



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE MECATRÓNICA

**DESARROLLO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE
AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL PARA EL APRENDIZAJE
PRÁCTICO.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTORES: Aarom Isaí Ochoa Bernabé
Angelo Sebastián Valverde Malan
TUTOR: Ing. Alberto Santiago Ramírez Farfán

Guayaquil - Ecuador
2024

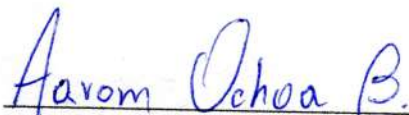
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Aarom Isaí Ochoa Bernabé** con documento de identificación N° **0954605655** y **Angelo Sebastián Valverde Malan** con documento de identificación N° **0931279749**; manifestamos que:

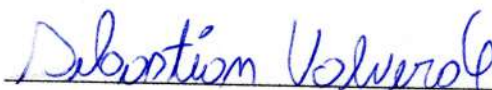
Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo.

Guayaquil, 5 de Marzo del año 2024

Atentamente,



Aarom Isaí Ochoa Bernabé
0954605655



Angelo Sebastián Valverde Malan
0931279749

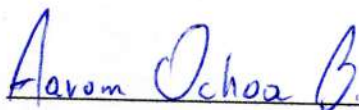
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, **Aarom Isaí Ochoa Bernabé** con documento de identificación N° **0954605655** y **Angelo Sebastián Valverde Malan** con documento de identificación N° **0931279749**, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del **DESARROLLO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL PARA EL APRENDIZAJE PRÁCTICO**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

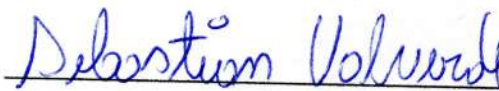
En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo a final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Guayaquil, 5 de Marzo del año 2024

Atentamente,



Aarom Isaí Ochoa Bernabé
0954605655



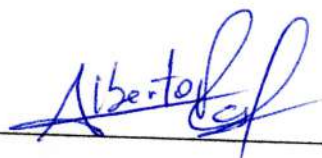
Angelo Sebastián Valverde Malan
0931279749

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Alberto Santiago Ramírez Farfán**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DESARROLLO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL PARA EL APRENDIZAJE PRÁCTICO**, realizado por **Aarom Isaí Ochoa Bernabé** con documento de identificación N° **0954605655** y por **Angelo Sebastián Valverde Malan** con documento de identificación N° **0931279749**, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Dispositivo Tecnológico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 5 de Marzo del año 2024

Atentamente,



Ing. Alberto Santiago Ramírez Farfán
0923348890

DEDICATORIA

Una dedicatoria especial para mi bella madre Rosita, quien me enseñó que el mejor conocimiento que se puede tener es el que se aprende por sí mismo. Por el gran amor y la devoción que tienes a tus hijos, por el apoyo ilimitado e incondicional que siempre me has dado, por tener siempre la fortaleza de salir adelante sin importar los obstáculos, por haberme formado como un hombre de bien. Este logro no es solo mío, de hecho, es más tuyo que mío. Me has llenado de valores y fuerzas para luchar por todos y cada uno de mis sueños, me has apoyado y creído hasta en mis peores locuras y gracias a eso hoy puedo decir que no solo soy feliz, sino que además soy una persona de bien que tiene bastante claro lo que quiere en su vida. Nunca me cansaré de darte las gracias este y absolutamente todos mis logros son y serán siempre en tu honor.

Aarom Isaí Ochoa Bernabé

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a la Virgen, por permitirme a este momento tan especial de mi vida. Por los triunfos y las derrotas; por los momentos que me han enseñado a valorarlo todo cada día más. A mí querida abuelita Tomasa Rivera quien fue quien me impulso en todo mi recorrido académico desde la escuela hasta la universidad. A mi querida madre Jennifer Malan quien me dio la vida y el espíritu de seguir adelante y jamás dejarme vencer por mas que la carrera se ponga difícil.

Angelo Sebastián Valverde Malan

AGRADECIMIENTO

Me van a faltar páginas para agradecer a las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo, sin embargo, merecen reconocimiento especial. A Dios, por su presencia permanente. Por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A mis hermanos por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas. A la universidad Politécnica Salesiana, por las enseñanzas recibidas en sus aulas, que me ha exigido tanto, pero al mismo tiempo me ha permitido obtener mi tan ansiado título. A sus docentes por la abnegada y esforzada labor de formar y enseñar, les quiero agradecer por transmitirme los conocimientos necesarios para hoy poder estar aquí.

Aarom Isaí Ochoa Bernabé

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarnos la vida, salud y capacidad para realizar nuestros estudios. A nuestras Familias y compañeros cercanos que de diferentes maneras nos ayudaron en nuestro proceso de aprendizaje y elaboración de tesis. A todos los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana que formaron parte de nuestro proceso de aprendizaje durándote toda nuestra trayectoria en la carrera.

Angelo Sebastián Valverde Malan

RESUMEN

El trabajo de titulación que se presenta tiene como objetivo principal la creación y puesta en funcionamiento de un módulo didáctico diseñado específicamente para el aprendizaje práctico en el ámbito de la automatización industrial y disciplinas afines. Este módulo, que utiliza un PLC S7-1200 y un HMI KTP700 de 7 pulgadas, también conocido como entrenador, ha sido desarrollado con el propósito de brindar a los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil una herramienta versátil y efectiva para la realización de prácticas de laboratorio.

El enfoque del proyecto abarca diversas áreas fundamentales, incluyendo Automatización Industrial, Redes Industriales, Diseño Mecatrónico y PLC, con el fin de proporcionar una experiencia integral que prepare a los estudiantes para los desafíos del campo laboral. Una de las características más destacadas de este módulo es su capacidad para recrear y validar escenarios prácticos mediante una conexión a una pantalla de pruebas, lo que permite simular situaciones reales y comprobar la funcionalidad del sistema en condiciones controladas.

Además, se ha puesto énfasis en demostrar la efectividad del prototipo en un entorno operativo, lo que implica no solo su correcto funcionamiento, sino también su capacidad para adaptarse y responder a las demandas y desafíos del mundo real.

La presente investigación se enfoca en el diseño e implementación de un Banco de Pruebas Portátil para fortalecer las prácticas de Control Lógico Programable (PLC) y Redes Industriales en la Carrera de Mecatrónica. Se utilizará el software SolidWorks para desarrollar un módulo didáctico modular con un diseño intuitivo que fomente la automatización y la comprensión práctica de los conceptos teóricos. Este banco permitirá a los estudiantes realizar experimentos portátiles, facilitando la aplicación de conocimientos en situaciones reales. Se busca una herramienta versátil con elementos interactivos que promuevan una experiencia de aprendizaje enriquecedora y preparatoria para el mundo laboral. En resumen, este proyecto no solo busca proporcionar a los estudiantes una herramienta educativa de alta calidad, sino también prepararlos para enfrentar los desafíos y demandas del campo de la automatización industrial, equipándolos con las habilidades y conocimientos necesarios para destacarse en su futura carrera profesional.

Palabras claves: PLC, HMI, Entrenador, Laboratorio, Automatización, Simular.

ABSTRACT

The main objective of the degree work presented is the creation and implementation of a teaching module designed specifically for practical learning in the field of industrial automation and related disciplines. This module, which uses an S7-1200 PLC and a 7-inch KTP700 HMI, also known as a trainer, has been developed with the purpose of providing students at the Salesiana Polytechnic University, Guayaquil, with a versatile and effective tool for carrying out Laboratory practices. The project focus covers several fundamental areas, including Industrial Automation, Industrial Networks, Mechatronic Design and PLC, in order to provide a comprehensive experience that prepares students for the challenges of the workforce. One of the most notable features of this module is its ability to recreate and validate practical scenarios through a connection to a test screen, which allows simulating real situations and checking the functionality of the system under controlled conditions. Additionally, emphasis has been placed on demonstrating the effectiveness of the prototype in an operational environment, which implies not only its correct operation, but also its ability to adapt and respond to real-world demands and challenges. This research focuses on the design and implementation of a Portable Test Bench to strengthen the practices of Programmable Logic Control (PLC) and Industrial Networks in the Mechatronics Degree. SolidWorks software will be used to develop a modular teaching module with an intuitive design that encourages automation and practical understanding of theoretical concepts. This bench will allow students to carry out portable experiments, facilitating the application of knowledge in real situations. We are looking for a versatile tool with interactive elements that promote an enriching and preparatory learning experience for the world of work. In summary, this project not only seeks to provide students with a high-quality educational tool, but also prepare them to face the challenges and demands of the field of industrial automation, equipping them with the necessary skills and knowledge to excel in their future professional career.

Keywords: PLC, HMI, Trainer, Laboratory, Automation, Simulate.

ÍNDICE

I.	Introducción	1
II.	Problema de Estudio	2
III.	Objetivos	3
III-A.	Objetivo general	3
III-B.	Objetivos específicos	3
IV.	Marco teórico	4
IV-A.	Automatización	4
IV-B.	Controlador lógico programable PLC	5
IV-C.	Interfaz hombre maquina HMI	5
IV-D.	Sistema SCADA	6
IV-E.	TIA PORTAL	7
IV-F.	Diseño CAD	8
IV-G.	Software de diseño Solidworks	9
IV-H.	Instrucción TSEND_C	10
IV-I.	Instrucción TRCV_C	10
IV-J.	Redes de comunicación industrial	11
IV-K.	Protocolo PROFINET	12
V.	MARCO METODOLÓGICO	13
V-A.	Método Experimental	13
V-B.	Formulación de la Hipótesis	13
V-C.	Diseño Banco de Pruebas	13
V-C1.	Material	14
V-C2.	Prototipado	14
V-C3.	Tapa superior	14
V-C4.	Tapa lateral derecha e izquierda	15
V-C5.	Tapa Trasera 1	16
V-C6.	Tapa Trasera 2	16
V-C7.	Tapa Trasera 3	17
V-C8.	Tapa Trasera 4	17
V-C9.	Tapa Trasera 5	17
V-D.	Sistema Bypass	18
VI.	MANUAL DE USUARIO	20
VI-A.	Especificaciones técnicas	20
VI-B.	Partes del módulo	20
VI-C.	Inicio a través de conexión bypass o fuente de alimentación	20
VI-C1.	PASO 1: Preparación	20
VI-C2.	PASO 2: Chequeo de niveles de planta de 3 tanques	21
VI-C3.	PASO 3: Configuración y conexión	22
VI-C4.	PASO 4: Encendido	23
VI-C5.	PASO 5: Inicio	23
VI-C6.	PASO 5: Finalización	24
VI-D.	Precauciones de seguridad	25
VI-E.	Recomendaciones de uso	25

VII. CRONOGRAMA	26
VIII. PRESUPUESTO	27
IX. CONCLUSIONES	29
X. RECOMENDACIONES	30
XI. Anexos	31
XI-A. Planos del prototipo	31
XI-B. Desarrollo del prototipo	38
XI-C. Instalación de componentes del módulo	39
XI-D. Prototipo Montado	41
XI-E. Prácticas y Guías de Laboratorio	43

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Diagrama de procesos de automatización. Fuente: Autores	4
2.	KTP700. Fuente: Autores	6
3.	Diagrama SCADA. Fuente: Autores	7
4.	Programación con TIA PORTAL. Fuente: Autores	8
5.	Diseño y acotado del proyecto CAD. Fuente: Autores	9
6.	Diseño y acotado del proyecto. Fuente: Autores	9
7.	Configuración de parámetros de instrucción TSEND_C. Fuente: Autores	10
8.	Configuración de parámetros de instrucción TRCV_C. Fuente: Autores	11
9.	Redes de comunicacion Industrial Posicionamiento. Fuente: Autores	11
10.	Comunicación Profinet industrial. Fuente: Autores	12
11.	Tabla de propiedades del acero galvanizado. Fuente: Autores	14
12.	Tapa superior. Fuente: Autores	15
13.	Tapa lateral derecha e izquierda. Fuente: Autores	16
14.	Tapa trasera 1. Fuente: Autores	16
15.	Tapa trasera 2. Fuente: Autores	17
16.	Tapa trasera 3. Fuente: Autores	17
17.	Tapa trasera 4. Fuente: Autores	17
18.	Tapa trasera 5. Fuente: Autores	18
19.	Prototipo entrenador. Fuente: Autores	18
20.	Entrenador-Bypass. Fuente: Autores	19
21.	Tablero planta 3 tanques. Fuente: Autores.	21
22.	Niveles de tanques. Fuente: Autores.	21
23.	Configuración y conexión A. Fuente: Autores.	22
24.	Configuración y conexión B. Fuente: Autores.	22
25.	Configuración y conexión C. Fuente: Autores.	23
26.	Encendido. Fuente: Autores.	23
27.	Inicio. Fuente: Autores.	24
28.	Finalización. Fuente: Autores.	24
29.	Tapa superior. Fuente: Autores	31
30.	Tapas laterales. Fuente: Autores	32
31.	Tapas laterales. Fuente: Autores	33
32.	Tapa trasera. Fuente: Autores	34
33.	Tapa trasera 2. Fuente: Autores	35
34.	Tapa trasera 3. Fuente: Autores	36
35.	Tapa trasera 4. Fuente: Autores	37
36.	Elaboración y corte del módulo. Fuente: Autores.	38
37.	Desarrollo del módulo. Fuente: Autores.	38
38.	Instalación de componentes del módulo. Fuente: Autores.	39
39.	Instalación de componentes del módulo. Fuente: Autores.	39
40.	Programación de PLC y HMI. Fuente: Autores.	40
41.	Prueba módulo. Fuente: Autores.	40
42.	Módulo final. Fuente: Autores.	41
43.	Prueba de conexiones del módulo. Fuente: Autores.	41
44.	Prueba de funcionamiento módulo. Fuente: Autores.	42
45.	Guía de práctica A. Fuente: Autores	43
46.	Guía de práctica B. Fuente: Autores	44
47.	Guía de práctica C. Fuente: Autores	45
48.	Guía de práctica D. Fuente: Autores	46
49.	Guía de práctica E. Fuente: Autores	47

50.	Guía de práctica F. Fuente: Autores	48
51.	Manual de prácticas A. Fuente: Autores	49
52.	Manual de prácticas B. Fuente: Autores	50
53.	Manual de prácticas C. Fuente: Autores	51
54.	Manual de prácticas D. Fuente: Autores	52
55.	Manual de prácticas E. Fuente: Autores	53
56.	Manual de prácticas F. Fuente: Autores	54
57.	Manual de prácticas G. Fuente: Autores	55
58.	Manual de prácticas H. Fuente: Autores	56
59.	Manual de prácticas I. Fuente: Autores	57
60.	Manual de prácticas J. Fuente: Autores	58
61.	Manual de prácticas K. Fuente: Autores	59
62.	Manual de prácticas L. Fuente: Autores	60
63.	Manual de prácticas M. Fuente: Autores	61
64.	Manual de prácticas N. Fuente: Autores	62
65.	Manual de prácticas O. Fuente: Autores	63
66.	Manual de prácticas P. Fuente: Autores	64
67.	Manual de prácticas Q. Fuente: Autores	65
68.	Manual de prácticas R. Fuente: Autores	66
69.	Manual de prácticas S. Fuente: Autores	67
70.	Guía de práctica 2 A. Fuente: Autores	68
71.	Guía de práctica 2 B. Fuente: Autores	69
72.	Guía de práctica 2 C. Fuente: Autores	70
73.	Guía de práctica 2 D. Fuente: Autores	71
74.	Guía de práctica 2 E. Fuente: Autores	72
75.	Guía de práctica 2 F. Fuente: Autores	73
76.	Guía de práctica 2 G. Fuente: Autores	74
77.	Manual de prácticas 2 A. Fuente: Autores	75
78.	Manual de prácticas 2 B. Fuente: Autores	76
79.	Manual de prácticas 2 C. Fuente: Autores	77
80.	Manual de prácticas 2 D. Fuente: Autores	78
81.	Manual de prácticas 2 E. Fuente: Autores	79
82.	Manual de prácticas 2 F. Fuente: Autores	80
83.	Manual de prácticas 2 G. Fuente: Autores	81
84.	Manual de prácticas H. Fuente: Autores	82
85.	Manual de prácticas 2 I. Fuente: Autores	83
86.	Manual de prácticas 2 J. Fuente: Autores	84
87.	Manual de prácticas 2 K. Fuente: Autores	85
88.	Manual de prácticas 2 L. Fuente: Autores	86
89.	Manual de prácticas 2 M. Fuente: Autores	87
90.	Manual de prácticas 2 N. Fuente: Autores	88
91.	Manual de prácticas 2 O. Fuente: Autores	89
92.	Guía de práctica 2 G. Fuente: Autores	90

ÍNDICE DE TABLAS

I.	Desarrollo Cronograma Actividades	26
II.	Presupuesto para implementación del proyecto. Fuente: Autores.	27
III.	Presupuesto para implementación del proyecto. Fuente: Autores	28

I. INTRODUCCIÓN

La mecatrónica, como disciplina interdisciplinaria, fusiona la ingeniería mecánica, la electrónica y la informática para desarrollar sistemas inteligentes y automatizados. En la formación de profesionales, ofrece una visión integral que les permite crear soluciones innovadoras y eficientes para los desafíos tecnológicos actuales y futuros. En el ámbito universitario, la Universidad Politécnica Salesiana - Sede Guayaquil se esfuerza constantemente por mejorar la calidad educativa ofrecida a sus estudiantes de la carrera de mecatrónica. En este contexto, este proyecto se concentra en la necesidad de perfeccionar las prácticas relacionadas con las materias de especialización mediante la introducción de un módulo didáctico basado en PLC y HMI KTP700. [19]

La implementación de un módulo didáctico de PLC (Controlador Lógico Programable) y HMI (Interfaz Hombre-Máquina) en el ámbito de la Ingeniería Mecatrónica se presenta como una iniciativa estratégica y educativa de gran relevancia. Esta propuesta se fundamenta en la creciente demanda de profesionales altamente capacitados en el diseño, programación y operación de sistemas automatizados, así como en la necesidad de fortalecer la formación práctica de los estudiantes para enfrentar los retos tecnológicos de la actualidad.[18]

Además, la propuesta se alinea con las tendencias industriales, ya que la automatización industrial, respaldada por PLC y HMI, es una corriente dominante en la actualidad. Este proyecto permitirá a los estudiantes adquirir habilidades clave para enfrentar las demandas del mercado laboral, haciéndolos más competitivos al egresar.[26]

El desarrollo de competencias prácticas es otro factor determinante. La experiencia práctica con PLC y HMI mejorará las habilidades de resolución de problemas, programación y diseño de sistemas automatizados. Los estudiantes aprenderán a trabajar con hardware y software de vanguardia, preparándolos para abordar desafíos reales en el ámbito laboral.[15]

Finalmente, la inclusión de un módulo didáctico de PLC y HMI enriquecerá la experiencia de aprendizaje al brindar a los estudiantes una formación más completa y aplicada. En síntesis, este proyecto representa una inversión estratégica en la formación de profesionales capacitados y preparados para liderar la innovación en la automatización industrial.

La incorporación de un módulo didáctico de PLC y HMI en el currículo de Ingeniería Mecatrónica responde a una necesidad apremiante en el panorama educativo actual. Con el vertiginoso avance tecnológico, es esencial que los estudiantes no solo adquieran conocimientos teóricos, sino que también desarrollen habilidades prácticas que les permitan enfrentar los desafíos del mundo laboral. La industria 4.0 demanda profesionales versátiles y ágiles, capaces de diseñar, implementar y mantener sistemas automatizados de manera eficiente y eficaz. Por tanto, la introducción de este módulo didáctico no solo amplía el espectro de habilidades de los estudiantes, sino que también los prepara para ser líderes en la innovación tecnológica en el ámbito de la automatización industrial.

Además de fortalecer la formación práctica, la inclusión de este módulo en el plan de estudios de Mecatrónica potencia la interdisciplinariedad de la disciplina. Al combinar conceptos de ingeniería mecánica, electrónica y computación en un solo proyecto, se fomenta el pensamiento creativo y la resolución de problemas desde múltiples perspectivas. Esta aproximación holística no solo enriquece la experiencia educativa, sino que también prepara a los estudiantes para enfrentar la complejidad de los proyectos reales en el mundo laboral. Asimismo, la colaboración entre diferentes áreas de conocimiento promueve el desarrollo de soluciones innovadoras y eficientes, consolidando así la posición de la Universidad Politécnica Salesiana - Sede Guayaquil como referente en la formación de profesionales altamente calificados en el campo de la mecatrónica.

II. PROBLEMA DE ESTUDIO

La automatización industrial es una disciplina en constante evolución, que requiere de profesionales capacitados para diseñar, programar y controlar sistemas automatizados. En la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, la carrera de Ingeniería Mecatrónica ofrece asignaturas que abordan los conceptos básicos de la automatización industrial, pero cuenta con un número reducido de módulos didáctico que permita a los estudiantes aplicar estos conceptos en la práctica.

Este problema se manifiesta en la falta de experiencia práctica de los estudiantes en el diseño y programación de sistemas de automatización industrial. Esto dificulta su inserción en el mercado laboral, ya que los empleadores buscan profesionales que tengan las habilidades necesarias para resolver problemas reales.

La finalidad de este trabajo es desarrollar un módulo educativo de automatización industrial para la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil. El módulo didáctico debe permitir a los estudiantes adquirir los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para diseñar, programar y controlar sistemas de automatización industrial, así como desarrollar las habilidades necesarias para resolver problemas reales en el campo de la automatización industrial. Con esto la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil ofrecerá una formación integral a los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica, que les permitirá insertarse de manera exitosa en el mercado laboral.

III. OBJETIVOS

III-A. Objetivo general

Elaborar un módulo educativo de automatización industrial empleando un controlador lógico programable y una interfaz hombre máquina para la planificación y ejecución de prácticas de laboratorio.

III-B. Objetivos específicos

- Diseñar el módulo didáctico de manera que se adecúe a la cantidad específica de entradas y salidas propias del PLC y la HMI, empleando un software CAD para la realización del diseño.
- Desarrollar el módulo educativo, asegurando el cumplimiento de los requerimientos necesarios para la interconexión de las diversas entradas y salidas.
- Validar el funcionamiento del módulo educativo mediante pruebas de laboratorio en base a dos guías prácticas.

IV. MARCO TEÓRICO

IV-A. Automatización

La automatización implica el empleo de tecnologías para ejecutar funciones que anteriormente eran desempeñadas por seres humanos. Esta tecnología posee el potencial de aumentar la eficiencia y la productividad, al mismo tiempo que permite a los individuos enfocarse en labores más creativas y estratégicas. A pesar de que la automatización conlleva desafíos, como la pérdida de empleos y preocupaciones sobre el impacto social de la tecnología, también brinda oportunidades, tales como la mejora de la eficiencia y la productividad, así como la liberación de los humanos para dedicarse a tareas más creativas y estratégicas. [21]

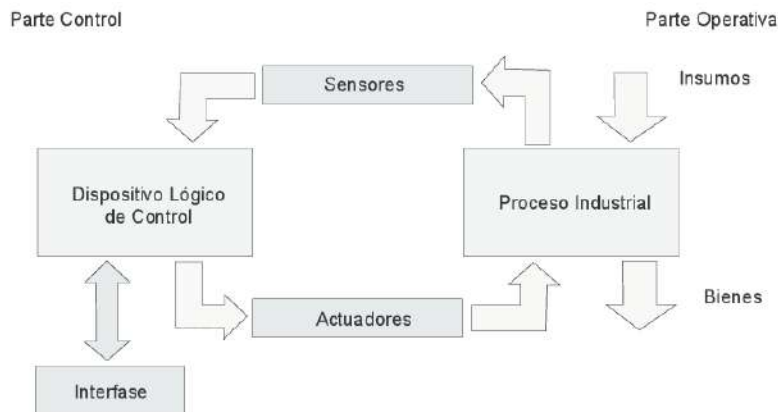


Figura 1. Diagrama de procesos de automatización. Fuente: Autores

La automatización se presenta como una solución a los desafíos actuales al integrar diversos sistemas (procesos, maquinaria, software) que trabajan en conjunto para alcanzar flexibilidad, mejorar la calidad de los productos y reducir los tiempos de producción de manera rentable. Este enfoque reduce la probabilidad de errores y contribuye a la conservación de energía y recursos. En consecuencia, la tendencia actual en las industrias es la transición hacia sistemas automatizados más rápidos y confiables en lugar de depender de operaciones manuales ineficientes.[4]

- **Eficiencia y Productividad Mejoradas:** Los sistemas automatizados pueden realizar tareas repetitivas de manera rápida y consistente, lo que lleva a una mejora en la eficiencia y la productividad. Esto permite a las empresas realizar procesos más rápidos y con menor margen de error.

