloque controla la velocidad de una animación en una simulación mediante operaciones aritméticas aplicadas a una variable interna; cuando el operador presiona **ACCELERAR ANIMACIÓN**, se ejecuta un bloque **ADD** que incrementa el valor

almacenado en *Data_block_1.DATOS [1]* en 0.0008, aumentando así la velocidad, mientras que al presionar DESACELERAR ANIMACIÓN un bloque SUB resta el mismo valor reduciendo la velocidad. En la red inferior, un bloque MOVE establece una velocidad inicial de 1.0 cada vez que se activa la opción SIMULACIÓN o cuando el operador pulsa RESET VELOCIDAD, asegurando que el sistema siempre pueda volver a un punto base. En conjunto, esta lógica permite acelerar, desacelerar o restablecer la velocidad de animación de manera controlada durante la simulación.

Figura N°4.26: Programación Parte 5



Fuente (Elaboración Propia, Software Tia Portal, 2025)

Este bloque implementa la lógica para detener completamente la simulación: cuando el operador presiona STOP SIMULACIÓN, se ejecuta un MOVE que envía el valor 0 a la entrada analógica %MW0, reiniciando así el nivel o la variable simulada, mientras que los enclavamientos principales del proceso (ENCLAVAMIENTO [0] y ENCLAVAMIENTO [1]) se reinician para desactivar toda la lógica asociada a la simulación.

Finalmente, se llama a la función especial %FC9000, utilizada por el entorno del laboratorio para actualizar la interfaz o finalizar correctamente la rutina de simulación. En conjunto, este fragmento garantiza que al detener la simulación todo vuelva a un estado inicial y seguro.

CAPÍTULO V

VALIDACIÓN DEL MÓDULO EDUCATIVO.

La validación del módulo educativo se realizó con el propósito de confirmar su correcto funcionamiento eléctrico, estructural y lógico, asegurando que cumpla con los requerimientos pedagógicos establecidos en los objetivos del proyecto. Esta etapa fue esencial para comprobar no solo la operatividad del sistema, sino también su utilidad real como herramienta de aprendizaje para estudiantes de la Universidad de Atacama.

Desde un enfoque estudiantil, la validación tuvo como finalidad verificar que el módulo ofreciera una experiencia práctica clara, segura y formativa, permitiendo a los usuarios comprender de manera directa la interacción entre los componentes físicos (PLC, HMI, protecciones eléctricas y cableado) y la programación desarrollada en TIA Portal. Se evaluó que cada estudiante pudiera identificar el flujo de señales desde los pulsadores hacia el PLC, interpretar la respuesta de las salidas, y observar cómo estos cambios se reflejan en tiempo real en la interfaz HMI.

Durante esta validación, se analizó que el módulo facilitara el aprendizaje de conceptos fundamentales de automatización industrial, tales como lectura de entradas digitales, activación de salidas, uso de marcas internas, ciclos de escaneo y comunicación Ethernet/ip. Esto permitió confirmar que el equipo no solo funciona correctamente desde el punto de vista técnico, sino que también cumple con el propósito didáctico de promover la comprensión del proceso automatizado de manera visual y práctica.