- **Reducción de Errores y Mejora de la Calidad:** Al eliminar la intervención humana en ciertos procesos, se reduce la posibilidad de errores humanos. La consistencia y precisión de las máquinas contribuyen a la mejora de la calidad de los productos y servicios.

- **Optimización de Recursos:** La automatización permite una gestión más eficiente de los recursos, como el tiempo y la energía. Los sistemas pueden ajustarse automáticamente para adaptarse a la demanda y minimizar el desperdicio.

- **Seguridad Laboral:** Al trasladar tareas peligrosas o monótonas a sistemas automatizados, se mejora la seguridad laboral al reducir la exposición de los trabajadores a entornos riesgosos.

- **Enfoque Humano en Tareas Creativas:** Al liberar a los trabajadores de tareas rutinarias, la automatización permite que los empleados se centren en actividades más creativas, estratégicas y que requieran habilidades humanas únicas, como la toma de decisiones complejas, la resolución de problemas y la innovación.

IV-B. Controlador lógico programable PLC

En el contexto de la industria moderna, la automatización desempeña un papel crucial en la mejora de la eficiencia y la productividad. Entre las tecnologías fundamentales que han revolucionado los procesos industriales se encuentran los Controladores Lógicos Programables (PLC). Estos dispositivos electrónicos han demostrado ser esenciales en la ejecución de tareas lógicas y secuenciales para el control y monitoreo de maquinaria y procesos de fabricación. Esta tesis se propone explorar en profundidad la funcionalidad, beneficios y desafíos asociados con los PLCs en el ámbito de la automatización industrial. [14]

Los Controladores Lógicos Programables (PLCs) son dispositivos electrónicos empleados para automatizar procedimientos en la industria. Actúan como computadoras industriales que supervisan la lógica de operación de máquinas, instalaciones y procesos industriales. Los PLCs reciben datos de sensores conectados o dispositivos de entrada, procesan la información y activan salidas según parámetros predefinidos. De esta manera, los PLCs pueden gestionar de manera automática tareas complejas y repetitivas. [29]

Los controladores lógicos programables y su lenguaje principal, la lógica de escalera, son elementos fundamentales en la automatización industrial. Aunque existen lenguajes de programación de nivel superior, como los diagramas de funciones secuenciales y los bloques de funciones, que simplifican la programación de sistemas extensos, la lógica de escalera sigue siendo predominante en la actualidad. Cualquier ingeniero que trabaje en un entorno industrial seguramente se encontrará con PLC y lógica de escalera, e incluso es probable que los utilice de manera regular.[12]

IV-C. Interfaz hombre maquina HMI

Las interfaces hombre-máquina (HMI) se refieren a sistemas que posibilitan la interacción entre humanos y máquinas, así como con procesos industriales. Estas ofrecen una interfaz visual y táctil que permite a los operadores controlar y supervisar los sistemas de manera segura y eficiente. Además, las HMI están integrando progresivamente tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, lo que contribuye a que estas interfaces sean más inteligentes, eficientes y seguras.[5]

La interacción humano-máquina (HMI) desempeña un papel crucial en la automatización industrial, especialmente en el contexto de la Industria 4.0. El objetivo principal de la HMI es establecer una interfaz eficiente entre operadores humanos y sistemas automatizados, facilitando la supervisión, control y optimización de procesos industriales. Esto implica la implementación de tecnologías avanzadas, como interfaces gráficas de usuario (GUI), paneles de control táctiles, sistemas de realidad aumentada y dispositivos de retroalimentación háptica, que permiten a los operadores interactuar de manera intuitiva y eficaz con los sistemas automatizados.[20]

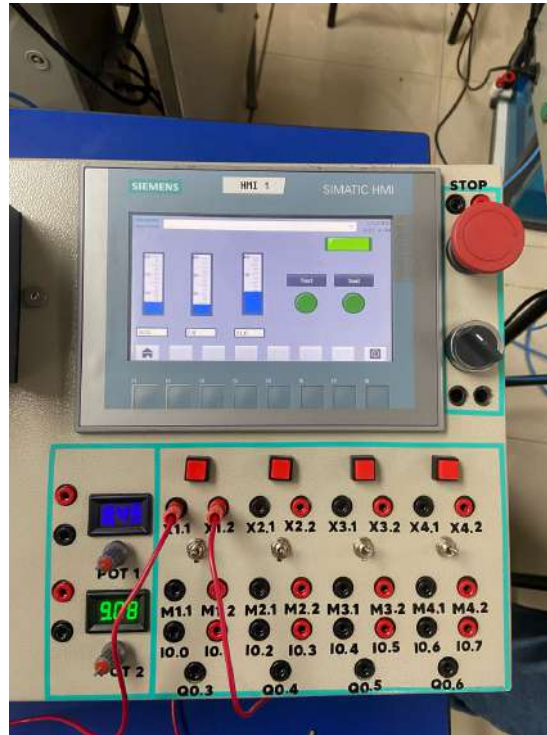


Figura 2. KTP700. Fuente: Autores

Las interfaces hombre-máquina (HMI) emergen como pilares fundamentales en el contexto de la Sociedad 5.0, catalizando la interacción fluida entre humanos y tecnología para afrontar desafíos sociales y mejorar la calidad de vida. La integración progresiva de tecnologías de vanguardia, como la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, en estas interfaces, potencia su capacidad de adaptación, eficiencia y seguridad. En esencia, las HMI aspiran a establecer un equilibrio armónico entre humanos y máquinas, capitalizando las virtudes de cada componente hacia objetivos comunes. No obstante, uno de los retos cruciales radica en el diseño accesible y amigable de las máquinas, para asegurar una interacción efectiva y empática con los usuarios.

IV-D. Sistema SCADA

Los sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) representan una tecnología fundamental en el ámbito de la automatización industrial. Estos sistemas posibilitan el control y la supervisión remotos de procesos industriales al recopilar datos provenientes de sensores y dispositivos de campo para luego transmitirlos a una estación central. A medida que evolucionan, los sistemas SCADA incorporan cada vez más tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial y el aprendizaje automático. Estas innovaciones capacitan a los sistemas SCADA para llevar a cabo tareas más complejas y tomar decisiones de manera más autónoma. [10]

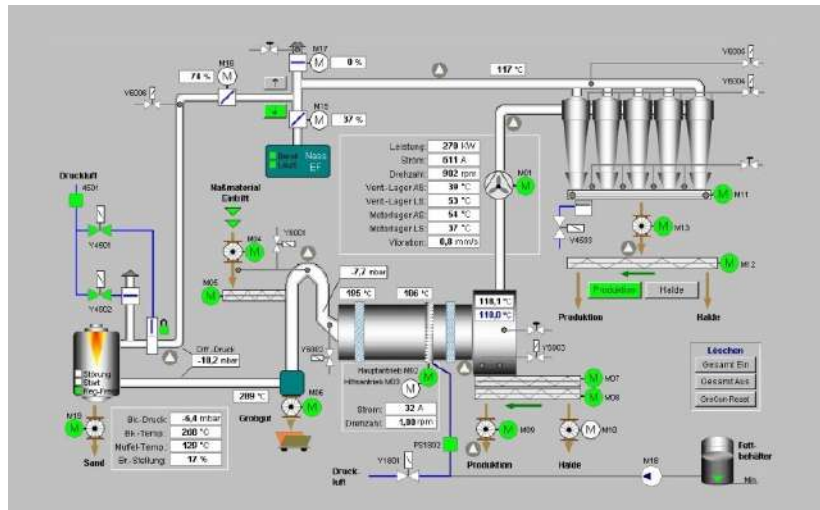


Figura 3. Diagrama SCADA. Fuente: Autores

IV-E. TIA PORTAL

TIA Portal, desarrollado por Siemens, se presenta como una plataforma avanzada de software para la automatización industrial. Diseñada con la integración en mente, esta plataforma ofrece una diversidad de herramientas y funciones esenciales que abarcan desde la concepción y el diseño hasta la implementación y operación de sistemas automatizados en la industria. Su enfoque exhaustivo y su capacidad de abordar diversas fases del ciclo de vida de la automatización la convierten en una solución integral para los desafíos de la industria moderna. [27]

Esta plataforma se ha destacado por su versatilidad al proporcionar a los usuarios un entorno unificado que facilita la implementación y supervisión de sistemas automatizados, permitiendo una mayor eficiencia y precisión en los procesos industriales. Además, la continua evolución y mejora de TIA Portal aseguran que permanezca a la vanguardia de las tecnologías emergentes en el ámbito de la automatización. [16]

TIA Portal desempeña un papel fundamental en una variedad extensa de aplicaciones industriales. En el ámbito de la fabricación, se emplea para la supervisión y el control de procesos diversos, que abarcan desde la producción de vehículos hasta la fabricación de alimentos y productos químicos. En el sector de la automatización de edificios, TIA Portal se utiliza para supervisar y regular sistemas cruciales como la iluminación, calefacción y aire acondicionado en estructuras arquitectónicas. Asimismo, en el control de procesos industriales, TIA Portal se implementa para supervisar operaciones esenciales, como la generación de energía o la distribución de agua. [25]

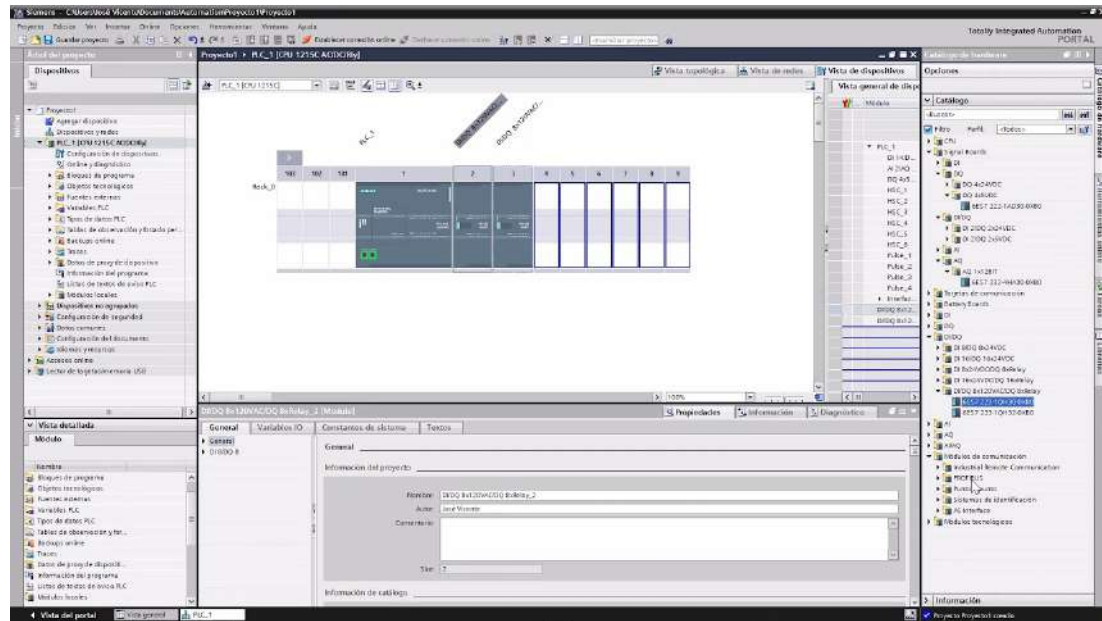


Figura 4. Programación con TIA PORTAL. Fuente: Autores

IV-F. Diseño CAD

El software CAD desempeña un papel crucial al permitir la creación de modelos tanto en 2D como en 3D para objetos. Mientras que los modelos 2D son empleados en la elaboración de planos y dibujos detallados, los modelos 3D son esenciales para la creación de prototipos virtuales, análisis, simulaciones y la fabricación de productos. Esta herramienta resulta indispensable para diseñadores e ingenieros, brindando a los diseñadores la capacidad de generar diseños más precisos y eficientes, y permitiendo a los ingenieros realizar análisis y simulaciones para garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento de los diseños. [28]

Como uno de los programas fundamentales en la tecnología informática, las herramientas de diseño asistido por computadora (CAD) permiten la integración de datos del sitio del proyecto con el software de computadora para la creación eficiente de dibujos. Este enfoque ofrece diversas ventajas, como conveniencia y rapidez, y encuentra aplicaciones en una amplia variedad de contextos. La aplicación de la tecnología CAD en el diseño de decoración estructural es crucial, asegurando eficiencia y precisión. Este enfoque impulsa el desarrollo tecnológico en este campo, estableciendo bases sólidas para futuras construcciones. [13]

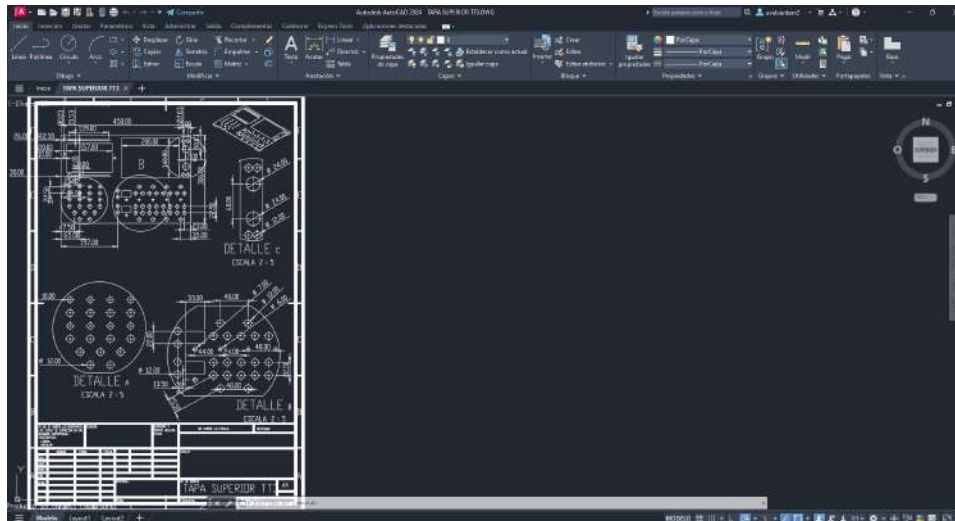


Figura 5. Diseño y acotado del proyecto CAD. Fuente: Autores

IV-G. Software de diseño Solidworks

SolidWorks se convierte en una herramienta indispensable tanto para diseñadores como ingenieros. Facilita a los diseñadores la creación de diseños más precisos y eficientes, al tiempo que habilita a los ingenieros para llevar a cabo análisis y simulaciones, asegurando la seguridad y el correcto funcionamiento de los diseños. La aplicación de SolidWorks puede ser beneficiosa para los fabricantes al acortar los tiempos de diseño y fabricación, elevar la calidad del producto y disminuir los costos. [6]

CAD 3D SolidWorks, con su poderosa funcionalidad API, puede considerarse como una herramienta de simulación universal y altamente eficiente relevante para una amplia gama de aplicaciones. Las capacidades avanzadas del sistema propuesto están asociadas con la implementación de una macro de SolidWorks escrita en VBA. Compuesta por varios procedimientos, como la selección de componentes móviles, el modelado geométrico y cinemático, la conexión a software de control de movimiento externo, la implementación del manejo de objetos, el desarrollo de una interfaz gráfica de usuario intuitiva, etc., la aplicación VBA avanzada sirve como un componente clave del sistema de simulación, facilitando su versátil funcionalidad. [3]

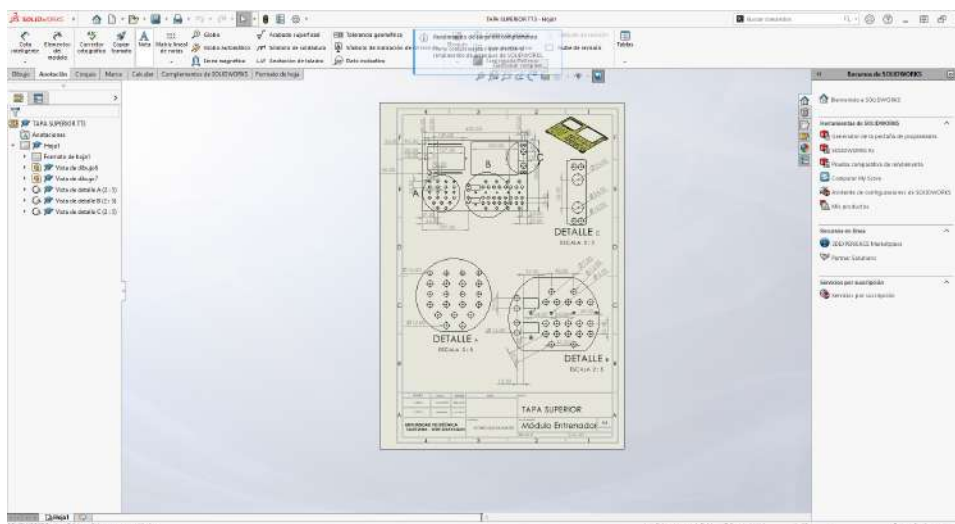


Figura 6. Diseño y acotado del proyecto. Fuente: Autores

IV-H. Instrucción TSEND_C

La instrucción TSEND_C despliega una funcionalidad integral al facilitar la transmisión de datos a través de Ethernet en entornos industriales y de automatización. Esta instrucción se destaca por fusionar las capacidades de tres instrucciones fundamentales: TCON, TDISCON y TSEND. [8]

Con TSEND_C, se inaugura un proceso fluido que engloba la apertura de una conexión TCP con un destino específico, la transmisión eficiente de datos y la clausura ordenada de la conexión una vez finalizada la transferencia. Esta integración de funciones simplifica y agiliza significativamente el flujo de datos en sistemas donde la comunicación por Ethernet es esencial.

La instrucción se ejecuta de manera asincrónica y realiza las siguientes funciones en orden consecutivo:

- Configura y inicia la conexión de comunicación al detectar un cambio ascendente en el parámetro REQ. Una vez que la conexión se establece, la unidad central de procesamiento (CPU) la mantiene y monitorea automáticamente. La descripción de cómo se configura el enlace se encuentra en el parámetro CONNECT.
- La transferencia de datos ocurre tras la detección de un cambio ascendente en el parámetro REQ, una vez completada la configuración. Los datos a transmitir están definidos en el parámetro DATA.
- La conexión se termina cuando la transmisión de los datos finaliza o cuando el parámetro CONT es igual a "0"; en caso contrario, la conexión permanecerá activa.

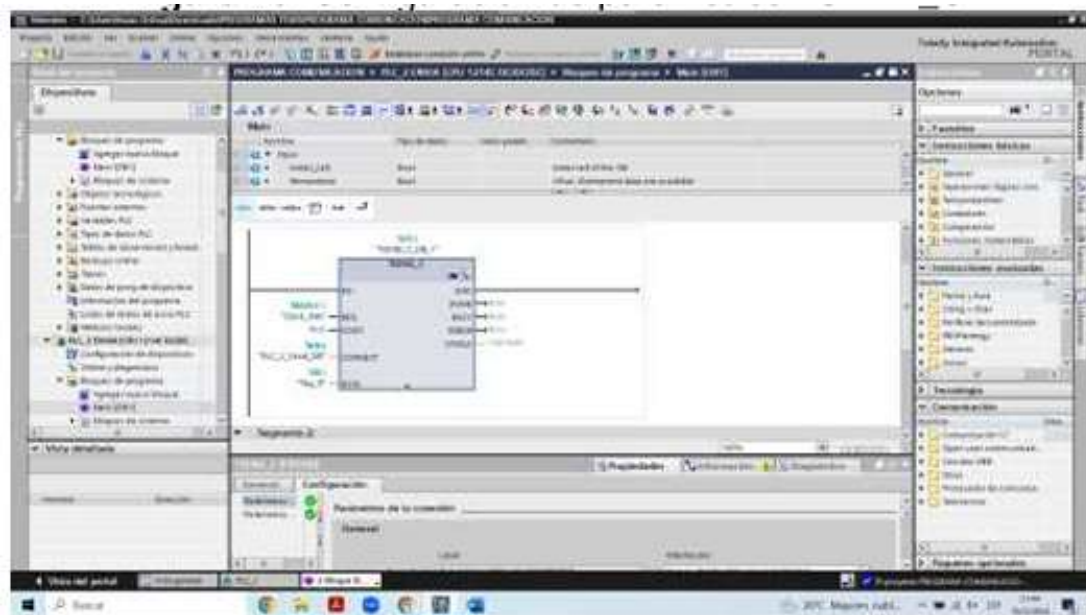


Figura 7. Configuración de parámetros de instrucción TSEND_C. Fuente: Autores

IV-I. Instrucción TRCV_C

Este comando asume la responsabilidad de adquirir datos a través de la red Ethernet, unificando las funcionalidades de las instrucciones TCON, TDISCON y TRCV. TRCV_C se encarga de establecer una conexión TCP con un interlocutor definido, permitiendo la recepción de datos de manera eficiente y segura. Posteriormente, tras finalizar la recepción de los datos, procede a clausurar la conexión, garantizando un cierre ordenado del canal de comunicación. Esta instrucción resulta vital en entornos de comunicación industrial, donde la interoperabilidad y la fiabilidad son de suma importancia, al facilitar la recepción de datos en tiempo real a través de la infraestructura de red Ethernet. [24]

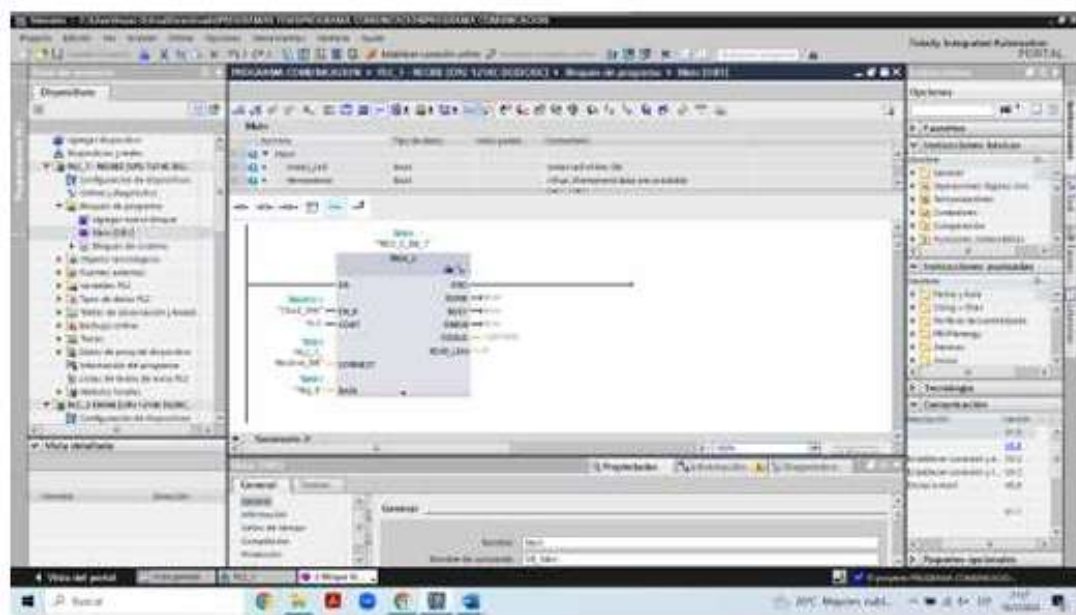


Figura 8. Configuración de parámetros de instrucción TRCV_C. Fuente: Autores

IV-J. Redes de comunicación industrial

Las redes de comunicación industrial permiten la transferencia de datos entre los diferentes niveles de la pirámide de automatización, las cuales pueden dividirse en redes de datos o información, que están ligadas a la parte superior de la pirámide, y las redes de control o buses de campo. La transmisión de datos entre los niveles de la pirámide de automatización se realiza mediante redes de comunicación, y su selección para ser instaladas en cada nivel depende del tipo, volumen y velocidad de transferencia de datos; el ambiente de trabajo; la interconectividad entre instrumentos industriales; la conexión de dispositivos de fabricación como robots y máquinas de control numérico; el manejo del tráfico de datos, entre otros factores. [17]

Actualmente, el bus de campo está reemplazando a las conexiones punto a punto, que son sistemas de control aislados y centralizados con un funcionamiento basado en bucles de corriente de 4 a 20 mA. La tecnología de bus de campo es la red de comunicación más sofisticada, ya que facilita el control distribuido entre dispositivos de campo y controladores.

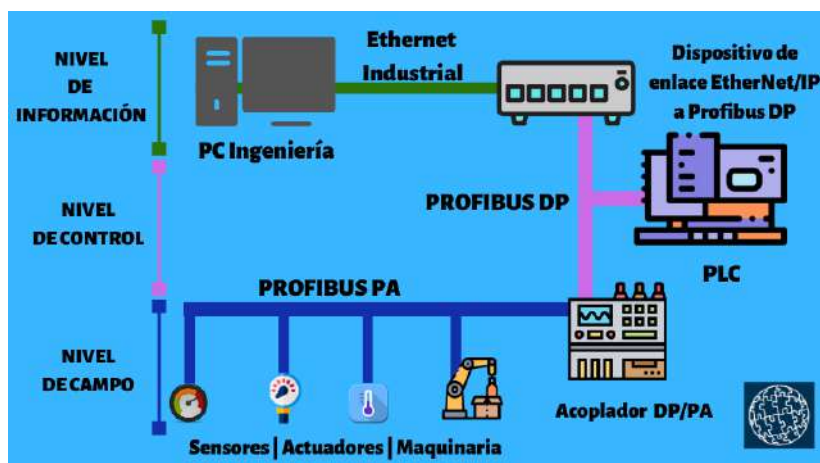


Figura 9. Redes de comunicación Industrial Posicionamiento. Fuente: Autores

IV-K. Protocolo PROFINET

PROFINET es un protocolo de comunicación industrial utilizado en sistemas de automatización y control. Se basa en la tecnología Ethernet estándar y está diseñado para permitir la comunicación en tiempo real entre dispositivos industriales, como PLCs (Controladores Lógicos Programables), HMI (Interfaces Hombre-Máquina), actuadores, sensores, y otros dispositivos de automatización. [7]

Este protocolo ofrece ventajas significativas, como una alta velocidad de transmisión de datos, baja latencia, y la capacidad de comunicación en tiempo real, lo que lo hace adecuado para aplicaciones industriales exigentes. Además, PROFINET es altamente flexible y escalable, lo que significa que puede adaptarse fácilmente a diferentes tipos de redes y requisitos de aplicaciones.

PROFINET se ha convertido en uno de los protocolos más utilizados en la industria debido a su confiabilidad, rendimiento y capacidad para integrarse con otros sistemas de automatización y control. Además, está respaldado por organizaciones internacionales como PROFIBUS & PROFINET International (PI), lo que garantiza su interoperabilidad y soporte continuo en el mercado industrial.

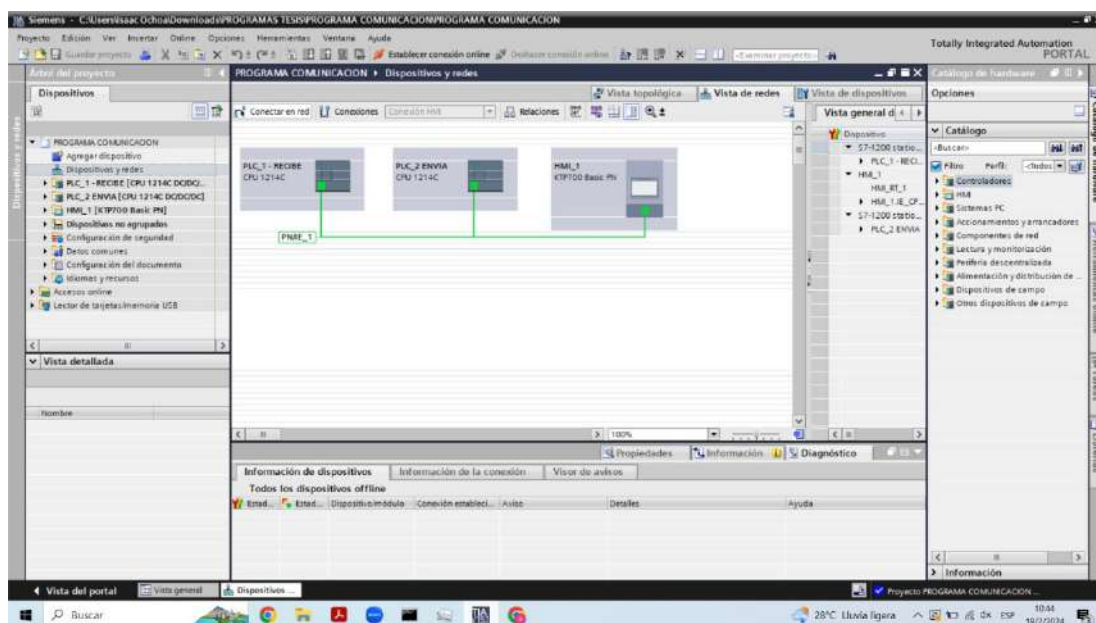


Figura 10. Comunicación Profinet industrial. Fuente: Autores

V. MARCO METODOLÓGICO

V-A. *Método Experimental*

El método experimental representa un enfoque científico empleado para explorar la conexión entre dos o más variables. En este método, el investigador manipula una variable independiente y evalúa el impacto de dicha manipulación en una variable dependiente. El proceso del método experimental consta de varias etapas: la formulación de una hipótesis, el diseño del experimento, la recolección de datos, el análisis de datos y la interpretación de resultados. Este método ofrece diversas ventajas, como la capacidad de establecer relaciones causales, su enfoque objetivo basado en observación y medición, y la posibilidad de replicar resultados. Sin embargo, presenta desventajas como el potencial costo y tiempo asociado, la dificultad para controlar todas las variables, y la posible implicación ética al manipular sujetos humanos. A pesar de sus limitaciones, el método experimental se aplica en diversas disciplinas como psicología, sociología, medicina y biología, destacándose como una herramienta valiosa para investigaciones científicas al permitir la comprobación de relaciones causales entre variables. [22]

V-B. *Formulación de la Hipótesis*

El uso del método experimental en este proyecto se justifica por su capacidad para evaluar la eficacia y el impacto del Banco de Pruebas Portátil en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Este método, una estrategia de investigación dentro del marco metodológico, se emplea para investigar las relaciones de causa y efecto entre variables. Según Fidias Arias, autor del libro ^[1] "Proyecto de Investigación" (2015), la investigación experimental implica someter a un objeto o grupo de individuos a condiciones, estímulos o tratamiento específicos (variable independiente) para observar los efectos o reacciones resultantes (variable dependiente). [1]

La manipulación controlada de variables, en este caso, las prácticas con el PLC, permitirá no solo medir el funcionamiento del proyecto, sino también identificar áreas de mejora y optimización del entorno experimental. La investigación de Solarte, Valdiero, Rasia y Dueñas (2020) argumenta que la creciente convergencia entre la informática industrial y la mecatrónica ha generado una demanda creciente de profesionales capaces de integrar eficientemente sistemas electrónicos y de control en entornos industriales. La Carrera de Mecatrónica, con su enfoque holístico en la integración de mecánica, electrónica y control, se encuentra a la vanguardia en la preparación de ingenieros para enfrentar estos desafíos. [2]

En este contexto, la investigación se enfoca en el diseño e implementación de un Banco de Pruebas Portátil destinado a fortalecer las prácticas de Control Lógico Programable (PLC) y Redes Industriales en la Carrera de Mecatrónica. La creación de un entorno experimental portátil y accesible busca potenciar el aprendizaje práctico de los estudiantes, permitiéndoles explorar y aplicar los conceptos teóricos aprendidos en el aula en escenarios realistas. Los autores Juste, Miró, Barrachina y Verdú (2023) señalan que el uso de simuladores fomenta que los estudiantes pongan en práctica de manera autónoma los conceptos teóricos en situaciones concretas, convirtiéndolos en acciones inmediatas. En consecuencia, este método resulta altamente eficaz para consolidar el conocimiento. [23]

A lo largo de este documento, se detallará el diseño experimental del banco de pruebas, con el objetivo de enriquecer no solo el proceso de aprendizaje en el ámbito de la mecatrónica, sino también contribuir al desarrollo de métodos pedagógicos efectivos y transferibles en el campo de la formación técnica e ingenieril. [9]

V-C. *Diseño Banco de Pruebas*

La presente investigación se enfoca en el diseño e implementación de un Banco de Pruebas Portátil destinado a fortalecer las prácticas de la materia de Control Lógico Programable (PLC) y Redes Industriales en la Carrera de Mecatrónica. El diseño del módulo didáctico se llevará a cabo utilizando el software SolidWorks, aprovechando sus capacidades avanzadas de modelado 3D y simulación para garantizar la eficiencia y funcionalidad del producto final. El enfoque principal será lograr un sistema modular y con un diseño intuitivo que promueva la automatización

y facilite la comprensión didáctica para los estudiantes.

V-C1. Material: El acero galvanizado es un tipo de acero recubierto con una capa de zinc para protegerlo de la corrosión. Esta capa de zinc proporciona una mayor resistencia a la oxidación, lo que lo hace adecuado para una variedad de aplicaciones, especialmente en entornos donde puede estar expuesto a condiciones corrosivas.

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2,00E+11	N/m ²
Coefficiente de Poisson	0.29	N/D
Módulo Cortante		N/m ²
Densidad de masa	7870	N/m ³
Límite de tracción	356900674.5	N/m ²
Límite de compresión		N/m ²
Límite de elástico	203943242.6	N/m ²
Coefficiente de expansión térmica		/k
Conductividad térmica		w/(m-K)
Calor específico		J/(kg-K)
Cociente de amortiguamiento del material		N/D

Figura 11. Tabla de propiedades del acero galvanizado. Fuente: Autores

V-C2. Prototipado: El prototipado es una etapa crucial en el proceso de desarrollo de un sistema mecatrónico. Permite evaluar la funcionalidad, el rendimiento y la viabilidad del diseño antes de la producción final. Este proceso implica la integración de componentes mecánicos, electrónicos y de software para crear un modelo físico del sistema.[11]

En el campo de la mecatrónica, el prototipado es esencial para el desarrollo de sistemas integrados que combinan componentes mecánicos, electrónicos y de software. Implica la creación y prueba de modelos que representan la funcionalidad y la interacción de estos componentes antes de la implementación final del sistema.

Autodesk, líder en soluciones de diseño y fabricación, ofrece varias herramientas de software ampliamente utilizadas en el campo de la mecatrónica para el diseño, simulación y prototipado. Plataformas como AutoCAD y Fusion 360 han revolucionado la forma en que los ingenieros abordan proyectos mecatrónicos al proporcionar entornos de diseño 2D y 3D intuitivos.

En la realización de este proyecto se empleó el programa SolidWorks 2023. La estructura concebida consta de diversas piezas, las cuales son:

- Tapa superior.
- Tapa lateral derecha.
- Tapa lateral izquierda.
- Tapa trasera 1.
- Tapa trasera 2.
- Tapa trasera 3.
- Tapa trasera 4.
- Tapa trasera 5.

V-C3. Tapa superior: El componente está fabricado con material galvanizado y cuenta con un acabado brillante. Sus elementos incluyen un PLC S7-1200, una pantalla HMI de 7 pulgadas, un botón de parada de emergencia, un selector de tres posiciones, ocho indicadores LED rojos de 24V, cuarenta y uno conectores hembra entre rojo y negro (entradas y salidas), cuatro pulsadores verdes de 24V, cuatro switch indicador ojo de cangrejo 24v, dos pantallas indicadoras de voltaje y dos potenciómetros de 24V.

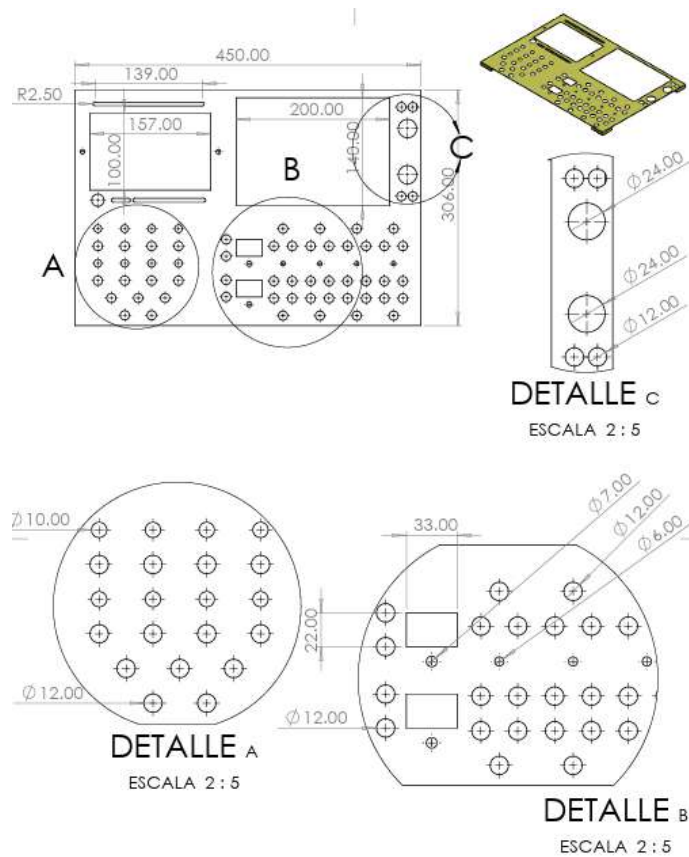


Figura 12. Tapa superior. Fuente: Autores

V-C4. *Tapa lateral derecha e izquierda:* El componente se construye utilizando material galvanizado, lo que garantiza su durabilidad y resistencia ante condiciones adversas. Destacando en su diseño, posee una manija empotrada a medida fabricada en aluminio, la cual proporciona un agarre firme y ergonómico. Esta manija se fija mediante dos tuercas internas, asegurando así su estabilidad y funcionalidad en el conjunto de la pieza.

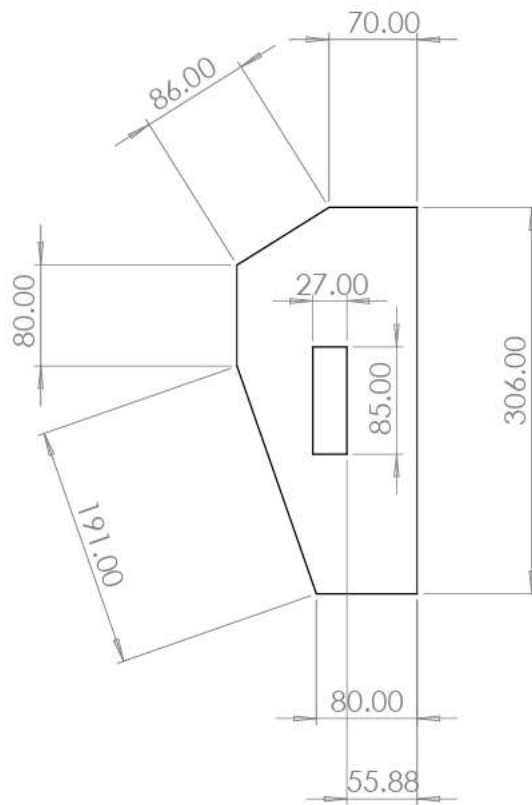


Figura 13. Tapa lateral derecha e izquierda. Fuente: Autores

V-C5. *Tapa Trasera 1:* El componente se construye utilizando material galvanizado, lo que garantiza su durabilidad y resistencia ante condiciones adversas. Cuenta con una placa informativa que incluye detalles sobre el tema, el tesista, el tutor y el año correspondiente.

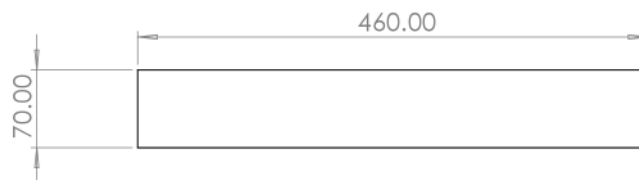


Figura 14. Tapa trasera 1. Fuente: Autores

V-C6. *Tapa Trasera 2:* El componente se construye utilizando material galvanizado, lo que garantiza su durabilidad y resistencia ante condiciones adversas. Se incluye un ventilador de dimensiones 6x6 alimentado a 24V, un conector hembra para el interruptor de encendido ON/OFF, un conector hembra para la entrada de voltaje de 110V, un conector M23 RJ45 y un conector hembra empotrado de 24 pines.

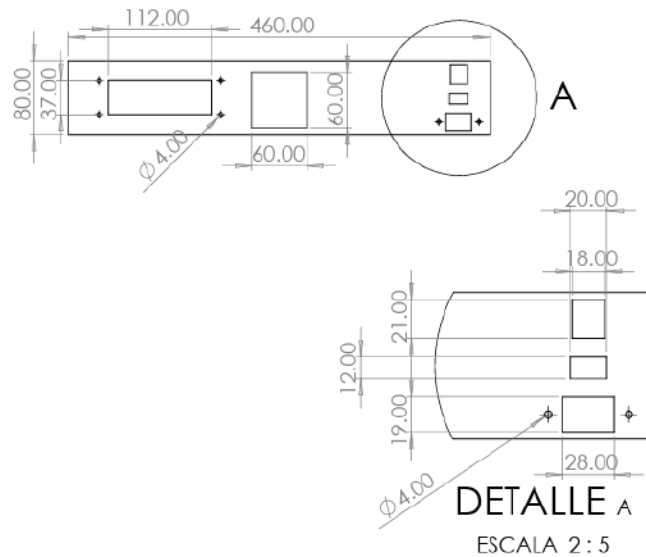


Figura 15. Tapa trasera 2. Fuente: Autores

V-C7. *Tapa Trasera 3*: El componente se construye utilizando material galvanizado, lo que garantiza su durabilidad y resistencia ante condiciones adversas. No cuenta con componentes electrónicos ni eléctricos.



Figura 16. Tapa trasera 3. Fuente: Autores

V-C8. *Tapa Trasera 4*: El componente se construye utilizando material galvanizado, lo que garantiza su durabilidad y resistencia ante condiciones adversas. No cuenta con componentes electrónicos ni eléctricos.



Figura 17. Tapa trasera 4. Fuente: Autores

V-C9. *Tapa Trasera 5*: El componente se construye utilizando material galvanizado, lo que garantiza su durabilidad y resistencia ante condiciones adversas. No cuenta con componentes electrónicos ni eléctricos.

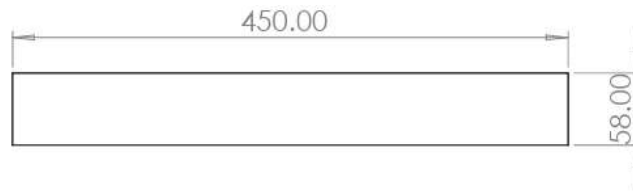


Figura 18. Tapa trasera 5. Fuente: Autores

El diseño se divide en tapas o piezas que luego se ensamblan con los componentes eléctricos o electrónicos para simular su funcionamiento con dimensiones y medidas reales, permitiendo dimensionar los espacios dentro del módulo entrenador.

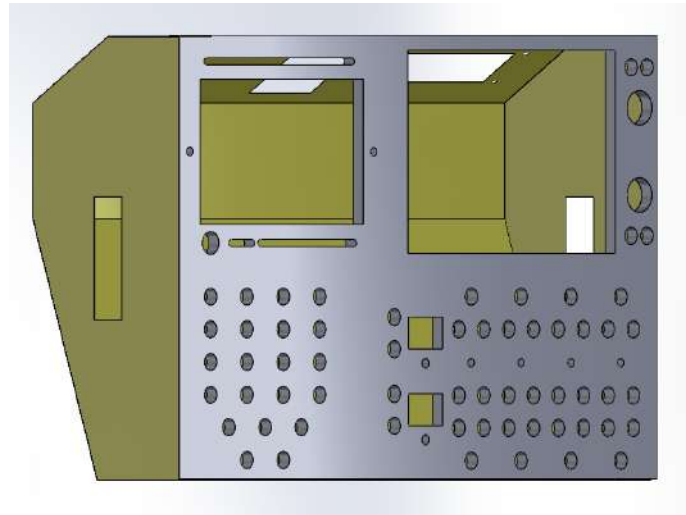


Figura 19. Prototipo entrenador. Fuente: Autores

V-D. Sistema Bypass

Un sistema de bypass en ingeniería eléctrica o electrónica es un conjunto de componentes que se emplea para desviar temporalmente el flujo eléctrico alrededor de un componente defectuoso o durante el mantenimiento de un sistema en funcionamiento. Por ejemplo, en un sistema de energía ininterrumpida (UPS), el sistema de bypass permite alimentar la carga directamente desde la fuente principal de energía en caso de fallo o mantenimiento. Esto garantiza la continuidad del suministro eléctrico mientras se realizan reparaciones o mantenimiento.

Las funciones primordiales de un sistema de bypass eléctrico son las siguientes:

- **Mantenimiento y reparación:** Posibilita la desviación de la corriente eléctrica alrededor de equipos o sistemas que requieren mantenimiento o reparación, asegurando el suministro eléctrico continuo durante estas actividades.
- **Protección y redundancia:** Proporciona una ruta de desvío para mantener el flujo eléctrico ininterrumpido en caso de fallos o sobrecargas en el equipo principal, protegiendo los dispositivos críticos y preservando la disponibilidad del sistema.
- **Aislamiento de equipos defectuosos:** Facilita el aislamiento de equipos o componentes defectuosos sin interrumpir la alimentación eléctrica de otros dispositivos conectados al sistema.

- **Pruebas y diagnóstico:** Permite realizar pruebas y diagnósticos en equipos o sistemas de manera segura sin interrumpir la operación normal, lo que posibilita mediciones y evaluaciones sin interrupciones en el suministro eléctrico.

El sistema de derivación del módulo de entrenamiento del PLC se maneja a través de un selector de tres posiciones. Cuando se coloca en la posición 1, que corresponde al modo de entrenamiento, la alimentación eléctrica del sistema se realiza mediante una entrada de 110 V, lo que proporciona una mayor flexibilidad al conectar el equipo.

Esta entrada eléctrica de 110 V activará una fuente de alimentación Siemens de 24 V, junto con otra de 24 V de corriente continua (DC), las cuales se encargarán de alimentar todo el sistema de control, incluyendo el PLC, la pantalla HMI y el módulo de ampliación de entradas y salidas analógicas, entre otros dispositivos. La fuente de 24 V de corriente continua también proporcionará energía al sistema de medición de voltaje (Voltímetro) y a la salida de 24 V. Además, el sistema cuenta con relés de protección que facilitan la entrada y salida de las señales eléctricas a los diversos componentes del proyecto.