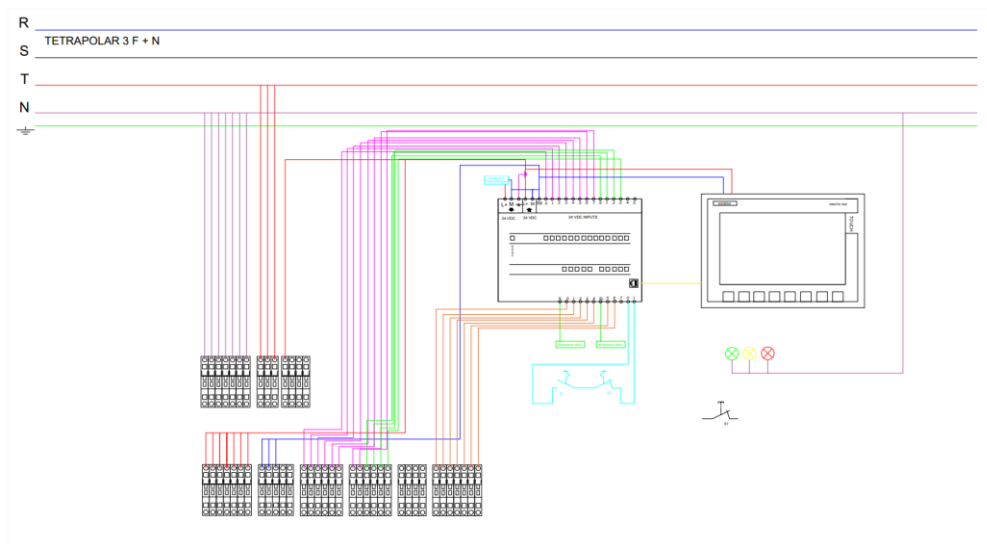
Asimismo, se revisó que la construcción del módulo permitiera al estudiante trabajar de forma segura, evitando riesgos eléctricos gracias al uso de protecciones adecuadas como el interruptor diferencial, el automático C10 y el botón de parada de emergencia.

El orden interno del cableado, la organización en riel DIN y la disposición clara de los componentes contribuyeron a que los estudiantes pudieran identificar cada elemento sin dificultad, fortaleciendo su aprendizaje en montaje y diagnóstico.

Finalmente, la validación demostró que la programación realizada en TIA Portal respondía de forma precisa y coherente a cada señal real generada en el módulo, permitiendo que los estudiantes comprendan el ciclo completo: desde presionar un pulsador físico, hasta observar la reacción lógica en el PLC y su representación visual en la HMI. Con ello, se confirma que el módulo es una herramienta efectiva para desarrollar competencias prácticas en automatización industrial, cumpliendo plenamente con su propósito educativo.

1. Antes de energizar el sistema, se efectuó una revisión completa del cableado y de las conexiones internas. Se verificó:
 - Continuidad de los conductores de potencia y control.
 - Correcta polaridad en los circuitos de alimentación.
 - Funcionamiento del diferencial de 25 A y del automático C10 mediante pruebas de disparo.
 - Ausencia de cortocircuitos o puntos de mal contacto en borneras y canaletas.

Figura N°5.1: Plano eléctrico/Diagrama eléctrico



Fuente (Elaboración Propia, AutoCad, 2025)

Estas pruebas confirmaron que la instalación eléctrica cumplía con los parámetros de seguridad establecidos por la norma IEC 60204-1 y reglamento de Seguridad de las Instalaciones de Consumo de Energía Eléctrica (RIC) vigente en Chile.

2. Una vez energizado el módulo, se procedió a evaluar el correcto funcionamiento del PLC Siemens S7-1200. Las pruebas incluyeron:

- Lectura de los pulsadores Start y Stop.
- Activación de las luces indicadoras vinculadas a las salidas Q0.x.
- Comprobación de las marcas internas y temporizadores en el monitor de TIA Portal.
- Verificación del ciclo de arranque y detención implementado en el programa.

Figura N°5.2: Luces indicadoras en PLC S7-1200



Fuente (Elaboración Propia, 2025)

El PLC respondió correctamente a cada señal física, demostrando una comunicación estable entre la programación Ladder y las entradas/salidas de campo.

3. Posteriormente se evaluaron las pantallas desarrolladas en WinCC:

- Funcionamiento de botones virtuales Start/Stop.
- Actualización en tiempo real de indicadores visuales.
- Vinculación correcta de tags entre la HMI y el PLC.
- Navegación y visualización clara de los elementos gráficos.

Figura N°5.3: Botones virtuales y luces indicadoras



Fuente (Elaboración Propia, 2025)

La comunicación Ethernet entre el PLC y la HMI demostró ser estable, sin pérdida de datos ni retardos perceptibles.

4. Finalmente, se ejecutó una prueba integrada del módulo:

- El estudiante presiona Start (físico o en HMI).
- La señal ingresa al PLC, activa la lógica interna y enciende la salida correspondiente.
- La HMI refleja el cambio inmediatamente.

Al presionar Stop o la parada de emergencia, el sistema se detiene de forma segura.