En caso contrario, si seleccionamos el modo Bypass, este prototipo activará la comunicación industrial vía Profinet, al mismo tiempo que alimentará el conector HDC-HE 16A 24V. Este conector es un tipo de conector eléctrico utilizado en aplicaciones industriales y de automatización. Su función principal es proporcionar una conexión segura y confiable para la transmisión de energía eléctrica y señales entre diferentes dispositivos o componentes dentro de un sistema.



Figura 20. Entrenador-Bypass. Fuente: Autores

VI. MANUAL DE USUARIO

El módulo de entrenamiento es un dispositivo especialmente diseñado para llevar a cabo prácticas de laboratorio, con el fin de supervisar y controlar una planta de forma remota mediante un bypass.

La estructura metálica del módulo está fabricada con chapa metálica resistente a la corrosión, soldada de manera precisa, pulida y recubierta con dos capas de pintura. La primera capa, a base de pintura en polvo, se seca mediante un proceso en horno, mientras que la segunda capa es de esmalte, lo que asegura una vida útil prolongada.

El cable de señal o bypass se activa mediante una doble conexión en los extremos, permitiendo así la conexión del sistema y la comunicación industrial a través de Profinet.

VI-A. Especificaciones técnicas

- Tamaño: 46 largo x 31.5 ancho x 36 profundidad.
- Capacidad de conexión: Una planta.
- Voltaje de operación: 110V.
- Tiempo de conexión: 1-3 minutos.
- Controles: Pantalla HMI 7 pulg, Panel de control de botoneras, Selector de posiciones, PLC S7-1200.

VI-B. Partes del módulo

- PLC S7-1200.
- Pantalla HMI de 7 pulgadas.
- Fuente Siemens 24V.
- Leds 24V.
- Pulsadores rojos.
- Switch indicadores ojo de cangrejo 24V.
- Conector embra tipo banana.
- Switch de red de 8 puertos.
- Potenciometro de 5k.
- Voltimetro digital.
- Selector de 3 posiciones.
- Boton Stop.
- Conector HDC-HE 16A 24V.
- Fuente Conmutada 24V 10A - AC110-220V 50/60Hz.

VI-C. Inicio a través de conexión bypass o fuente de alimentación

VI-C1. PASO 1: Preparación:

Antes de iniciar el arranque del módulo de entrenamiento, es esencial realizar una inspección para asegurarse de que todos los componentes estén correctamente posicionados. Además, se debe verificar que la fuente de alimentación eléctrica proporcione una tensión de 110V, lo cual es crucial para un funcionamiento adecuado del sistema. Esta verificación inicial garantiza un arranque sin problemas y contribuye a la integridad y durabilidad de los componentes electrónicos del módulo.



Figura 21. Tablero planta 3 tanques. Fuente: Autores.

VI-C2. PASO 2: Chequeo de niveles de planta de 3 tanques:

Es crucial verificar los niveles de agua en los tanques para evitar fallos en los sensores y asegurar un funcionamiento ininterrumpido del sistema.



Figura 22. Niveles de tanques. Fuente: Autores.

VI-C3. PASO 3: Configuración y conexión:

Colocar el selector en la posición “Entrenador” y garantizar una conexión precisa del cable Ethernet en ambos extremos, tanto en el módulo de entrenamiento como en el panel principal de la planta de tres tanques. Es crucial confirmar que la conexión sea sólida y segura, asegurándose de que todos los contactos estén debidamente establecidos para garantizar una transmisión óptima y fiable de la señal.

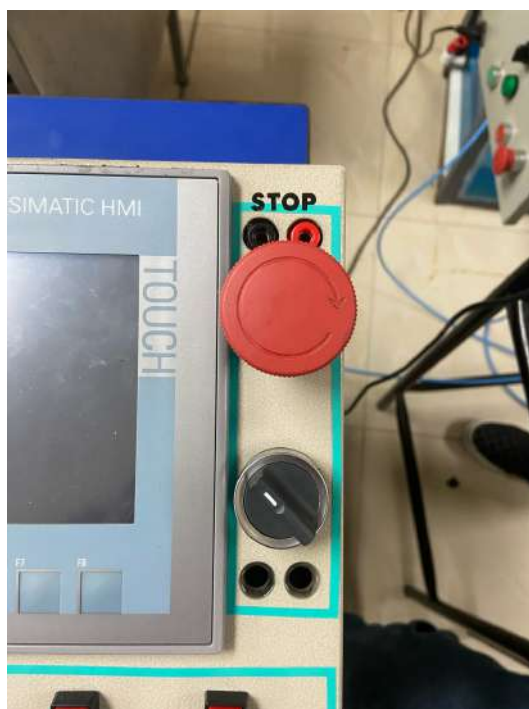


Figura 23. Configuración y conexión A. Fuente: Autores.

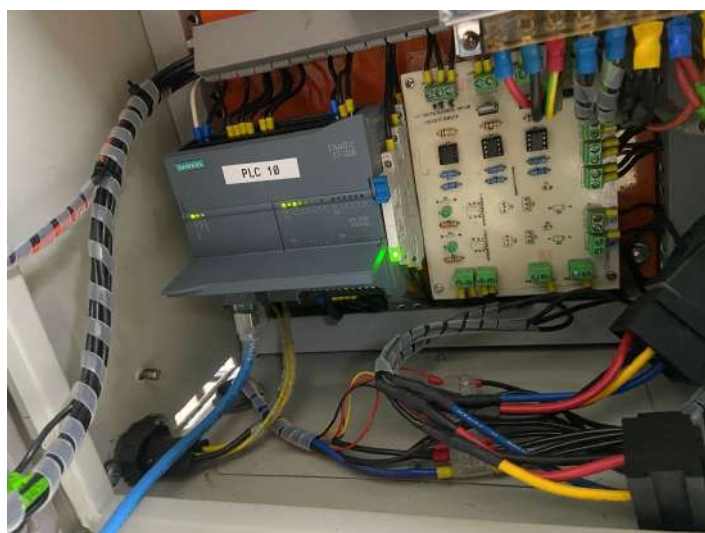


Figura 24. Configuración y conexión B. Fuente: Autores.



Figura 25. Configuración y conexión C. Fuente: Autores.

VI-C4. PASO 4: Encendido:

Una vez verificados los pasos anteriores, continúe con la conexión segura de la alimentación del tablero de la planta de tres tanques. Encienda los interruptores de alimentación con cuidado. Es esencial llevar a cabo esta operación con precaución para prevenir posibles riesgos eléctricos y asegurar el funcionamiento correcto de los sistemas.



Figura 26. Encendido. Fuente: Autores.

VI-C5. PASO 5: Inicio:

Una vez confirmado que ambos tableros están alimentados y conectados, proceda a iniciar el proceso de recolección de datos de los niveles de los tres tanques. Es fundamental seguir los procedimientos establecidos y asegurarse de que todos los equipos estén operando correctamente antes de iniciar el proceso de medición. Esto garantizará la precisión y fiabilidad de los datos recopilados para su posterior análisis y gestión eficaz del sistema.

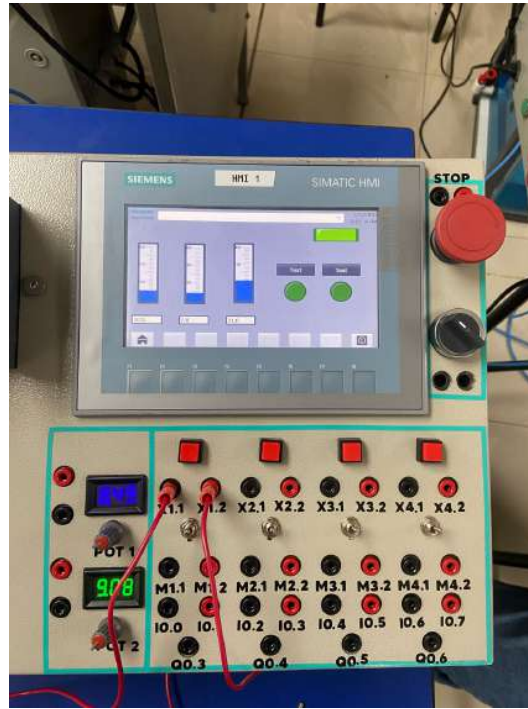


Figura 27. Inicio. Fuente: Autores.

VI-C6. PASO 5: Finalización:

Una vez recopilados los valores, proceda a drenar el agua de los tanques con cuidado. Es importante realizar esta tarea de manera meticulosa para evitar cualquier derrame o daño en el equipo.

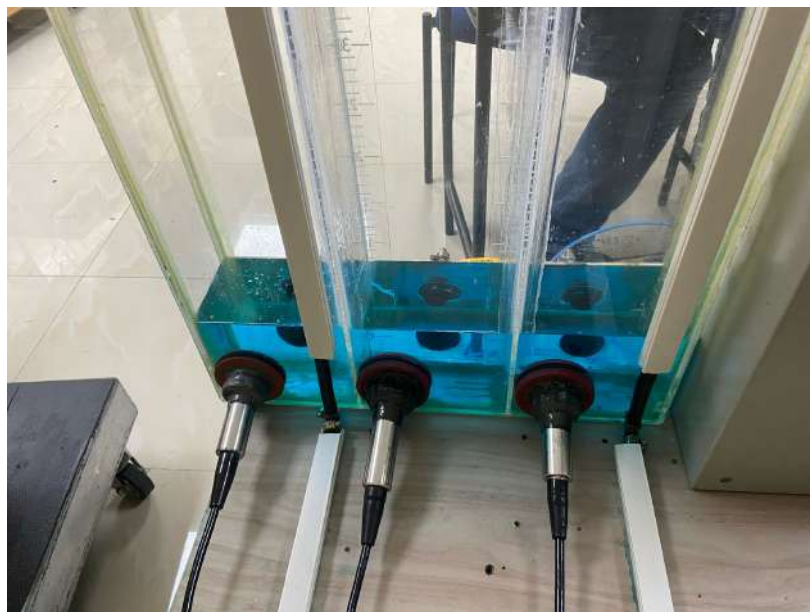


Figura 28. Finalización. Fuente: Autores.

VI-D. Precauciones de seguridad

- Antes de iniciar el arranque del módulo de entrenamiento, asegúrese de verificar que la fuente de alimentación eléctrica proporcione una tensión de 110V. Evite utilizar fuentes de alimentación defectuosas que puedan causar daños en el sistema eléctrico.
- Al colocar el selector en la posición “BYPASS” y conectar el cable Ethernet, asegúrese de que la conexión sea sólida y segura en ambos extremos, así como el conector industrial HDC-HE 16A 24V, para garantizar una conexión adecuada. Evite conexiones sueltas o mal ajustadas que puedan causar interrupciones en la transmisión de la señal y posibles fallos en el sistema.
- Durante el proceso de encendido, tenga precaución al manipular los interruptores de alimentación del tablero de la planta de tres tanques. Evite el contacto con partes eléctricas expuestas y asegúrese de seguir los procedimientos de seguridad recomendados para prevenir descargas eléctricas.
- Al finalizar el proceso y proceder al drenaje del agua de los tanques, realice esta tarea con cuidado y atención para evitar derrames o daños en el equipo. Utilice equipos de drenaje adecuados y siga los procedimientos establecidos para garantizar una operación segura y eficiente.
- Durante cualquier procedimiento que involucre la manipulación de equipos eléctricos, como encender los interruptores de alimentación, asegúrese de seguir las prácticas de seguridad adecuadas. Evite tocar partes eléctricas expuestas con las manos desprotegidas y asegúrese de estar familiarizado con los procedimientos de seguridad establecidos para prevenir lesiones por descargas eléctricas.

VI-E. Recomendaciones de uso

- Antes de comenzar, asegúrese de tener un plan claro. Consulte guías de prácticas o manuales de usuario para obtener instrucciones detalladas.
- Antes de iniciar, asegúrese de que todos los componentes estén en buen estado. Los manuales de usuario pueden proporcionar información útil sobre inspecciones.
- Establezca un programa de mantenimiento. Utilice los manuales de usuario para seguir las pautas específicas.
- Mantenga registros detallados de las operaciones realizadas. Los manuales de usuario pueden proporcionar plantillas útiles.
- Asegúrese de que todo el personal esté bien capacitado. Utilice guías de prácticas y manuales de usuario como recursos de capacitación.

VII. CRONOGRAMA

Tabla I
DESARROLLO CRONOGRAMA ACTIVIDADES

Actividades	Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Propuesta Trabajo de titulación																				
Problema del Proyecto																				
Investigación de componentes PLC y HMI																				
Desarrollo del Marco Teórico																				
Desarrollo del la Metodología																				
Elaboración del diseño CAD del módulo																				
Prototipo preliminar del Modulo Didáctico																				
Compra de materiales para el armado del Módulo																				
Prototipo final del Módulo																				
Exposición y defensa																				

VIII. PRESUPUESTO

Tabla II
PRESUPUESTO PARA IMPLMENTACIÓN DEL PROYECTO. FUENTE: AUTORES.

MATERIALES PARA EL MÓDULO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	
Agarradera decorativa p/empotrar 96mm	UND	2	\$ 2,50	\$ 5,00
Amarras plásticas	UND	1	\$ 1,34	\$ 1,34
Baquelita 10x10 perforada verde IMP	UND	1	\$ 1,65	\$ 1,65
Baquelita 6.3x8.3 perforada	UND	1	\$ 0,54	\$ 0,54
Base/rele capsulado 8 pines	UND	7	\$ 1,38	\$ 9,66
Bornera 2P	UND	6	\$ 0,30	\$ 1,80
Broca M 360610	UND	1	\$ 0,69	\$ 0,69
Broca M 360792	UND	1	\$ 0,50	\$ 0,50
Cinta aislante 3M grande 3/4X 20YD	UND	1	\$ 1,90	\$ 1,90
Condensador ceramico 0.1PF - 50V	UND	2	\$ 0,03	\$ 0,06
Condensador ceramico 0.3PF - 50V	UND	2	\$ 0,10	\$ 0,20
Conector hembra empotrado 24P 16A	UND	1	\$ 39,95	\$ 39,95
Conector macho 24P 16A	UND	1	\$ 32,55	\$ 32,55
Control simple 3 pines 10K	UND	2	\$ 0,33	\$ 0,66
Estaño 1.0MM 63/37 metro	Metro	2	\$ 0,75	\$ 1,50
FFB0624 EHE-DEL	UND	1	\$ 12,00	\$ 12,00
Filtro 100 MF - 63V	UND	2	\$ 0,15	\$ 0,30
Filtro 105 MF - 63V	UND	2	\$ 0,05	\$ 0,09
Foco piloto grande BO-586RD	UND	8	\$ 0,90	\$ 7,20
FUENTE SITOP PSU200	UND	1	\$ -	\$ -
Fuente switchada	UND	1	\$ 15,30	\$ 15,30
HMI KTP700	UND	1	\$ -	\$ -
LM2596 DC-DC MO	UND	2	\$ 2,20	\$ 4,40
LM317T serie GK1GQ V6	UND	4	\$ 0,75	\$ 3,00
Modulo de entradas analógicas	UND	1	\$ -	\$ -
Módulo de salidas analógicas	UND	1	\$ -	\$ -
Para de emergencia presionando boton 40 mm rojoNC	UND	1	\$ 5,58	\$ 5,58
Pegamento industrial	UND	1	\$ 5,60	\$ 5,60
Perilla Moderna N6mm rojo	UND	2	\$ 0,14	\$ 0,28
Perno Allen cable 1/4x2"	UND	4	\$ 0,23	\$ 0,90
PLC S7-1200	UND	1	\$ -	\$ -
Potenciometro 10K 3PIN 15MM IMP	UND	4	\$ 0,35	\$ 1,40
Potenciometro 5K	UND	2	\$ 0,45	\$ 0,90

Tabla III
PRESUPUESTO PARA IMPLMENTACIÓN DEL PROYECTO. FUENTE: AUTORES

MATERIALES PARA EL MÓDULO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	
Pulsador cuadrado R	UND	4	\$ 0,50	\$ 2,00
Relé capsulado 8 pines	UND	7	\$ 4,22	\$ 29,54
Resistencia 270OHM-1/2W	UND	3	\$ 0,05	\$ 0,15
Rollo cable corriente flexible #18 AWG	Metro	100	\$ 0,30	\$ 30,00
Selector 3 posiciones 2NA corto XA2ED33	UND	1	\$ 5,58	\$ 5,58
Sticker de detalle	UND	1	\$ 5,89	\$ 5,89
Switch de sobremesa con 5 puertos a 10/100 Mbps	UND	1	\$ 13,75	\$ 13,75
Switch mediano rojo abierto	UND	4	\$ 0,35	\$ 1,40
Switch ojo cangrejo palanca ON/OFF 2PIN IMP	UND	4	\$ 0,44	\$ 1,76
Switch rock GR ON/OFF 4PIN C/NEON IMP	UND	1	\$ 0,50	\$ 0,50
Tablero o módulo electrico	UND	1	\$ 265,00	\$ 265,00
Terminales	UND	160	\$ 0,05	\$ 8,00
Tomacorriente	UND	1	\$ 0,90	\$ 0,90
Tornillo Inoxidable 4x15	UND	4	\$ 0,08	\$ 0,30
Tuerca hex inox A2-70 M4 x 0.70	UND	4	\$ 0,09	\$ 0,34
Voltmetro 3 DIG	UND	2	\$ 2,11	\$ 4,22
TOTAL				\$ 524,30

IX. CONCLUSIONES

En conclusión, el desarrollo del módulo educativo de automatización industrial ha sido un proceso enriquecedor que ha permitido desarrollar de manera efectiva los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos a lo largo de nuestra vida universitaria. A través de una cuidadosa investigación, diseño, implementación y evaluación, hemos logrado crear un recurso educativo integral que proporciona a los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil las herramientas necesarias para adquirir conocimientos teóricos sólidos y habilidades prácticas en el diseño, programación y control de sistemas automatizados.

El módulo educativo se ha diseñado pensando en la relevancia y las demandas del mercado laboral actual, donde la automatización industrial juega un papel fundamental en la optimización de procesos y la mejora de la eficiencia en diversas industrias. Al ofrecer a los estudiantes la oportunidad de trabajar en un entorno de laboratorio simulado, estamos preparándolos para enfrentar los desafíos del mundo real con confianza y competencia.

Se destaca por sus características innovadoras, como configuración modular y escalable permitiendo a los estudiantes experimentar con una amplia variedad de escenarios industriales, desde aplicaciones simples hasta procesos complejos. Además, el módulo ofrece documentación detallada, manuales de usuario y guías de laboratorio para apoyar el proceso de aprendizaje, incluyen:

- Llenado Automático de un tanque Simulado en HMI PLC S7-1200.
- Comunicación industrial por protocolo Profinet entre dos PLC S7- 1200: Lectura de marcas y activación de salidas.

Durante el proceso de desarrollo, hemos recibido valiosas retroalimentaciones de compañeros y profesores, lo que nos ha permitido realizar ajustes y mejoras en el módulo educativo. Esta colaboración y compromiso con la excelencia académica son fundamentales para garantizar que nuestro trabajo tenga un impacto positivo y duradero en la formación de futuros profesionales en el campo de la automatización industrial.

En última instancia, el objetivo común es equipar a los estudiantes con las habilidades y el conocimiento necesarios para ser líderes en el campo de la automatización industrial, contribuyendo así al desarrollo económico y tecnológico de nuestra sociedad. Con este proyecto, estamos contribuyendo para una educación de calidad y una inserción exitosa en el mercado laboral, brindando a los estudiantes las herramientas para alcanzar su máximo potencial y convertirse en agentes de cambio en el mundo de la ingeniería y la tecnología.

X. RECOMENDACIONES

- Selección del modo: Es crucial elegir el modo adecuado del módulo, teniendo en cuenta que el modo entrenador habilita las entradas y salidas físicas del tablero, mientras que el modo bypass activa las entradas y salidas del socket de 24 pines.
- Protocolos de comunicación: El modulo está equipado internamente con un switch no administrable de 5 puertos para facilitar la comunicación con otros equipos industriales.
- Formación del personal docente: Brinda formación y apoyo continuo al personal docente que impartirá el módulo educativo para garantizar su familiaridad y competencia con las tecnologías y metodologías utilizadas.
- Actualizar regularmente el contenido del módulo: La automatización industrial es un campo en constante evolución, por lo que es importante mantener actualizado el contenido del módulo para reflejar los avances tecnológicos de la industria. Considerando la posibilidad de incorporar nuevas prácticas de laboratorio, ejemplos de casos reales y estudios de casos relevantes.

XI. ANEXOS

XI-A. Planos del prototipo

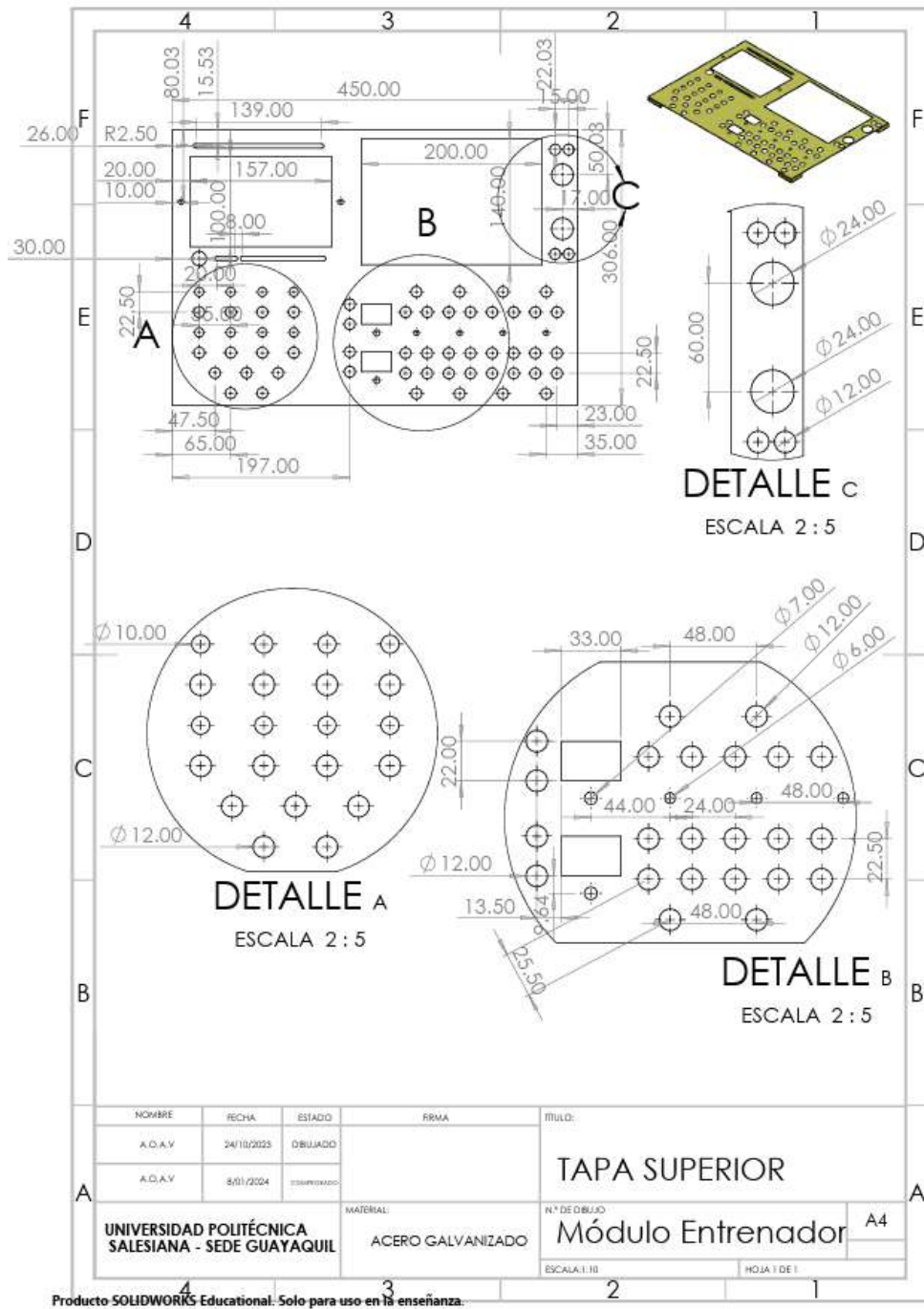
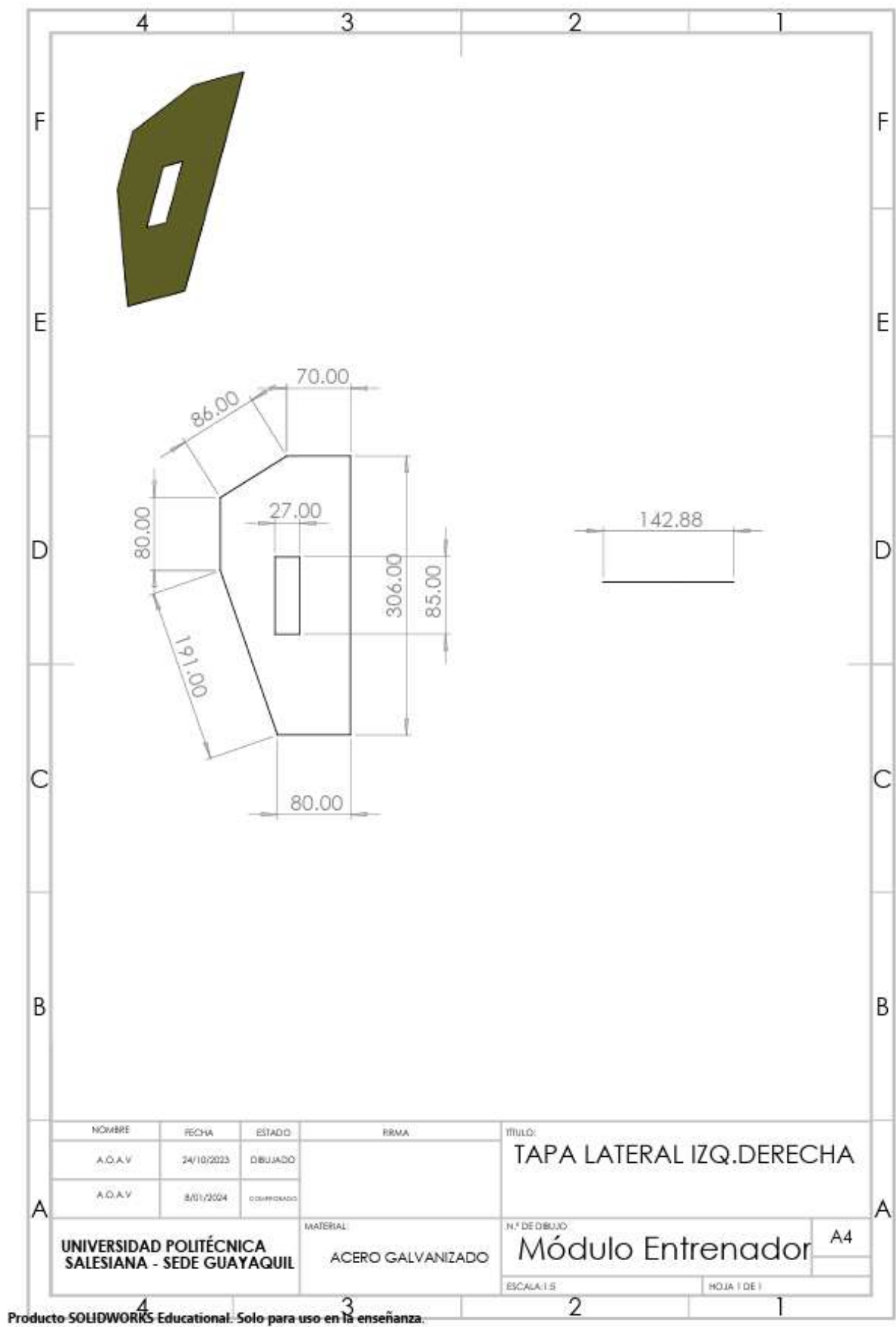
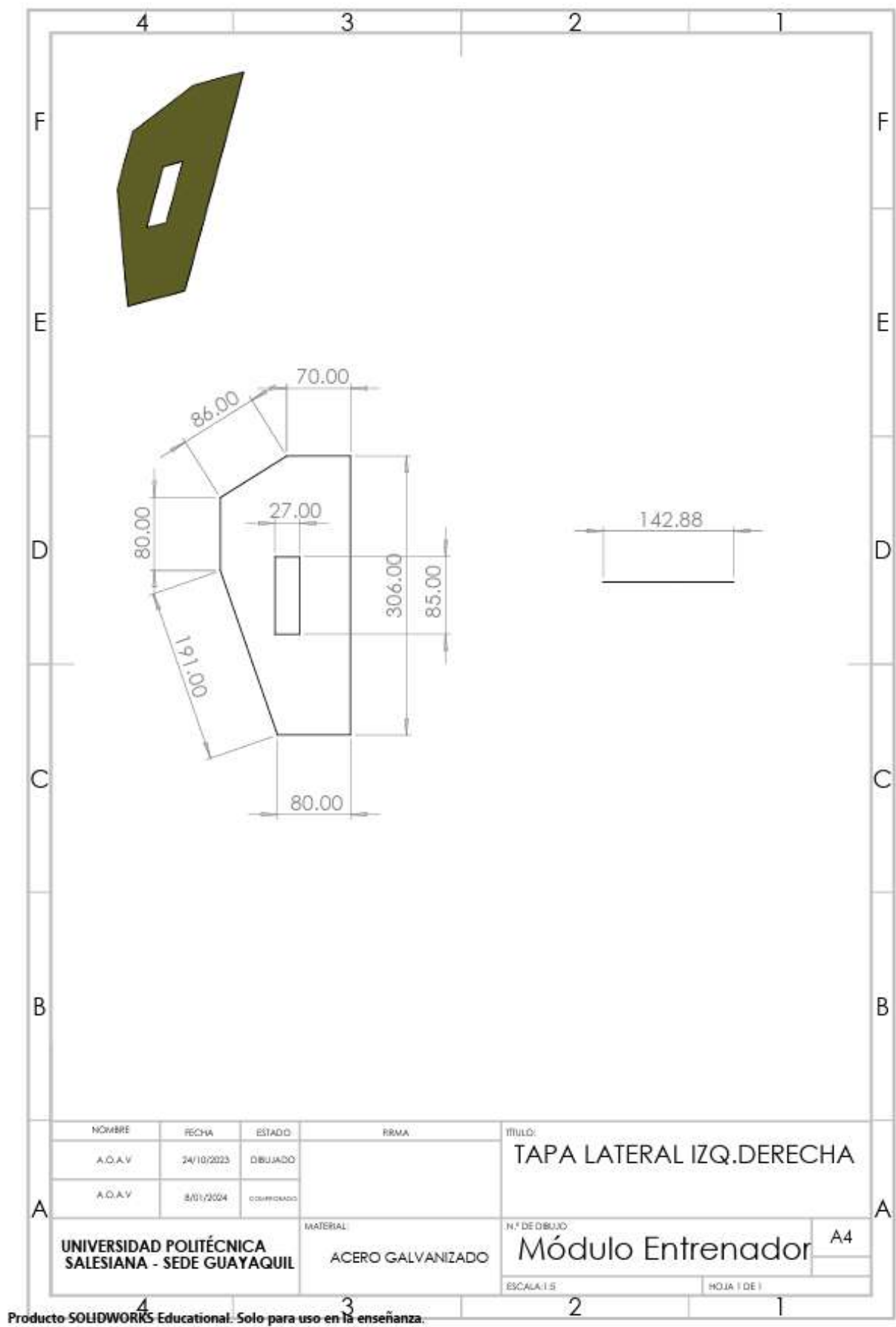


Figura 29. Tapa superior. Fuente: Autores



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 30. Tapas laterales. Fuente: Autores



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 31. Tapas laterales. Fuente: Autores

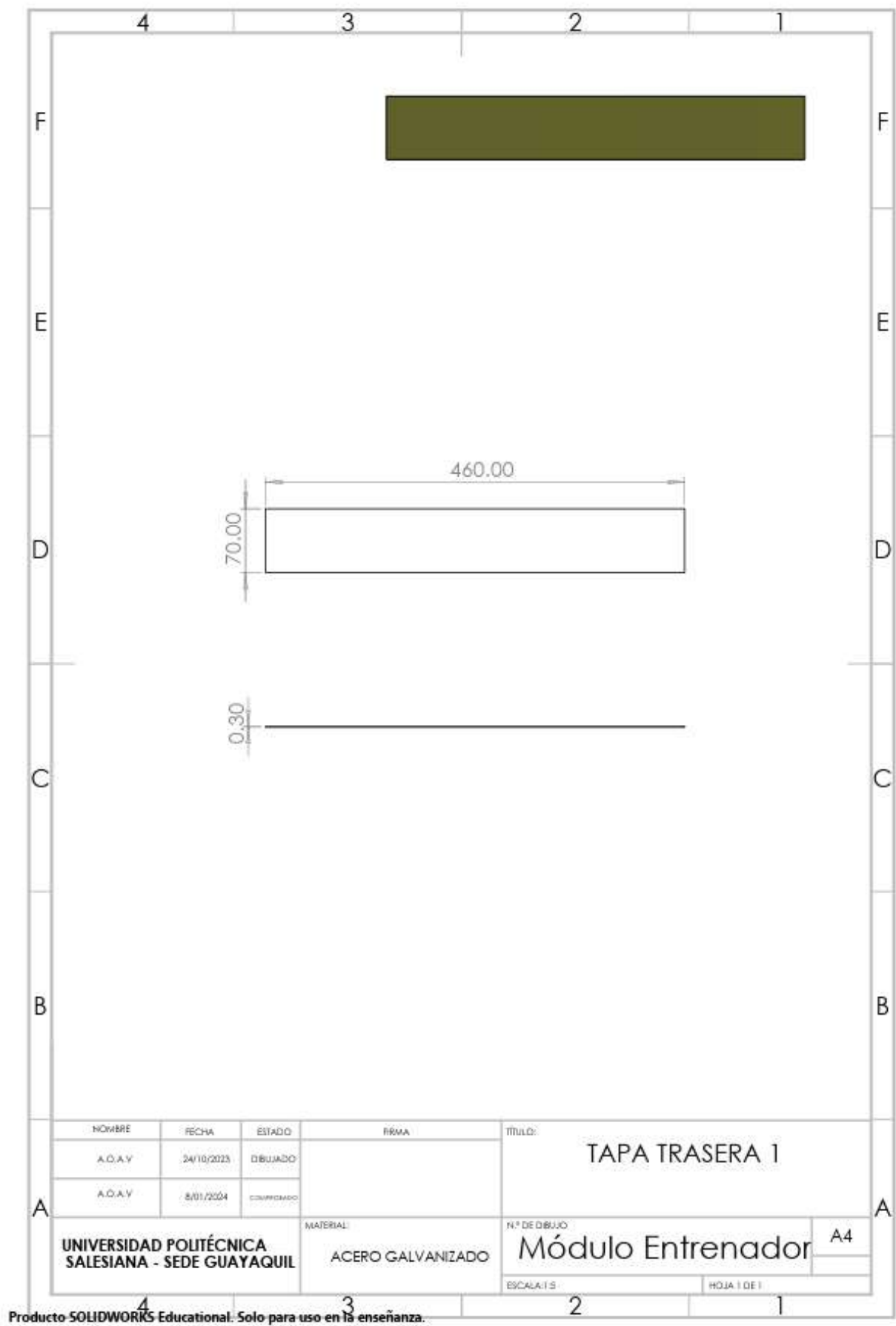


Figura 32. Tapa trasera. Fuente: Autores

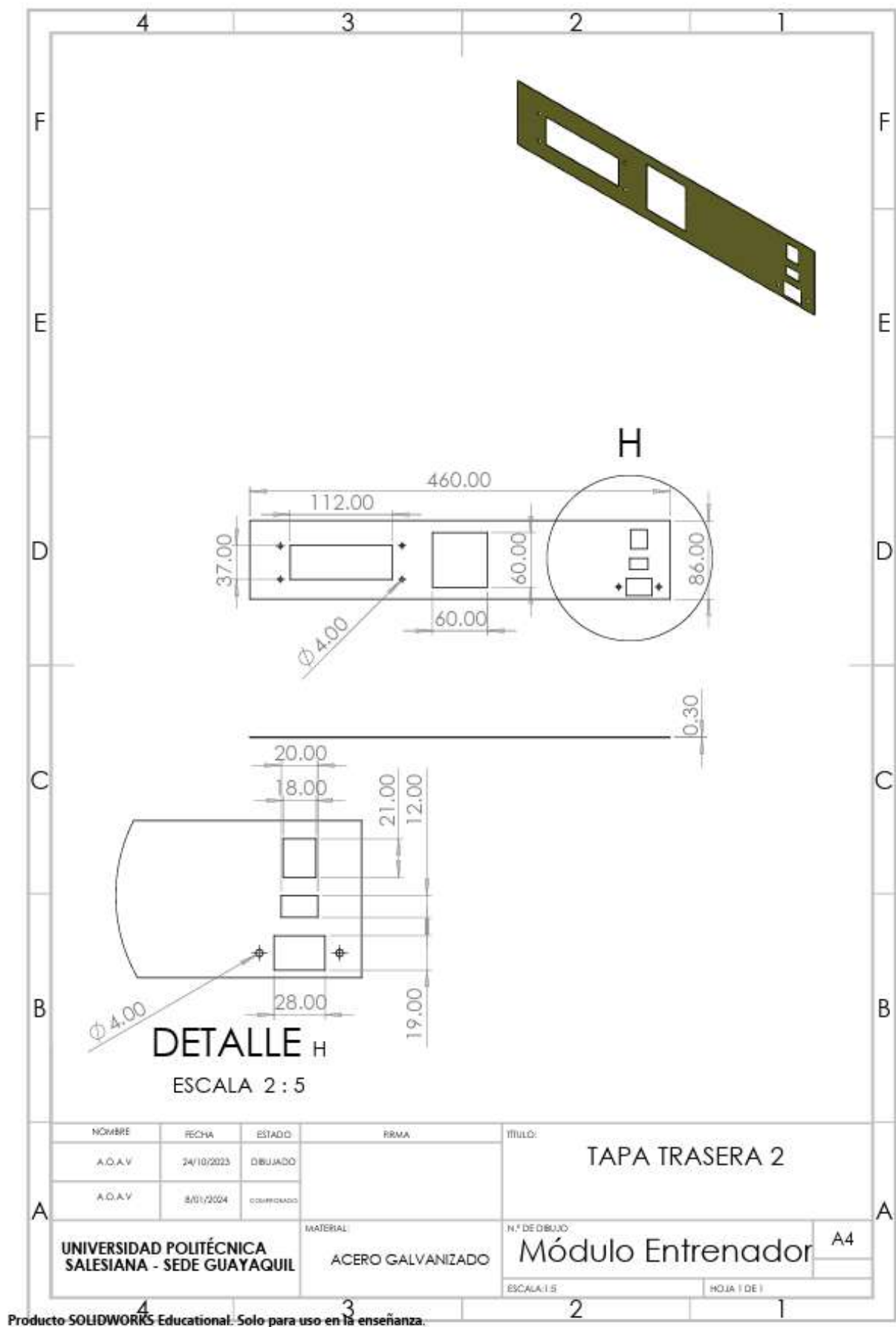


Figura 33. Tapa trasera 2. Fuente: Autores

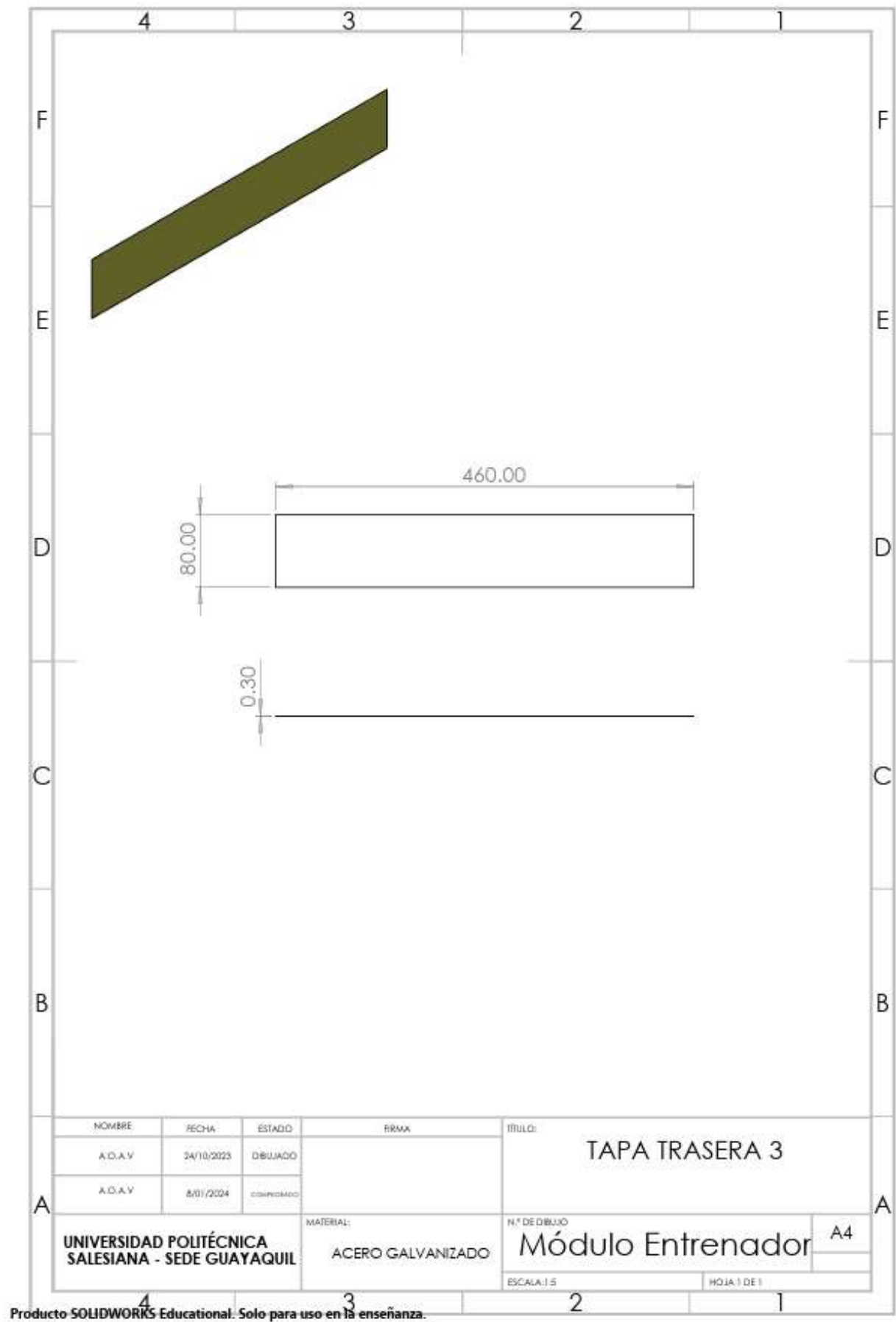


Figura 34. Tapa trasera 3. Fuente: Autores

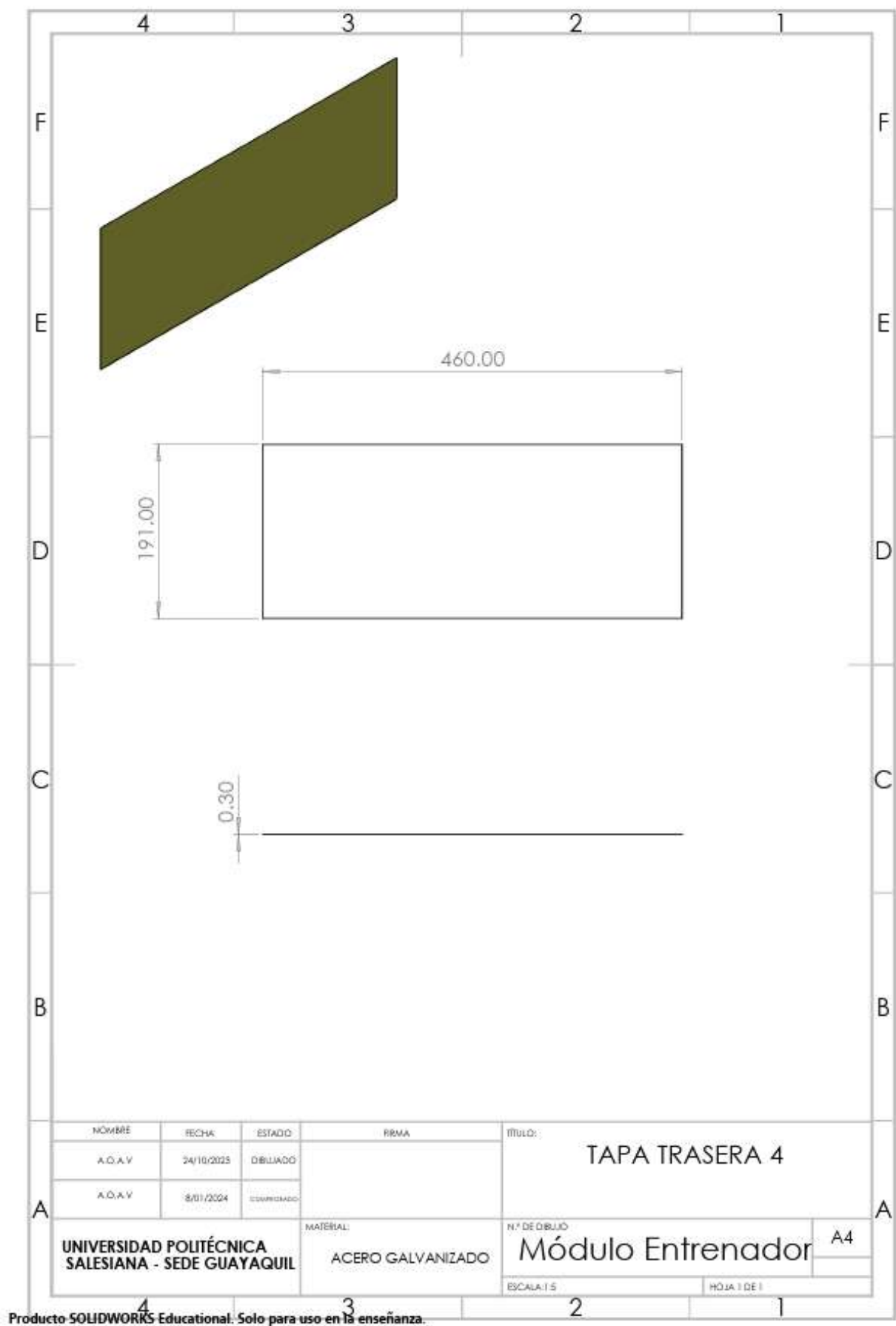


Figura 35. Tapa trasera 4. Fuente: Autores

XI-B. Desarrollo del prototipo



Figura 36. Elaboración y corte del módulo. Fuente: Autores.



Figura 37. Desarrollo del módulo. Fuente: Autores.

XI-C. Instalación de componentes del módulo



Figura 38. Instalación de componentes del módulo. Fuente: Autores.



Figura 39. Instalación de componentes del módulo. Fuente: Autores.



Figura 40. Programación de PLC y HMI. Fuente: Autores.



Figura 41. Prueba módulo. Fuente: Autores.

XI-D. Prototipo Montado



Figura 42. Módulo final. Fuente: Autores.



Figura 43. Prueba de conexiones del módulo. Fuente: Autores.



Figura 44. Prueba de funcionamiento módulo. Fuente: Autores.