Figura N°5.4: Prueba luz con botón físico



Fuente (Elaboración Propia, 2025)

El sistema cumplió con cada una de las condiciones esperadas, logrando validar completamente la funcionalidad del módulo educativo como herramienta práctica de aprendizaje.

5.1 Vinculación del proyecto con el modelo educativo institucional

El presente proyecto se encuentra alineado con el modelo educativo institucional, el cual promueve un enfoque de enseñanza basado en el aprendizaje práctico, el desarrollo de competencias profesionales y la vinculación con entornos industriales reales. El módulo educativo de automatización industrial diseñado en este proyecto constituye una herramienta didáctica que permite integrar conocimientos teóricos con actividades prácticas, fortaleciendo el proceso de enseñanza y aprendizaje en el área de automatización.

En el contexto de la carrera de Técnico en Automatización Industrial, el módulo permite a los estudiantes adquirir habilidades fundamentales relacionadas con el cableado de tableros eléctricos, la identificación de componentes industriales, la comprensión del funcionamiento de entradas y salidas digitales, y la operación básica de sistemas PLC-HMI. Estas competencias son esenciales para la formación técnica, ya que preparan al estudiante para desempeñarse en labores de instalación, mantenimiento y operación de sistemas automatizados en la industria.

Por otra parte, para la carrera de Ingeniería de Ejecución en Instrumentación y Automatización Industrial, el módulo educativo ofrece una plataforma más avanzada que permite el análisis, diseño y optimización de sistemas de control. Los estudiantes pueden profundizar en la programación del PLC, la estructuración de la lógica de control, la gestión de variables, la comunicación industrial mediante Profinet y el diseño de interfaces HMI orientadas al usuario. Asimismo, el módulo facilita el desarrollo de competencias asociadas a la resolución de problemas, el análisis crítico y la toma de decisiones técnicas, propias del perfil profesional del ingeniero.

De esta manera, el módulo educativo no solo cumple una función demostrativa, sino que se adapta a distintos niveles de formación académica, permitiendo su utilización progresiva tanto en asignaturas técnicas como de ingeniería. Esto refuerza el modelo educativo institucional al fomentar un aprendizaje activo, aplicado y contextualizado a la realidad industrial, contribuyendo a la formación integral de los estudiantes en el área de automatización industrial.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

El análisis de los resultados obtenidos durante la validación permite evaluar el desempeño global del módulo educativo y determinar si cumplió con los objetivos planteados al inicio del proyecto. Desde un enfoque orientado al aprendizaje estudiantil, este análisis se centra en verificar que el módulo no solo funcione de manera correcta desde el punto de vista técnico, sino que también proporcione una experiencia formativa clara, comprensible y alineada con las competencias que se buscan desarrollar en los estudiantes de automatización industrial.

Los resultados muestran que el módulo facilita la comprensión del funcionamiento real de un sistema automatizado, ya que permite al estudiante observar el flujo completo de un proceso: desde la activación de un pulsador físico, pasando por el procesamiento lógico dentro del PLC Siemens S7-1200, hasta la visualización del estado del sistema en la pantalla HMI. Esta interacción directa ayuda a reforzar conceptos fundamentales como entrada–proceso–salida, direccionamiento de señales, ciclo de escaneo, memoria interna y comunicación Profinet.

Además, se comprobó que los estudiantes pueden identificar de forma clara cómo los elementos de la programación en TIA Portal se relacionan con los dispositivos físicos. Esto fortalece su capacidad para diagnosticar fallas, interpretar planos eléctricos y entender la importancia del orden y la disposición técnica de los componentes en un tablero de control. La estructura organizada, el uso de riel DIN, borneras y canaletas ranuradas permiten que los usuarios puedan seguir el recorrido de las señales sin confusión, facilitando el aprendizaje práctico.

Desde el punto de vista pedagógico, los resultados también evidencian que el módulo promueve habilidades clave como la resolución de problemas, el pensamiento lógico y la capacidad de análisis, dado que los estudiantes pueden identificar causas y efectos dentro del sistema automatizado. El funcionamiento estable del PLC y de la HMI permite realizar ejercicios repetitivos sin errores, lo que genera confianza en los alumnos al experimentar con programación Ladder, asignación de variables y monitoreo en tiempo real.