		VICERRECTORADO DOCENTE	Código: GUIA-PRL-001
		CONSEJO ACADÉMICO	Aprobación: 2024/01/06
Formato: Guía de Práctica de Laboratorio / Talleres / Centros de Simulación			

		FORMATO DE GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO / TALLERES / CENTROS DE SIMULACIÓN – PARA DOCENTES	
CARRERA: Mecatrónica		ASIGNATURA: Automatización	
NRO. PRÁCTICA:	1	TÍTULO PRÁCTICA: Llenado Automático de un tanque Simulación en HMI PLC S7-1200	
OBJETIVO:			
OBJETIVO GENERAL • Diseñar e implementar un sistema automatizado para el llenado y vaciado de un tanque, utilizando un controlador lógico programable (PLC) S7-1200 y una interfaz hombre-máquina (HMI) de Siemens, con el propósito de fomentar el aprendizaje práctico y el desarrollo de habilidades en el ámbito de la automatización industrial.			
OBJETIVOS ESPECÍFICOS: • Diseñar y desarrollar la programación de la lógica de control a través del software TIA Portal con el objetivo de configurar el PLC y el HMI para el sistema automatizado. • Crear la interfaz gráfica del HMI para el sistema mediante un proceso de diseño que permita la visualización y operación eficiente del sistema mejorar la experiencia del usuario y garantizar una interacción intuitiva y funcional. • Realizar la simulación del sistema utilizando el simulador integrado de TIA Portal para evaluar la efectividad de la lógica de control implementada y verificar el comportamiento del sistema en diversas condiciones simuladas.			
INSTRUCCIONES:		1. Agregar los actuadores y sensores en el bloque de programación. • Agregar los botones de marcha y paro como contactos normalmente abiertos. • Agregar un sensor de nivel alto como contacto normalmente abierto. • Considerar variables de tipo memoria para controlar los botones desde el HMI. • Considerar una variable de tipo memoria para activar la bomba. • Crear una variable adicional para controlar la bomba física.	
		2. Seleccionar botones, actuadores y formas en la interfaz HMI. • Seleccionar los botones de marcha, paro y descarga. • Seleccionar la válvula. • Seleccionar la bomba • Seleccionar los sensores de nivel alto y bajo. • Seleccionar la forma de tanque.	
		3. Configurar las animaciones en la interfaz HMI. • Cambiar las propiedades de la bomba y agregar animación de visibilidad para que se muestre cuando esté encendida. • Cambiar las propiedades de la válvula y agregar una animación de visibilidad para que se muestre cuando esté encendida. • Configura la variable de nivel del tanque.	

Resolución CS N° 076-04-2016-04-20

Figura 45. Guía de práctica A. Fuente: Autores

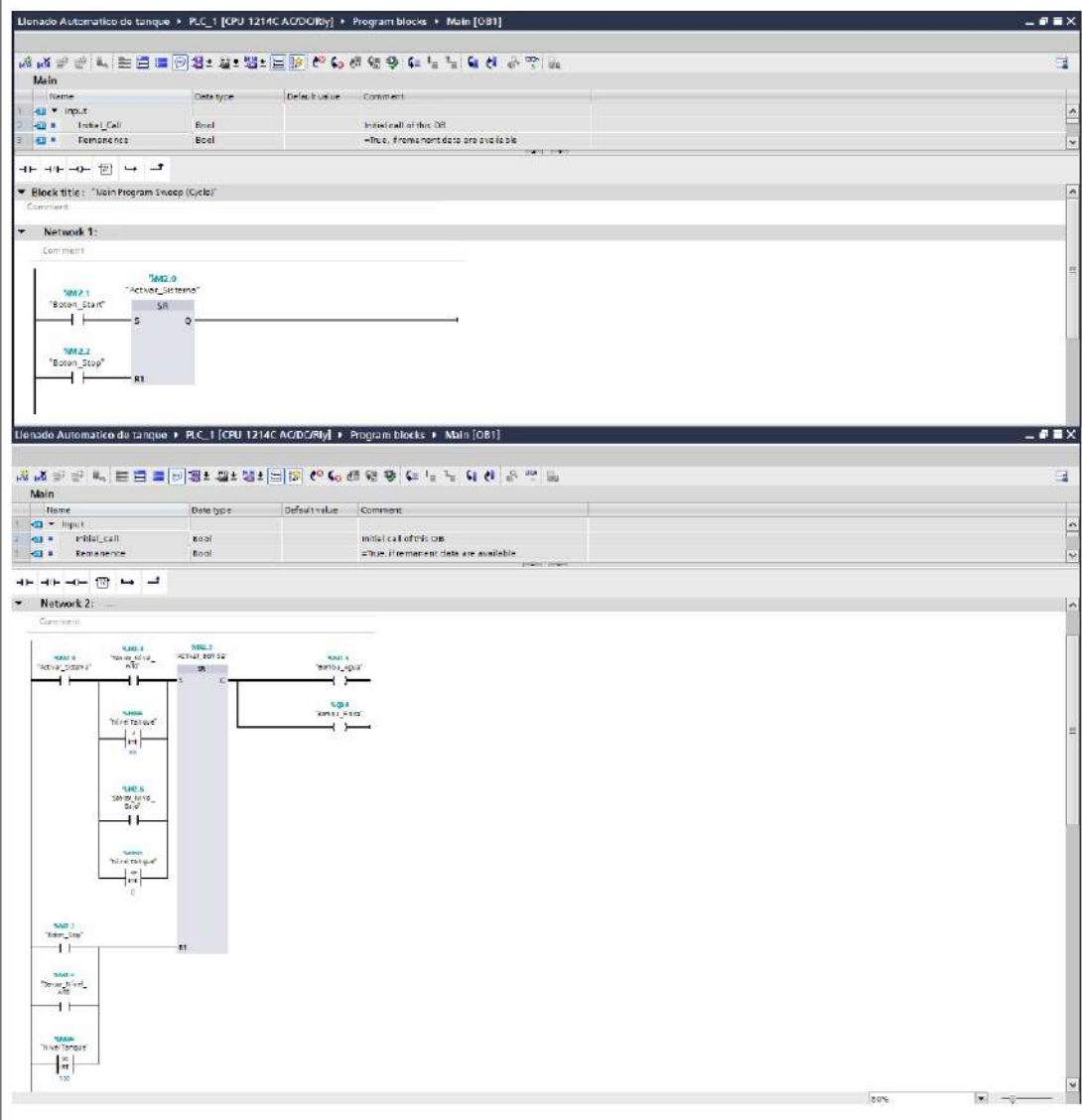
	VICERRECTORADO DOCENTE	Código: GUIA-PRL-001
	CONSEJO ACADÉMICO	Aprobación: 2024/01/06
Formato: Guía de Práctica de Laboratorio / Talleres / Centros de Simulación		

	4. Simular el llenado automático en HMI. - El sistema comienza a llenar cuando se acciona el botón de marcha. - Cuando el tanque alcance el 100% la bomba se apaga. - Al presionar el botón de descarga, se activa la válvula y comienza a descargar el tanque. - Cuando el nivel del tanque alcanza un nivel alto, la bomba se detiene y se puede seleccionar el botón de descarga para iniciar la descarga del tanque nuevamente.
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR	
1. Agregar los actuadores y sensores en el bloque de programación. En esta primera fase del proyecto, nos enfocaremos en la implementación de diversas funciones clave para el sistema de control. En primer lugar, se incorporarán botones de inicio y detención, ambos configurados como contactos normalmente abiertos, lo que permitirá gestionar de manera efectiva el encendido y apagado del sistema. Además, se integrarán sensores de nivel, también configurados como contactos normalmente abiertos, para monitorear el nivel del líquido. La interfaz hombre-máquina (HMI) interactuará con estos componentes mediante variables de tipo memoria. Asimismo, se establecerá una variable específica para activar la bomba. Para garantizar un control completo sobre la bomba, se creará una variable adicional destinada exclusivamente a su funcionamiento.	
2. Seleccionar los botones, actuadores y formas en la interfaz HMI. En esta etapa del proceso de diseño, nos concentraremos en la selección de elementos para la interfaz hombre-máquina (HMI), asegurando una representación visual clara y eficiente del sistema de control. Se seleccionarán los botones de marcha, paro y descarga, los cuales desempeñarán un papel fundamental en la interactividad del usuario con el sistema. Asimismo, se seleccionará una válvula para la descarga del tanque. La elección de la bomba como elemento en la interfaz permitirá visualizar el funcionamiento de este componente vital para el sistema. La inclusión de sensores de nivel alto y bajo se traducirá en una representación gráfica clara del nivel del líquido en el tanque. Además, se incorporará una forma de tanque para visualizar de manera intuitiva el estado y la capacidad del recipiente. En conjunto, estas selecciones contribuirán a una interfaz HMI efectiva y fácil de usar, mejorando la experiencia general de control y supervisión del sistema.	
3. Configurar las animaciones en la interfaz HMI. En esta etapa del desarrollo, nos enfocaremos en la configuración de animaciones de visibilidad para la bomba y la válvula solenoide en el entorno HMI, proporcionando una representación gráfica dinámica del sistema. Para la bomba, seleccionaremos sus propiedades y agregaremos una animación de visibilidad que refleje su estado, asegurándonos de que esté visible cuando esté encendida (verde cuando la bomba esté activada y en rojo cuando esté apagada). Este proceso se replicará para la válvula solenoide, garantizando una representación coherente y precisa de su estado en la interfaz. Configuraremos la variable que controla el nivel del tanque, permitiendo una monitorización efectiva del líquido almacenado. Para mejorar la visualización, cambiaremos el color del líquido en la barra de visualización, proporcionando una representación más intuitiva del nivel del tanque. Estas configuraciones no solo mejorarán la estética de la interfaz, sino que también facilitarán la comprensión y supervisión del sistema en tiempo real.	
4. Simular el llenado automático en HMI. En la etapa final de desarrollo, llevaremos a cabo la simulación del llenado automático en la interfaz hombre-máquina (HMI). La simulación se inicia al accionar el botón de marcha, lo que activa la bomba y da inicio al llenado del tanque, al alcanzar el 100%, la bomba se apagará automáticamente. Posteriormente, al presionar el botón de descarga, se activará la válvula y comenzará la descarga del tanque.	

Resolución CS N° 076-04-2016-04-20

Figura 46. Guía de práctica B. Fuente: Autores

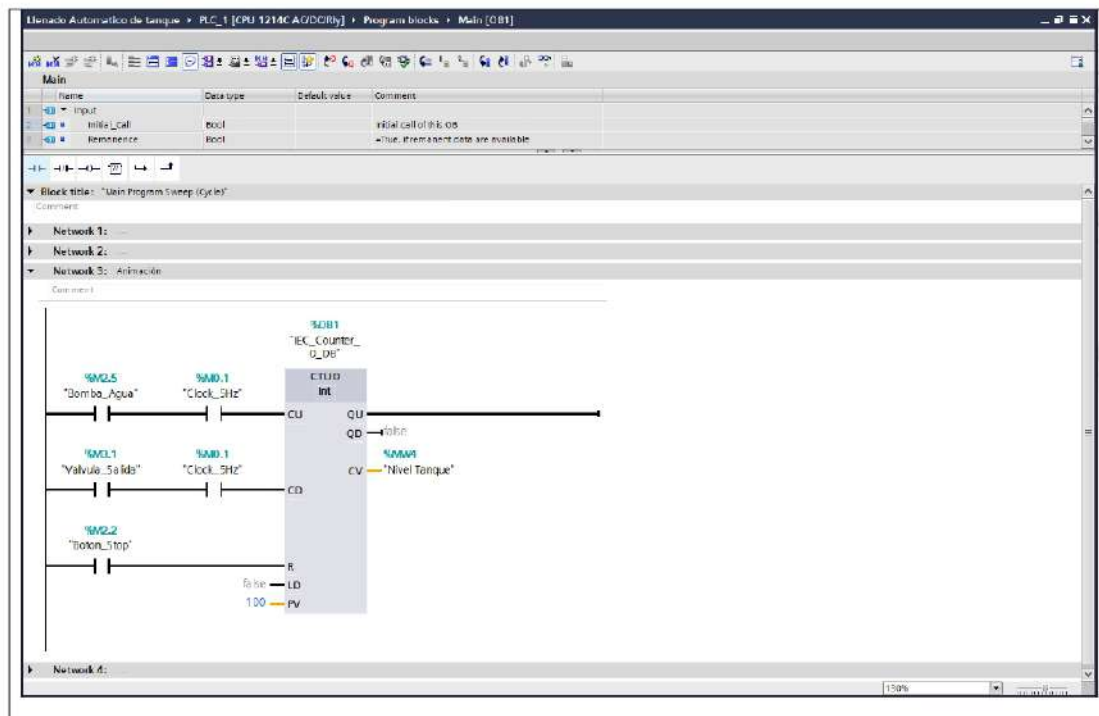
RESULTADO(S) OBTENIDO(S):



Resolución CS N° 076-04-2016-04-20

Figura 47. Guía de práctica C. Fuente: Autores

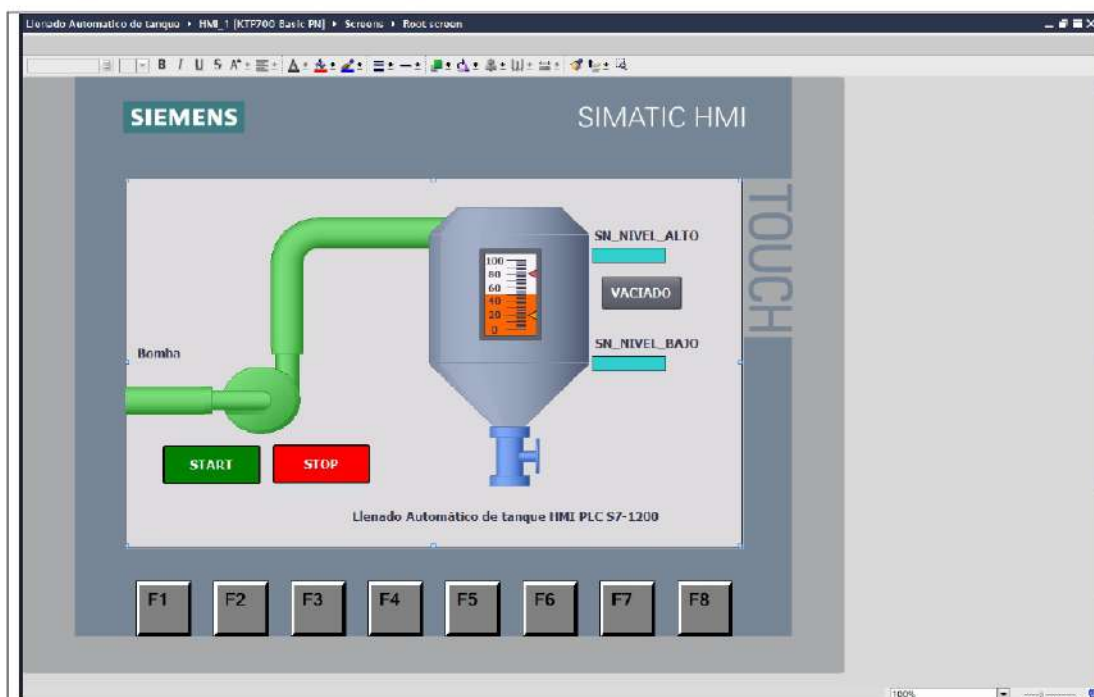
	VICERRECTORADO DOCENTE	Código: GUIA-PRL-001
	CONSEJO ACADÉMICO	Aprobación: 2024/01/06
Formato: Guía de Práctica de Laboratorio / Talleres / Centros de Simulación		



Resolución CS N° 076-04-2016-04-20

Figura 49. Guía de práctica E. Fuente: Autores

	VICERRECTORADO DOCENTE	Código: GUIA-PRL-001
	CONSEJO ACADÉMICO	Aprobación: 2024/01/06
Formato: Guía de Práctica de Laboratorio / Talleres / Centros de Simulación		



CONCLUSIONES:

En conclusión, el proyecto "Llenado Automático de un tanque: Simulación en HMI PLC S7-1200" proporciona una experiencia práctica y detallada para aprender a implementar un sistema automatizado de llenado y vaciado de un tanque utilizando un PLC S7-1200 y una interfaz HMI de Siemens.

Los objetivos específicos abarcan la creación del proyecto en TIA Portal, la configuración del PLC y el HMI, la programación de la lógica de control para la bomba y la válvula, el diseño de la interfaz gráfica del HMI, y la simulación del sistema mediante el simulador integrado en TIA Portal.

Las actividades detalladas en la guía destacan aspectos clave como la configuración de botones de inicio y paro, sensores de nivel, y variables de memoria para el control desde el HMI. Se explica cómo activar y desactivar la válvula de salida mediante un botón de descarga y un sensor de nivel bajo, utilizando un contador para controlar la velocidad de descarga. Además, se proporciona información sobre la selección y colocación de componentes en la interfaz HMI, así como la configuración de animaciones de visibilidad para la bomba y la válvula solenoide en el tanque simulado.

RECOMENDACIONES:

Este proyecto proporciona una valiosa experiencia para aprender sobre sistemas automatizados con PLC y HMI de Siemens. Recomendando esta guía para aquellos interesados en adquirir habilidades prácticas en diseño, configuración y programación de sistemas de control industrial. Es especialmente relevante para estudiantes, ingenieros y profesionales que buscan familiarizarse con tecnologías de automatización actuales.

Resolución CS N° 076-04-2016-04-20

Figura 50. Guía de práctica F. Fuente: Autores

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		REVISIÓN 1/1	Página 1 de 15
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA		
CARRERA	MECATRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

PRÁCTICA #1

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 2

DOCENTE

ING. ALBERTO RAMÍREZ

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS

TEMA: “Llenado Automático de un tanque Simulación en HMI PLC S7-1200”

Elaborado por: Ochoa Bernabé Aarom Valverde Malan Angelo	Revisado por: Ing. Alberto Ramírez	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 02/02/2024	Fecha de Revisión 02/02/2024	Número de Resolución Consejo de Carrera:

Figura 51. Manual de prácticas A. Fuente: Autores

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		REVISIÓN 1/1	Página 2 de 15
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA		
CARRERA	MECATRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

A. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar e implementar un sistema automatizado para el llenado y vaciado de un tanque, utilizando un controlador lógico programable (PLC) S7-1200 y una interfaz hombre-máquina (HMI) de Siemens, con el propósito de fomentar el aprendizaje práctico y el desarrollo de habilidades en el ámbito de la automatización industrial

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar y desarrollar la programación de la lógica de control a través del software TIA Portal con el objetivo de configurar el PLC y el HMI para el sistema automatizado.
- Crear la interfaz gráfica del HMI para el sistema mediante un proceso de diseño que permita la visualización y operación eficiente del sistema mejorar la experiencia del usuario y garantizar una interacción intuitiva y funcional.
- Realizar la simulación del sistema utilizando el simulador integrado de TIA Portal para evaluar la efectividad de la lógica de control implementada y verificar el comportamiento del sistema en diversas condiciones simuladas.

Elaborado por: Ochoa Bernabé Aarom Valverde Malan Angelo	Revisado por: Ing. Alberto Ramírez	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 02/02/2024	Fecha de Revisión 02/02/2024	Número de Resolución Consejo de Carrera:

Figura 52. Manual de prácticas B. Fuente: Autores

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		REVISIÓN 1/1	Página 3 de 15
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA		
CARRERA	MECATRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

C. MARCO TEÓRICO

PLC

Los Controladores Lógicos Programables (PLCs) son dispositivos electrónicos utilizados en la automatización de procesos industriales. Funcionan como computadoras industriales que supervisan la lógica de operación de máquinas, instalaciones y procesos en la industria. Estos dispositivos reciben información de sensores conectados o dispositivos de entrada, procesan los datos y activan salidas de acuerdo con parámetros preestablecidos. De esta manera, los PLCs tienen la capacidad de gestionar de manera automática tareas complejas y repetitivas. (M. Smith, 2023)

Características

- Utilizan un lenguaje de programación lógica.
- Están equipados con entradas y salidas digitales y analógicas.
- Pueden comunicarse con otros dispositivos y sistemas.
- Permiten la reprogramación y modificaciones en la lógica de control sin necesidad de cambiar el hardware físico.
- Pueden almacenar datos de proceso, registros de eventos y otros datos relevantes.
- Diseñados para entornos industriales adversos.

Elaborado por: Ochoa Bernabé Aarom Valverde Malan Angelo	Revisado por: Ing. Alberto Ramírez	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 02/02/2024	Fecha de Revisión 02/02/2024	Número de Resolución Consejo de Carrera:

Figura 53. Manual de prácticas C. Fuente: Autores

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		REVISIÓN 1/1	Página 4 de 15
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA		
CARRERA	MECATRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

Usos

- Automatización Industrial
- Control de Máquinas
- Sistemas de Alimentación
- Procesos Químicos
- Sistemas de Tráfico



Figura 1. PLC SIEMENS

Elaborado por: Ochoa Bernabé Aarom Valverde Malan Angelo	Revisado por: Ing. Alberto Ramírez	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 02/02/2024	Fecha de Revisión 02/02/2024	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 5 de 15
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA		
CARRERA	MECATRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

HMI

Las interfaces hombre-máquina (HMI) se refieren a sistemas que facilitan la interacción entre humanos y máquinas, así como con los procesos industriales. Estos sistemas proporcionan una interfaz visual y táctil que permite a los operadores controlar y supervisar los sistemas de manera segura y eficiente. Además, se observa una integración progresiva de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, lo que contribuye a que estas interfaces sean más inteligentes, eficientes y seguras (Brown & Green, 2022).



Figura 2. HMI SIEMENS

Elaborado por: Ochoa Bernabé Aarom Valverde Malan Angelo	Revisado por: Ing. Alberto Ramírez	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 02/02/2024	Fecha de Revisión 02/02/2024	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 6 de 15	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO		
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA			
CARRERA	MECATRÓNICA			
SEDE	GUAYAQUIL			

TIA PORTAL

TIA Portal, creado por Siemens, se presenta como una avanzada plataforma de software destinada a la automatización industrial. Diseñada con la integración como objetivo principal, esta plataforma proporciona una amplia gama de herramientas y funciones esenciales que abarcan desde la concepción y el diseño hasta la implementación y operación de sistemas automatizados en la industria. Su enfoque completo y su capacidad para abordar diversas etapas del ciclo de vida de la automatización la convierten en una solución integral para los desafíos que presenta la industria moderna (Siemens, 2023).



Figura 3. TIA PORTAL

Elaborado por: Ochoa Bernabé Aarom Valverde Malan Angelo	Revisado por: Ing. Alberto Ramírez	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 02/02/2024	Fecha de Revisión 02/02/2024	Número de Resolución Consejo de Carrera:

Figura 56. Manual de prácticas F. Fuente: Autores

		REVISIÓN 1/1	Página 7 de 15	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO		
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA			
CARRERA	MECATRÓNICA			
SEDE	GUAYAQUIL			

D. MARCO PROCEDIMENTAL

1. Una vez que se accede al TIA Portal y se selecciona el controlador a utilizar, en las propiedades del PLC se habilita el uso del byte de marcas de sistema.

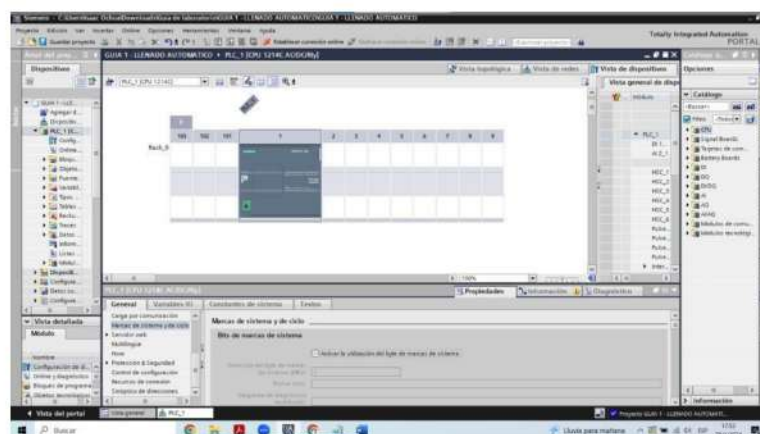


Figura 5. Propiedades del PLC.

Elaborado por: Ochoa Bernabé Aarom Valverde Malan Angelo	Revisado por: Ing. Alberto Ramírez	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 02/02/2024	Fecha de Revisión 02/02/2024	Número de Resolución Consejo de Carrera:

Figura 57. Manual de prácticas G. Fuente: Autores

		REVISIÓN 1/1	Página 8 de 15
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA		
CARRERA	MECATRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

- Una vez habilitada, se despliega una lista de parámetros en la que se activa el uso del byte de marcas de ciclo.

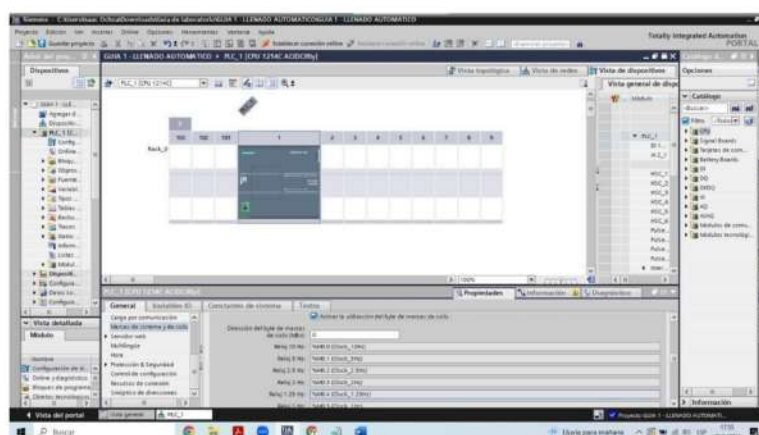


Figura 6. Parámetros del PLC

Elaborado por: Ochoa Bernabé Aarom Valverde Malan Angelo	Revisado por: Ing. Alberto Ramírez	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 02/02/2024	Fecha de Revisión 02/02/2024	Número de Resolución Consejo de Carrera:

Figura 58. Manual de prácticas H. Fuente: Autores

		REVISIÓN 1/1	Página 9 de 15
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA		
CARRERA	MECATRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

- Se procede a la programación en el Main OB1, comenzando con un bloque flip-flop de activación (SR).
- Posteriormente, se agregan dos contactos normalmente abiertos para start y stop. Los tres elementos mencionados anteriormente se definen como sección global de memoria.

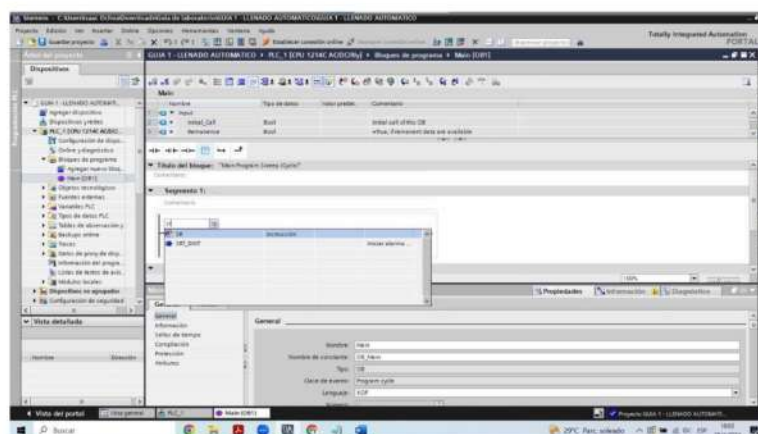


Figura 7. Segmento 1.

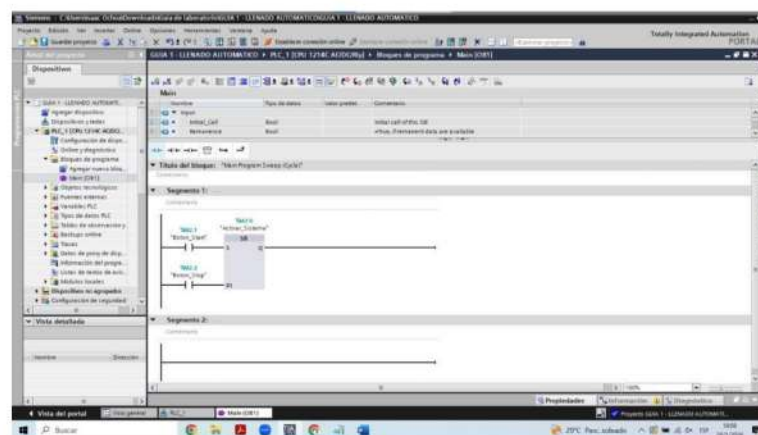


Figura 8. Segmento 1.

Elaborado por: Ochoa Bernabé Aarom Valverde Malan Angelo	Revisado por: Ing. Alberto Ramírez	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 02/02/2024	Fecha de Revisión 02/02/2024	Número de Resolución Consejo de Carrera:

Figura 59. Manual de prácticas I. Fuente: Autores

		REVISIÓN 1/1	Página 9 de 15
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA		
CARRERA	MECATRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

- En el segmento 2, se agrega otro bloque de activación SR para controlar la activación de la bomba. En este bloque, se colocan los botones de stop y activación del sistema.
- Adicionalmente, se coloca un sensor de nivel alto, que permite que la bomba permanezca encendida mientras el sensor no esté activado. El sensor de nivel bajo se utiliza para activar la bomba cuando el tanque esté vacío.
- En la salida del bloque de activación, se realiza la asignación para la bomba de agua y, de manera paralela, se añade otra asignación en caso de que se quiera utilizar una bomba física. Esta última se asigna como salida global.

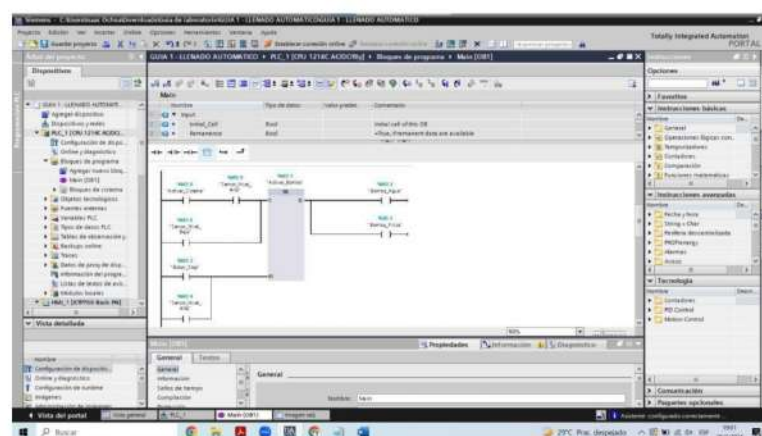


Figura 9. Sección de activación de bomba.

Elaborado por: Ing.	Revisado por: Ing.	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 22/07/2023	Fecha de Revisión 19/10/2023	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 10 de 15
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA		
CARRERA	MECATRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

8. En la continuación del diagrama anterior, se añade otro bloque SR donde se activa la válvula de descarga de la bomba. En este bloque, se colocan los botones de stop y descarga de líquido.
9. En la salida, se realiza la asignación correspondiente a la bomba.

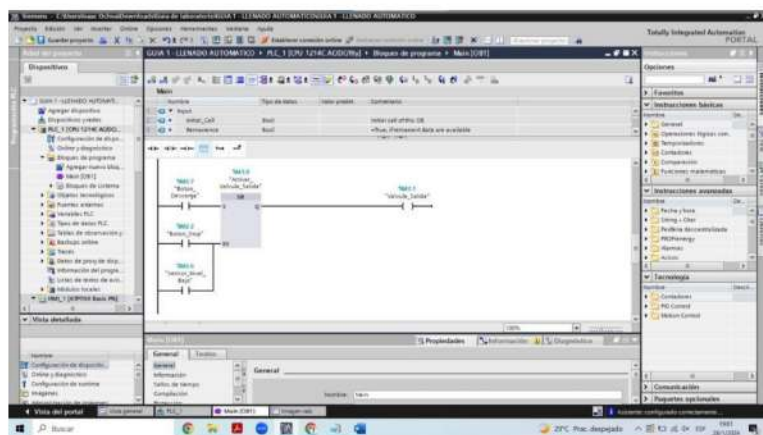


Figura 10. Sección de descarga.

10. En el segmento 3, se coloca un contador ascendente-descendente, configurándolo para que ascienda con la activación de la bomba y descienda con la activación de la válvula, ambos a una frecuencia de 5Hz.
11. Se configura una variable de memoria llamada 'Nivel Tanque' para graficarla posteriormente en el HMI.
12. Se configura el reset con el botón de Stop.

Elaborado por: Ing.	Revisado por: Ing.	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 22/07/2023	Fecha de Revisión 19/10/2023	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 11 de 15	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO		
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA			
CARRERA	MECATRÓNICA			
SEDE	GUAYAQUIL			

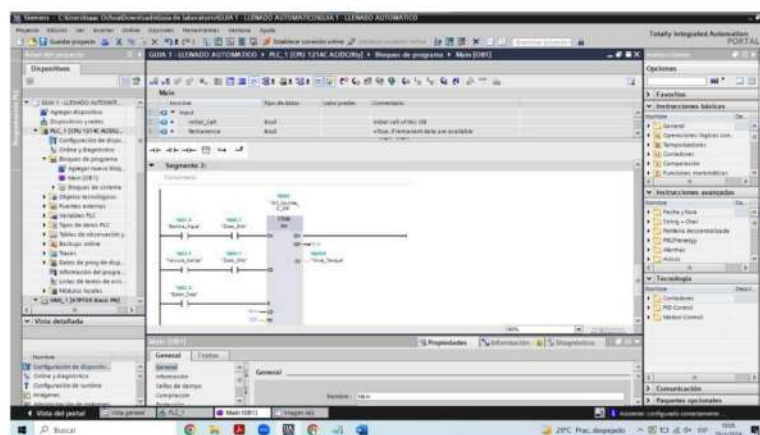


Figura 11. Configuración nivel de tanque.

13. Se procede a la configuración del HMI con los gráficos predeterminados.

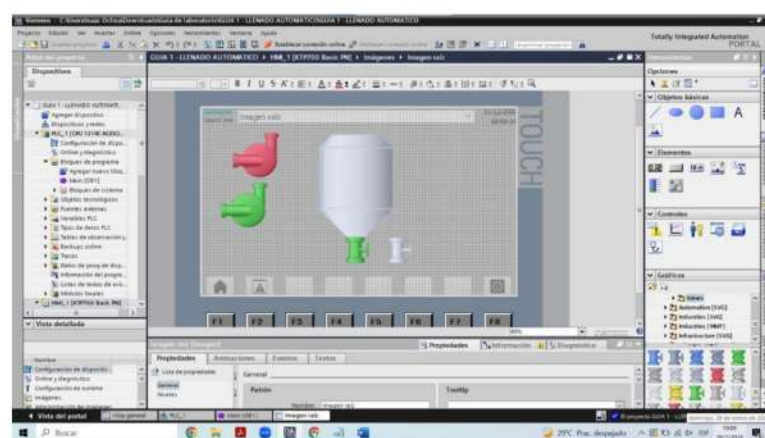


Figura 12. Configuración de gráficos.

Elaborado por: Ing.	Revisado por: Ing.	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 22/07/2023	Fecha de Revisión 19/10/2023	Número de Resolución Consejo de Carrera:

Figura 62. Manual de prácticas L. Fuente: Autores

		REVISIÓN 1/1	Página 12 de 15	
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO		
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA			
CARRERA	MECATRÓNICA			
SEDE	GUAYAQUIL			

14. Se agregan un tanque, una bomba, una válvula, tuberías y los botones asignados en la programación.
15. Se configura la bomba para que se muestre en color rojo cuando está desactivada y en color verde cuando se activa.
16. Se configura la válvula para que se muestre en color rojo cuando está desactivada y en color verde cuando se activa.

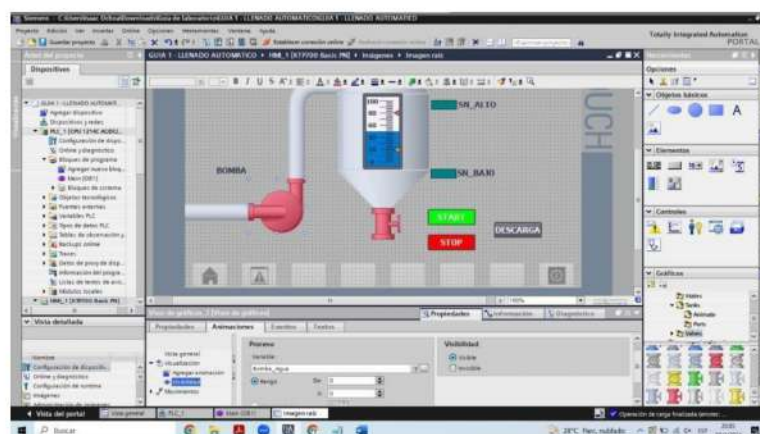


Figura 13. Configuración de gráfico de bomba y válvula.

Elaborado por: Ing.	Revisado por: Ing.	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 22/07/2023	Fecha de Revisión 19/10/2023	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 13 de 15	
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO		
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA			
CARRERA	MECATRÓNICA			
SEDE	GUAYAQUIL			

17. Se configura el botón Start, utilizando la función de activar bit al pulsar y desactivar al soltar. Al pulsarlo, el proceso comienza y el tanque empieza a llenarse.
18. Se configura el botón Stop, utilizando la función de activar bit al pulsar y desactivar al soltar. Al pulsarlo, el proceso se detiene.
19. Se configura el botón Descarga, utilizando la función de activar bit al pulsar y desactivar al soltar. Al pulsarse, se activa la válvula y comienza a descargarse el líquido.



Figura 14. Configuración de botones.

Elaborado por: Ing.	Revisado por: Ing.	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 22/07/2023	Fecha de Revisión 19/10/2023	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 14 de 15	
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO		
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA			
CARRERA	MECATRÓNICA			
SEDE	GUAYAQUIL			

20. Se configura el nivel del tanque, asignando la variable "Nivel_Tanque" en las propiedades generales.

21. Finalmente, se guarda, compila y simula el proyecto.

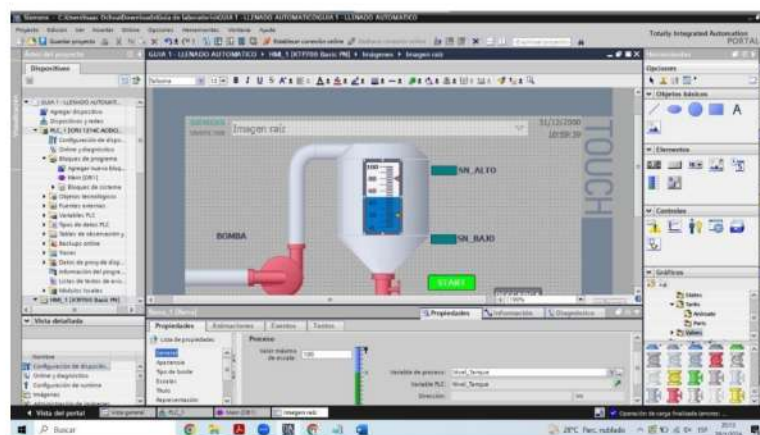


Figura 15. Configuración de nivel de tanque.

22. Al iniciar la simulación, se inicia la búsqueda de la interfaz de comunicación, se carga la configuración y finalmente se arranca el módulo

23. Se inicia la simulación del HMI.

24. Se prueban los resultados.

Elaborado por: Ing.	Revisado por: Ing.	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 22/07/2023	Fecha de Revisión 19/10/2023	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 15 de 15	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO		
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA			
CARRERA	MECATRÓNICA			
SEDE	GUAYAQUIL			

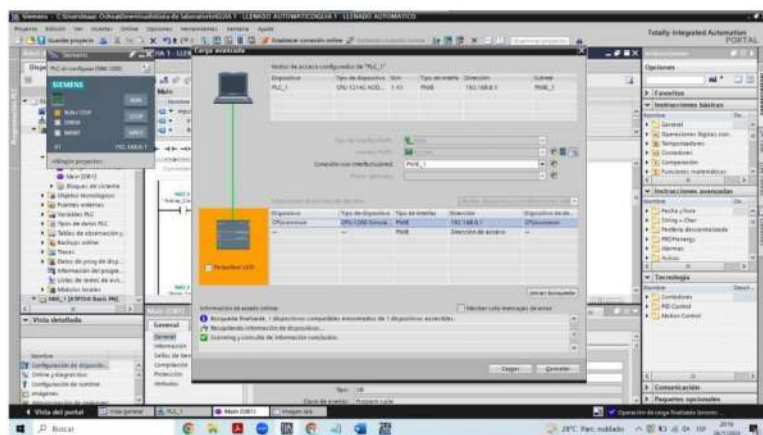


Figura 16. Compilación y simulación.

Elaborado por: Ing.	Revisado por: Ing.	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 22/07/2023	Fecha de Revisión 19/10/2023	Número de Resolución Consejo de Carrera:

Figura 66. Manual de prácticas P. Fuente: Autores

		REVISIÓN 1/1	Página 16 de 15	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO		
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA			
CARRERA	MECATRÓNICA			
SEDE	GUAYAQUIL			

E. RECURSOS UTILIZADOS

- PLC
- HMI
- TIA PORTAL
- CABLE ETHERNET

F. REGISTRO DE RESULTADOS

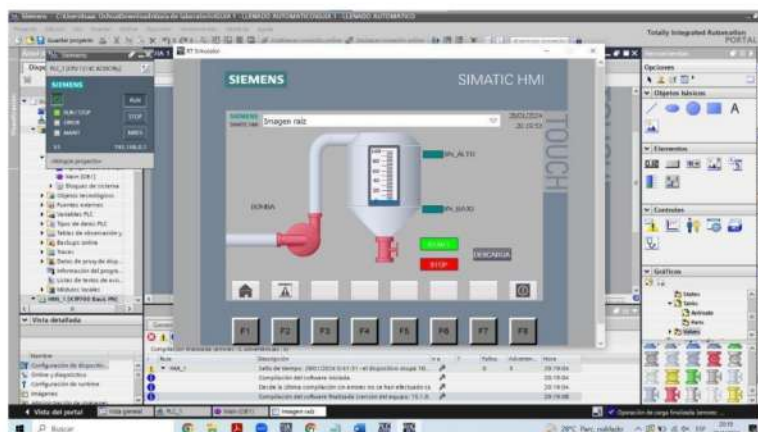


Figura 17. Simulación

Elaborado por: Ing.	Revisado por: Ing.	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 22/07/2023	Fecha de Revisión 19/10/2023	Número de Resolución Consejo de Carrera:

Figura 67. Manual de prácticas Q. Fuente: Autores

		REVISIÓN 1/1	Página 17 de 15	
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO		
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA			
CARRERA	MECATRÓNICA			
SEDE	GUAYAQUIL			

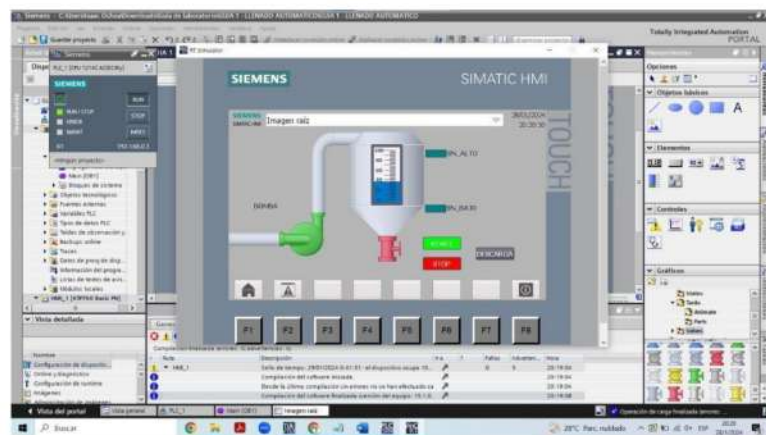


Figura 18. Simulación

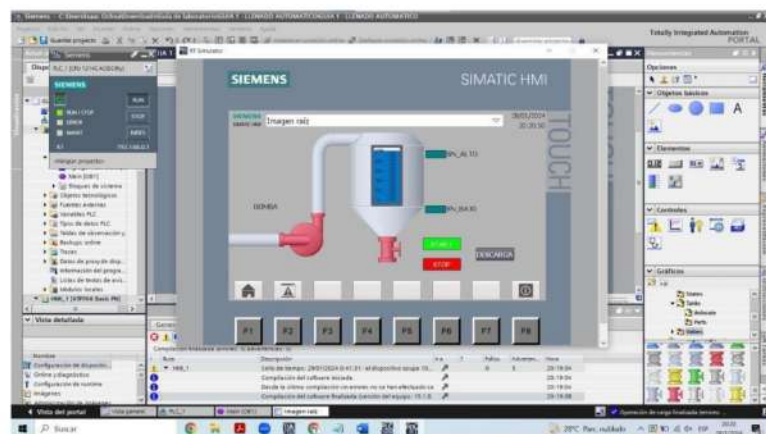


Figura 19. Simulación

Elaborado por: Ing.	Revisado por: Ing.	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 22/07/2023	Fecha de Revisión 19/10/2023	Número de Resolución Consejo de Carrera:

Figura 68. Manual de prácticas R. Fuente: Autores

		REVISIÓN 1/1	Página 18 de 15	
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO		
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA			
CARRERA	MECATRÓNICA			
SEDE	GUAYAQUIL			

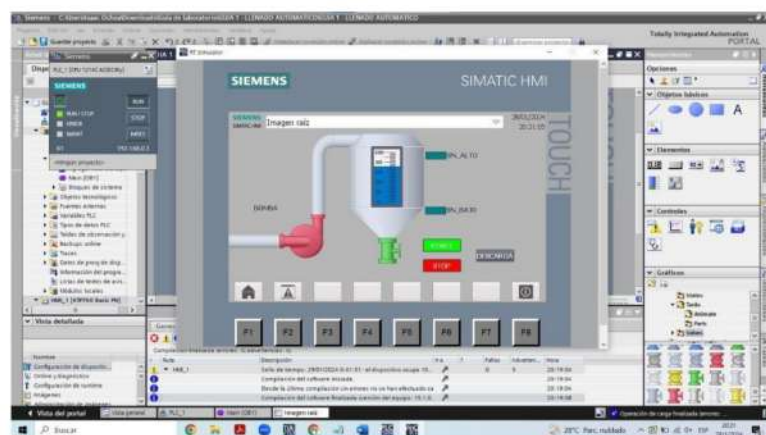


Figura 20. Simulación

G. BIBLIOGRAFÍA

- Schubert, M., & Müller, C. (2023). TIA Portal: A Comprehensive Guide.
- Siemens. (2023). TIA Portal: Plataforma avanzada de software para la automatización industrial.
- Smith, A. C., & Jones, B. (2023). CAD in the 21st Century: Trends and Opportunities.
- Smith, M. (2023). PLCs for Beginners.