Finalmente, el análisis confirma que el módulo cumple su propósito académico al entregar una herramienta segura, funcional y didáctica, capaz de reproducir condiciones similares a las que se encuentran en la industria. Los resultados obtenidos reflejan que el proyecto aporta de manera significativa a la formación práctica de los estudiantes, fortaleciendo su preparación para desafíos reales en el ámbito de la automatización industrial.

La estructura metálica, combinada con la melamina de 15 mm, ofreció la rigidez necesaria para soportar los componentes. El uso de ruedas metálicas mejoró significativamente la portabilidad del módulo, cumpliendo con el objetivo de lograr un recurso móvil, estable y ergonómico para uso en laboratorio.

El conexionado interno demostró ser seguro, ordenado y coherente con las normativas eléctricas aplicables. La utilización de canaletas ranuradas, riel DIN y borneras permitió un montaje profesional, facilitando futuras intervenciones o mantenimientos. La protección mediante interruptor diferencial y automático respondió adecuadamente durante las pruebas, reforzando la relevancia educativa del módulo en cuanto a normativas de seguridad.

La programación realizada en TIA Portal demostró ser estable y eficiente. El uso de lógica Ladder permitió representar de forma clara los circuitos tradicionales de automatización industrial, facilitando el entendimiento práctico para estudiantes. Además, la actualización de estados en tiempo real evidenció que la comunicación interna y los ciclos de escaneo del PLC fueron adecuados para el propósito educativo del módulo.

6.1 Evaluación de la interfaz HMI

La HMI brindó una experiencia intuitiva, clara y funcional. Los botones y señales gráficas respondieron correctamente, reflejando con precisión el estado del sistema. La interconexión Profinet fue estable y demostró ser una herramienta didáctica valiosa para enseñar comunicación industrial.

6.3 Análisis de costos y análisis educativo

En un principio el módulo se realizó con el objetivo de ser una apertura para los estudiantes técnicos la comprensibilidad de su carrera (automatización o electricidad) de una manera practica

Se realiza una cotización de componentes a nivel industrial, tales como el PLC Siemens S7-1200, la HMI SIMATIC KTP600 y diversos dispositivos de protección eléctrica asociados al sistema. Estos elementos concentran el mayor porcentaje del costo total del módulo, principalmente debido a que corresponden a equipamiento de estándar industrial, diseñado para operar con altos niveles de fiabilidad, robustez y continuidad en entornos reales de automatización.

Si bien el costo de estos componentes es superior al de alternativas de carácter didáctico o doméstico, su incorporación se justifica plenamente por el alto valor educativo que aportan al proceso formativo. El uso de tecnología industrial real permite que los estudiantes adquieran competencias prácticas directamente alineadas con las exigencias del entorno laboral actual de su carrera, facilitando la comprensión de arquitecturas de control, protocolos de comunicación, criterios de seguridad eléctrica y metodologías de programación utilizadas en la industria.

En este contexto, el módulo no solo cumple una función demostrativa, sino que se transforma en una herramienta de aprendizaje aplicada, que reduce la brecha entre la formación académica y la realidad profesional, fortaleciendo la preparación técnica de los estudiantes y mejorando su empleabilidad futura.

Adicionalmente, se consideraron costos:

MATERIAL	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO(CLP)	VALOR TOTAL(CLP)
Automático C10	1	\$2.338	\$2.338
Interruptor diferencial 25 A	1	\$8.990	\$8.990
Canaletas ranuradas 30x20x2mts	2	\$4.990	\$9.980
Riel din	2	\$2.820	\$5.640
Borneras de conexiones	54	\$666	\$35.964
Borneras tierras	1	\$3.460	\$3.460
PLC S7-1200 AC/DC/RLY	1	\$718.975	\$718.975
Pantalla HMI KTP600 siemens	1	\$500.000	\$500.000
Luces piloto rojas 220VAC	1	\$3.820	\$3.820
Luces piloto amarilla 220VAC	1	\$3.820	\$3.820
Luz piloto verde 220VAC	1	\$3.820	\$3.820
Pulsador parada de emergencia	1	\$4.590	\$4.590
Pulsador botón	2	\$3.190	\$6.380
Cable rojo 12AWG	20 mts	\$12.680 (100mts)	\$12.680
Cable blanco 12AWG	20 mts	\$12.680 (100mts)	\$12.680
Cable rojo 18 AWG	20 mts	\$25.700 (100mts)	\$25.700
Cable azul 18 AWG	20 mts	\$25.700 (100mts)	\$25.700
Cables ethernet 1mts	1	\$1.450	\$1.450
Conector RJ45	1	\$2.990	\$2.990
VALOR TOTAL			\$1.385,157

LISTADO MATERIALES

Por otra parte, se evaluaron los costos relacionados con el software de programación y configuración del sistema. En este caso, el uso de TIA Portal en su versión educativa o bajo licencias institucionales permitió reducir significativamente el impacto económico, manteniendo al mismo tiempo un entorno de desarrollo profesional. Esto resulta especialmente relevante en contextos académicos, donde la optimización de recursos es un factor determinante.

Asimismo, el proyecto contribuye al enfoque de aprendizaje basado en competencias, ya que integra conocimientos de distintas asignaturas, tales como control industrial, instrumentación, electricidad y programación de PLC. La utilización de equipos con estándar industrial, como el PLC Siemens S7-1200 y una HMI, refuerza la coherencia entre la formación académica y las exigencias del entorno laboral, fortaleciendo la empleabilidad de los estudiantes.

Por otra parte, el carácter modular y escalable del sistema permite su reutilización en distintas asignaturas y niveles formativos, optimizando los recursos institucionales y favoreciendo la implementación de metodologías de enseñanza práctica de forma sostenida en el tiempo. De este modo, el módulo educativo se convierte en un recurso pedagógico transversal, alineado con los principios de calidad, pertinencia y mejora continúa establecidos en el modelo educativo de la universidad.

El proyecto no solo cumple con los objetivos técnicos propuestos, sino que también aporta de manera significativa al proceso formativo, fortaleciendo la coherencia entre el modelo educativo institucional y la formación práctica de los estudiantes en el ámbito de la automatización industrial.

Si tratamos de replicar esto unas 10 veces, tener 10 módulos para trabajar cual sería nuestro costo-beneficio. ¿Como podemos recuperar la inversión?

Tratando de responder esta pregunta puede abordarse desde cuatro enfoques que son los principales dentro de la universidad.

1. El uso recurrente dentro de la universidad, el módulo no es de un solo uso, si no que puede emplearse durante varios años en distintas asignaturas. Por ejemplo, en el área técnica tenemos; Fundamentos eléctricos, seguridad eléctrica, Taller de instrumentación industrial, control industrial hasta maquinas eléctricas. También en el área de ingeniería como; automatización industrial, instrumentación industrial, comunicaciones. (si el módulo es usado por 5 asignaturas al año el costo se distribuye en 25 instancias formativas)

2. Replicabilidad y reducción de costos, se pueden fabricar más unidades, usar componentes más económicos. Siendo este un prototipo el cual cumple su función.
3. Prestación de servicios como para, cursos, capacitaciones técnicas, talleres externos, formación continua.
4. La vinculación con el medio y proyectos externos, como se dice se puede competir un futuro con liceos técnicos, empresas, apoyo a prácticas y certificaciones.

El módulo educativo cumple satisfactoriamente con su propósito pedagógico, ya que:

1. Permite visualizar la relación entre hardware y software.
2. Facilita la comprensión de señales digitales.
3. Refuerza la importancia de la seguridad industrial.
4. Integra programación, comunicación y montaje eléctrico en un solo sistema.

Listado de materiales de menor costo:

MATERIAL	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO(CLP)	VALOR TOTAL(CLP)
Automático C10	1	\$2.338	\$2.338
Interruptor diferencial 25 A	1	\$8.990	\$8.990
Canaletas ranuradas 30x20x2mts	2	\$4.990	\$9.980
Riel din	2	\$2.820	\$5.640
Borneras de conexiones	54	\$666	\$35.964
Borneras tierras	1	\$3.460	\$3.460
PLC Modicon M221 TM221CE16R	1	\$77.100	\$77.100
DOP-103WQ	1	\$47.300	\$47.300
Luces piloto rojas 220VAC	1	\$3.820	\$3.820
Luces piloto amarilla 220VAC	1	\$3.820	\$3.820
Luz piloto verde 220VAC	1	\$3.820	\$3.820
Pulsador parada de emergencia	1	\$4.590	\$4.590

Pulsador botón	2	\$3.190	\$6.380
Cable rojo 18 AWG	20 mts	\$25.700 (100mts)	\$25.700
Cable azul 18 AWG	20 mts	\$25.700 (100mts)	\$25.700
Cable blanco 18 AWG	20 mts	\$25.700 (100mts)	\$25.700
Cables ethernet 1mts	1	\$1.450	\$1.450
Conector RJ45	1	\$2.990	\$2.990
VALOR TOTAL			\$294.742

Al comparar ambas alternativas de implementación, se identifica una diferencia de costo considerable entre los sistemas evaluados. La configuración basada en equipamiento Siemens, que incluye el PLC S7-1200 y la HMI SIMATIC KTP600, presenta un costo total de \$1.385.157 CLP, mientras que la alternativa compuesta por un PLC Modicon M221 y una HMI DOP-103WQ alcanza un valor total de \$294.742 CLP. Esta diferencia representa un ahorro aproximado de \$1.090.415 CLP al optar por la segunda alternativa, equivalente a una reducción cercana al 79% del costo total del módulo. Este análisis demuestra que la segunda opción constituye una solución económicamente más eficiente, especialmente adecuada para su implementación en entornos académicos donde se requiere la replicabilidad del sistema sin afectar de manera significativa los objetivos formativos del proyecto.

CAPÍTULO VII

CONCLUSION.

El desarrollo de este proyecto permitió diseñar, construir y validar un módulo educativo completamente funcional basado en un PLC Siemens S7-1200 y una HMI Simatic KTP600, cumpliendo plenamente los objetivos planteados al inicio del trabajo. A través del proceso completo —que incluyó el diseño estructural, la instalación eléctrica, la programación en TIA Portal y las pruebas de validación— se logró crear un recurso didáctico capaz de simular de manera fiel procesos reales de automatización industrial dentro de un contexto académico.

Desde una perspectiva estudiantil, el proyecto no solo permitió desarrollar un sistema técnicamente correcto, sino también una herramienta pedagógica que facilita el aprendizaje práctico de conceptos fundamentales de automatización. El módulo ofrece a los estudiantes la oportunidad de interactuar directamente con tecnologías utilizadas en la industria moderna, permitiéndoles entender, mediante experiencia real, cómo se estructuran los circuitos de control, cómo opera el ciclo de escaneo de un PLC y cómo se visualiza un proceso en una interfaz HMI.

Además, el trabajo desarrollado evidencia la importancia de integrar conocimientos de diferentes áreas: montaje estructural, identificación y selección de componentes eléctricos, criterios de seguridad, programación lógica y comunicación industrial. Esta integración permite que los estudiantes comprendan la automatización desde una mirada global, desarrollando competencias que serán esenciales en su futuro desempeño profesional.

El proyecto también demostró la relevancia de trabajar bajo normativas como IEC 60204-1, IEC 61131-3 e ISO 13850, asegurando que el módulo no solo sea funcional, sino también seguro para su uso en actividades académicas. La implementación de protecciones eléctricas y una distribución ordenada de los componentes refuerza en los estudiantes la importancia del diseño seguro y responsable, aspectos críticos en la industria.

Finalmente, las pruebas realizadas confirmaron que el módulo educativo es capaz de replicar, a pequeña escala, situaciones reales de operación, supervisión y control industrial. Esto permite que los estudiantes desarrollen habilidades prácticas en programación, diagnóstico de fallas, comprensión de señales digitales y estructura de redes industriales, reduciendo significativamente la brecha entre la enseñanza teórica tradicional y la experiencia operacional que exige la industria 4.0.

Este proyecto contribuye directamente a reducir la brecha existente entre teoría y práctica en la enseñanza de la automatización industrial, proporcionando un sistema funcional, accesible y alineado con los requerimientos actuales de la industria 4.0.

BIBLIOGRAFIA.

Yuridia, & Yuridia. (2023, 8 noviembre). *¿Qué es un PLC, cómo funciona y cuáles son sus ventajas?* SDI Industrial. <https://sdindustrial.com.mx/blog/que-es-un-plc/#%C2%BFQue-es-un-PLC>

Crodriguez, & Crodriguez. (2023, 2 agosto). *¿Cuáles son los lenguajes de programación PLC?* SDI Industrial. <https://sdindustrial.com.mx/blog/lenguajes-de-programacion-plc/#%C2%BFCuales-son-los-lenguajes-de-programacion-plc>

Gútiez, I. (2023, 26 mayo). *PLC S7-1200 de Siemens: características generales. Programación Siemens.* <https://programacionsiemens.com/s7-1200/>

tecnopl.com. (2023, 17 marzo). *TIA Portal qué es, utilidades del software, ventajas. . .» tecnopl.* Tecnopl. https://www.tecnopl.com/tia-portal-utilidades-del-software/#Qu%C3%A9_es_TIA_Portal

tecnopl.com. (2022c, mayo 5). *Comunicación Ethernet HMI y S7-1200 en TIA Portal » tecnopl.* Tecnopl. <https://www.tecnopl.com/comunicacion-ethernet-hmi-s7-1200/>

Administración. (2025, 2 septiembre). *What Are the Top 10 Industrial Automation Protocols?* Tecnología Maisvch. <https://maisvch.com/es/blog/cuales-son-los-10-principales-protocolos-de-automatizacion-industrial/>

PROFINET: el estándar de comunicación seguro para las redes industriales. (s. f.). <https://www.burkert.es/es/servicio-asistencia/centro-de-documentacion/glosario/PROFINET-el-estandar-de-comunicacion-seguro-para-las-redes-industriales>

tecnopl.com. (2022a, mayo 2). *TIA Portal plc hmi 10 pasos para crear Red Profinet [2021] » tecnopl.* Tecnopl. <https://www.tecnopl.com/tia-portal-plc-hmi-integrados-en-proyecto-y-red-profinet/>

Domínguez, A. (2024, 28 octubre). *TUTORIAL de TIA Portal para Principiantes*. Programacionmultidisciplinar. <https://www.programacionmultidisciplinar.com/curso-de-tia-portal/tutorial-de-iniciacion/>

tecnopl.com. (2022b, mayo 3). *Variables HMI TIA Portal usar las variables del PLC en la HMI* » tecnopl. Tecnopl. <https://www.tecnopl.com/variables-hmi-tia-portal-usar-las-variables-del-plc-en-la-hmi/>

IEC 61131-3:2013. (s. f.). IEC. <https://webstore.iec.ch/en/publication/4552>

IEC 60204-1:2016+AMD1:2021 CSV. (s. f.). IEC. <https://webstore.iec.ch/en/publication/71256>

Grupotice. (2025, 5 marzo). *ISO12100: Evaluar la seguridad y reducir el riesgo en las máquinas*. Tice: Innovate Solutions. <https://www.grupo-tice.com/iso12100-evaluar-la-seguridad-y-reducir-el-riesgo-en-las-maquinas/>

García, S. (2025, 9 julio). *ISO 13850: ¿Qué es y por qué es clave en la seguridad de tu maquinaria?* Tice: Innovate Solutions. <https://www.grupo-tice.com/iso-13850-que-es-y-por-que-es-clave-en-la-seguridad-de-tu-maquinaria/>

¿Qué es un diferencial? ¿Cómo seleccionar una protección diferencial? | Schneider Electric España. (n.d.). Schneider Electric. <https://www.se.com/es/es/faqs/FAQ000262343/>

¿Qué es un automático/magnetotérmico? ¿Cómo seleccionar una protección automática (protección magnetotérmica)? | Schneider Electric España. (n.d.). Schneider Electric. <https://www.se.com/es/es/faqs/FAQ000262703/>

InnovCable. (2025, August 18). *Cable de control: definición y funcionalidad*. <https://innovcable.com.br/es/cable-de-control-mdrv47jr/>