Elaborado por: Ing.	Revisado por: Ing.	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 22/07/2023	Fecha de Revisión 19/10/2023	Número de Resolución Consejo de Carrera:

Figura 69. Manual de prácticas S. Fuente: Autores

CARRERA: Mecatrónica		ASIGNATURA: Tecnología y software para mecatrónica
NRO. PRÁCTICA:	2	TÍTULO PRÁCTICA: Comunicación industrial por protocolo Profinet entre dos PLC S7-1200: Lectura de marcas y activación de salidas
OBJETIVO: OBJETIVO GENERAL. - Implementar una comunicación efectiva mediante el protocolo Profinet entre dos controladores PLC S7-1200 con el fin de realizar la lectura de marcas y activar salidas de manera precisa y coordinada, optimizando así el proceso de control y monitoreo en un sistema industrial. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: - Configurar la comunicación Profinet entre los dos controladores PLC S7-1200 mediante la adecuada asignación de direcciones IP, parámetros de red y configuraciones de módulos de comunicación, garantizando así la conectividad estable y confiable entre los dispositivos. - Desarrollar y programar rutinas de lectura de marcas en los PLC S7-1200, empleando las instrucciones y funciones disponibles en el entorno de programación de Siemens, con el propósito de identificar y procesar eficientemente la información proveniente de los dispositivos de entrada asociados. - Implementar rutinas de activación de salidas en los PLC S7-1200, utilizando los recursos de programación disponibles para controlar y gestionar de manera adecuada los dispositivos de salida, asegurando así una respuesta precisa y oportuna a las señales de control generadas por el sistema.		
INSTRUCCIONES:		1. Configurar la comunicación Profinet entre los dos controladores PLC S7-1200. - Conecta físicamente los dos PLCs S7-1200 a la misma red Ethernet utilizando cables Ethernet estándar. - Accede al software de programación de Siemens, en tu computadora y abre el proyecto asociado con los PLCs que deseas conectar. - Configura las direcciones IP de los PLCs en la misma subred. Esto se realiza en la configuración de hardware de cada PLC en el software Step 7. Asigna una dirección IP única a cada PLC y asegúrate de que ambos estén en la misma máscara de subred. - Configura los parámetros de red Profinet en cada PLC. Esto se hace a través de la herramienta de configuración de hardware. Asigna un nombre único al dispositivo en la red y configura los parámetros Profinet según las necesidades del sistema. - Carga y verifica la configuración en cada PLC. Asegúrate de que la conexión esté establecida y que no haya errores de configuración.
		2. Desarrollar y programar rutinas de lectura de marcas en los PLC S7-1200. Crea una nueva rutina de programación para manejar la lectura de marcas.

Resolución CS N° 076-04-2016-04-20

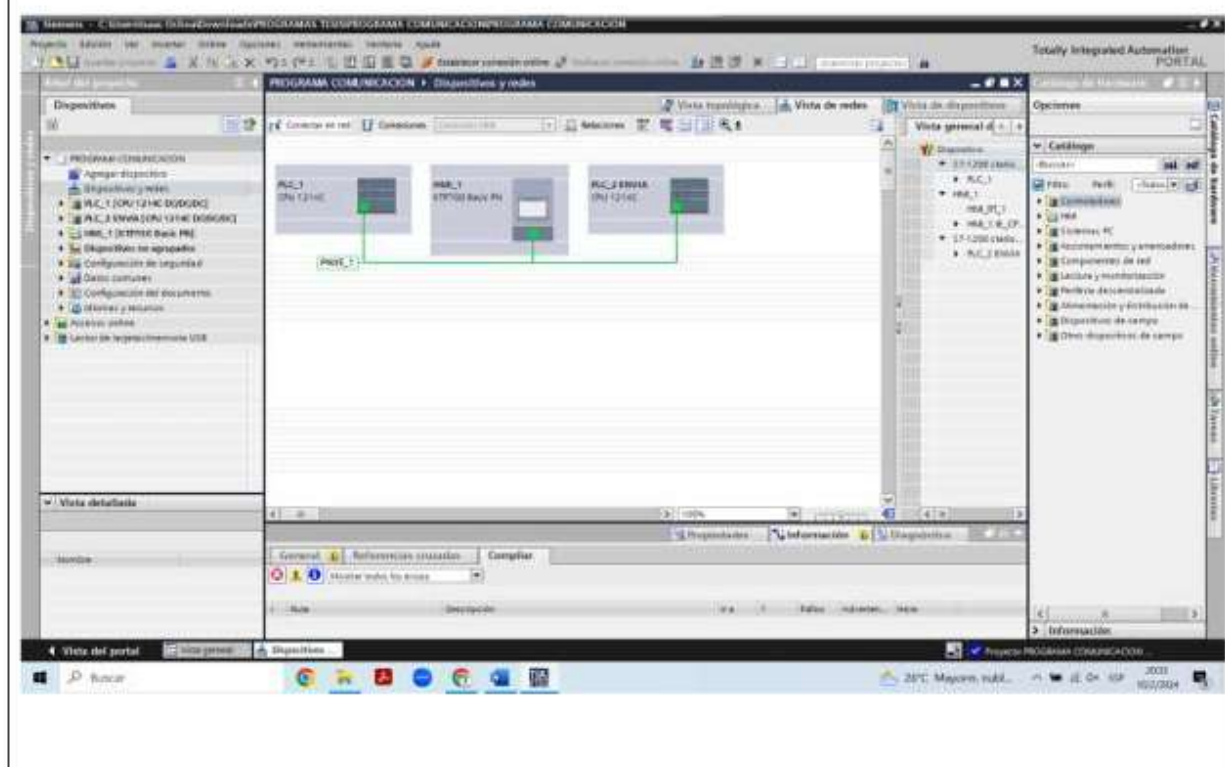
Figura 70. Guía de práctica 2 A. Fuente: Autores

	• Utiliza las instrucciones de lectura pertinentes para interactuar con los entradas y salidas. • Programa la lógica necesaria para procesar la información de las marcas leídas según los requisitos de tu aplicación. • Carga la programación en los PLCs y verifica su funcionamiento utilizando herramientas de monitoreo.
	3. Implementar rutinas de activación de salidas en los PLC S7-1200. • Crea una nueva rutina de programación para manejar la activación de salidas. • Utiliza las instrucciones de control de salida pertinentes para interactuar con los dispositivos de salida que necesitas activar. • Programa la lógica necesaria para activar las salidas de acuerdo con las condiciones o eventos especificados en tu sistema. • Carga la programación en los PLCs y verifica su funcionamiento utilizando herramientas de monitoreo disponibles, asegurándote de que las salidas se activen correctamente según lo planeado.
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR	
1. Configuración de la Comunicación Profinet. En esta fase inicial, se llevará a cabo la configuración de la comunicación Profinet, cuyo objetivo es establecer una sólida infraestructura de comunicación entre los controladores PLC S7-1200. Se iniciará con la verificación de la infraestructura física, asegurando una correcta conexión mediante cables Ethernet y la instalación adecuada de los módulos de comunicación Profinet en cada PLC. Posteriormente, se procederá a la configuración de las direcciones IP y los parámetros de red Profinet, garantizando una conectividad estable y eficiente. Esta fase culminará con pruebas de conectividad y validación de la configuración para asegurar una comunicación robusta entre los dispositivos.	
2. Desarrollo de Rutinas de Lectura de Marcas. En esta etapa, se abordará el desarrollo de las rutinas de lectura de marcas, un componente esencial para la adquisición precisa de datos en el sistema industrial. Se realizará un análisis detallado de los sensores involucrados, identificando su ubicación y funcionalidad en el proceso. Utilizando el entorno de programación Step 7, se procederá a diseñar y programar las rutinas necesarias para interactuar con los sensores y capturar la información requerida. Esta fase concluirá con pruebas rigurosas para garantizar la fiabilidad y precisión de la lectura de marcas, asegurando un correcto funcionamiento en condiciones operativas.	
1. Implementación de Rutinas de Activación de Salidas: En esta fase final, se enfocará en la implementación de rutinas destinadas a la activación de salidas, aspecto clave para el control efectivo de dispositivos en el sistema industrial. Se llevará a cabo un análisis exhaustivo de los actuadores correspondientes, identificando las salidas necesarias para su control. A través del entorno de programación Step 7, se desarrollarán las rutinas de activación, integrando la lógica de control necesaria para responder a las condiciones operativas del sistema. Se realizarán pruebas integrales para verificar el correcto funcionamiento de las rutinas implementadas, asegurando un control eficiente y seguro de los dispositivos conectados.	

Resolución CS N° 076-04-2016-04-20

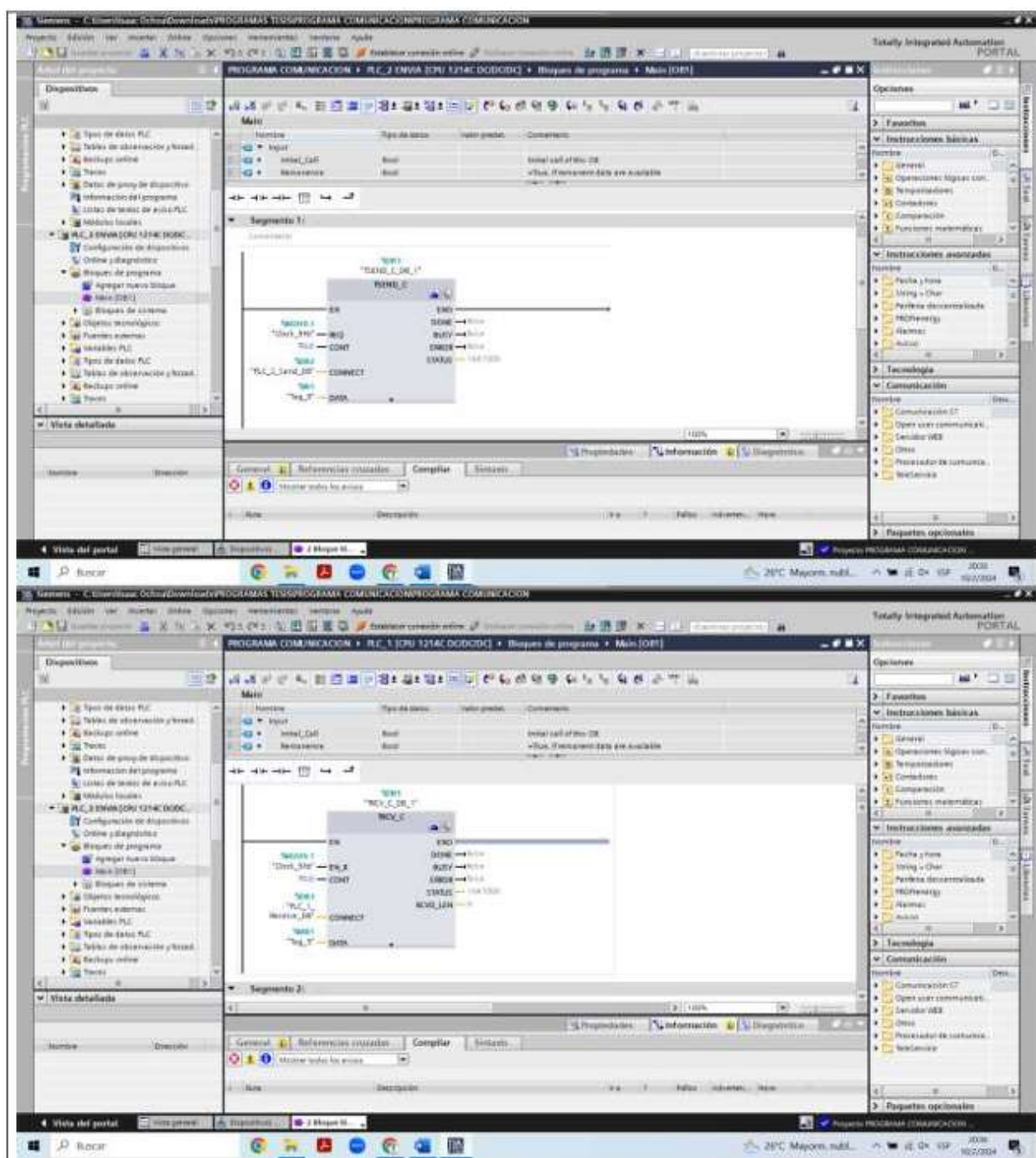
Figura 71. Guía de práctica 2 B. Fuente: Autores

RESULTADO(S) OBTENIDO(S):



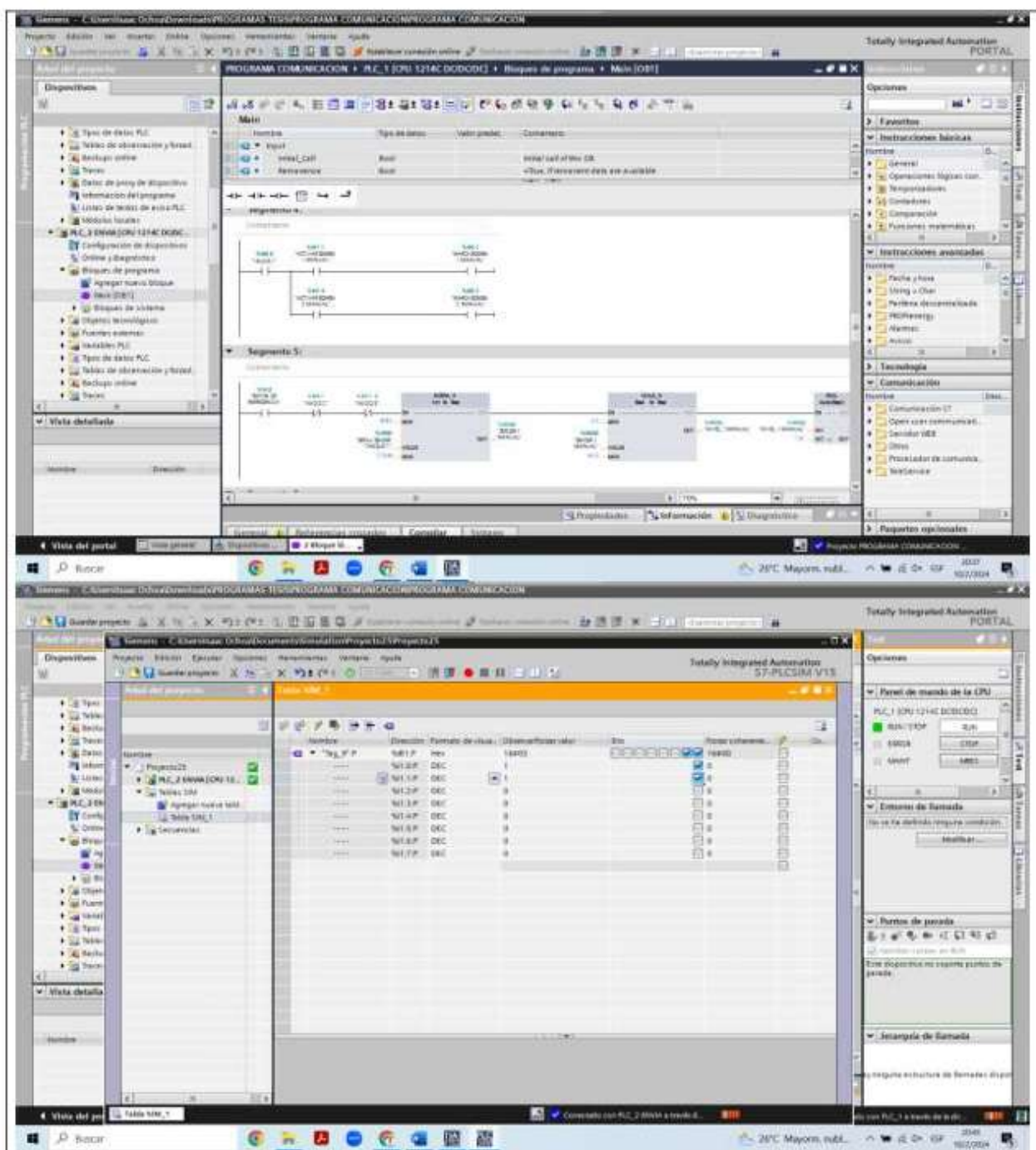
Resolución CS N° 076-04-2016-04-20

Figura 72. Guía de práctica 2 C. Fuente: Autores



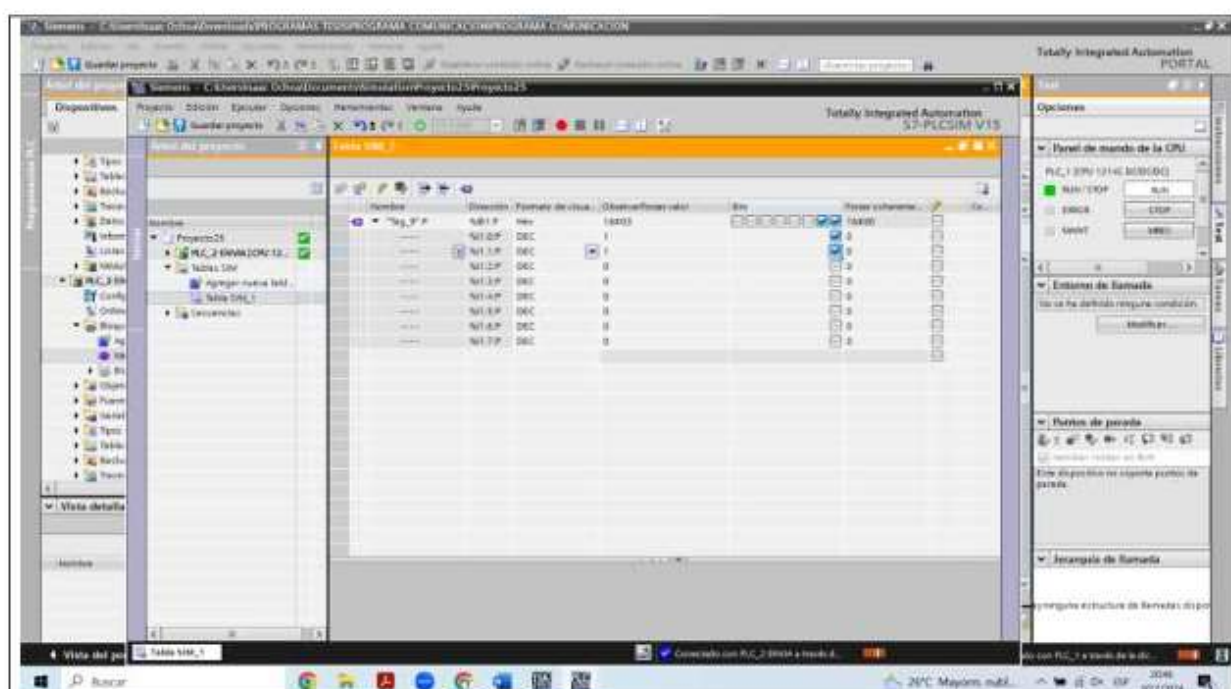
Resolución CS N° 076-04-2016-04-20

Figura 73. Guía de práctica 2 D. Fuente: Autores



Resolución CS N° 076-04-2016-04-20

Figura 75. Guía de práctica 2 F. Fuente: Autores



CONCLUSIONES:

El proyecto de comunicación industrial para la configuración y programación de la comunicación Profinet entre dos PLCs S7-1200, junto con la implementación de rutinas para la lectura de marcas y la activación de salidas, representa un avance significativo hacia la optimización y el control eficiente de sistemas industriales. A través de una cuidadosa planificación y ejecución, se estableció una comunicación confiable entre los dispositivos, sentando las bases para una operación fluida y coordinada. La configuración de la comunicación Profinet asegura una conectividad estable, mientras que las rutinas de lectura y activación proporcionan la capacidad de monitorear y controlar el sistema de manera precisa y oportuna. Este proyecto destaca la importancia de la integración efectiva de hardware y software, así como la necesidad de pruebas exhaustivas para verificar el funcionamiento del sistema en condiciones reales. En última instancia, representa un paso adelante en la mejora de la eficiencia y la productividad en el ámbito industrial, mostrando el potencial de la tecnología para impulsar el progreso y la innovación en este sector.

RECOMENDACIONES:

Para fines educativos se proponen las siguientes recomendaciones para mejorar el proyecto:

1. Implementación de Redundancia:

Incorporar funcionalidades de redundancia en la comunicación entre los PLCs para aumentar la fiabilidad y la disponibilidad del sistema.

Resolución CS N° 076-04-2016-04-20

Figura 76. Guía de práctica 2 G. Fuente: Autores

		REVISIÓN 1/1	Página 1 de 15
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA		
CARRERA	MECATRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

PRÁCTICA #2

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 2

DOCENTE

ING. ALBERTO RAMÍREZ

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS

TEMA: “Comunicación industrial por protocolo Profinet entre dos PLC S7-1200: Lectura de marcas y activación de salidas”

Elaborado por: Ochoa Bernabé Aarom Valverde Malan Angelo	Revisado por: Ing. Alberto Ramírez	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 02/02/2024	Fecha de Revisión 02/02/2024	Número de Resolución Consejo de Carrera:

Figura 77. Manual de prácticas 2 A. Fuente: Autores

		REVISIÓN 1/1	Página 2 de 15
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA		
CARRERA	MECATRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

A. OBJETIVO GENERAL

- Implementar una comunicación efectiva mediante el protocolo Profinet entre dos controladores PLC S7-1200 con el fin de realizar la lectura de marcas y activar salidas de manera precisa y coordinada, optimizando así el proceso de control y monitoreo en un sistema industrial.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Configurar la comunicación Profinet entre los dos controladores PLC S7-1200 mediante la adecuada asignación de direcciones IP, parámetros de red y configuraciones de módulos de comunicación, garantizando así la conectividad estable y confiable entre los dispositivos.
- Desarrollar y programar rutinas de lectura de marcas en los PLC S7-1200, empleando las instrucciones y funciones disponibles en el entorno de programación de Siemens, con el propósito de identificar y procesar eficientemente la información proveniente de los dispositivos de entrada asociados.
- Implementar rutinas de activación de salidas en los PLC S7-1200, utilizando los recursos de programación disponibles para controlar y gestionar de manera adecuada los dispositivos de salida, asegurando así una respuesta precisa y oportuna a las señales de control generadas por el sistema.

Elaborado por: Ochoa Bernabé Aarom Valverde Malan Angelo	Revisado por: Ing. Alberto Ramírez	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 02/02/2024	Fecha de Revisión 02/02/2024	Número de Resolución Consejo de Carrera:

Figura 78. Manual de prácticas 2 B. Fuente: Autores

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		REVISIÓN 1/1	Página 3 de 15
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA		
CARRERA	MECATRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

C. MARCO TEÓRICO

PLC

Los Controladores Lógicos Programables (PLCs) son dispositivos electrónicos utilizados en la automatización de procesos industriales. Funcionan como computadoras industriales que supervisan la lógica de operación de máquinas, instalaciones y procesos en la industria. Estos dispositivos reciben información de sensores conectados o dispositivos de entrada, procesan los datos y activan salidas de acuerdo con parámetros preestablecidos. De esta manera, los PLCs tienen la capacidad de gestionar de manera automática tareas complejas y repetitivas. (M. Smith, 2023)

Características

- Utilizan un lenguaje de programación lógica.
- Están equipados con entradas y salidas digitales y analógicas.
- Pueden comunicarse con otros dispositivos y sistemas.
- Permiten la reprogramación y modificaciones en la lógica de control sin necesidad de cambiar el hardware físico.
- Pueden almacenar datos de proceso, registros de eventos y otros datos relevantes.
- Diseñados para entornos industriales adversos.

Elaborado por: Ochoa Bernabé Aarom Valverde Malan Angelo	Revisado por: Ing. Alberto Ramírez	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 02/02/2024	Fecha de Revisión 02/02/2024	Número de Resolución Consejo de Carrera:

Figura 79. Manual de prácticas 2 C. Fuente: Autores

		REVISIÓN 1/1	Página 4 de 15
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA		
CARRERA	MECATRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

Usos

- Automatización Industrial
- Control de Máquinas
- Sistemas de Alimentación
- Procesos Químicos
- Sistemas de Tráfico



Figura 1. PLC SIEMENS

Elaborado por: Ochoa Bernabé Aarom Valverde Malan Angelo	Revisado por: Ing. Alberto Ramírez	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 02/02/2024	Fecha de Revisión 02/02/2024	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 5 de 15
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA		
CARRERA	MECATRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

PROTOCOLO PROFINET

También conocido como Process Field Network, es un protocolo de comunicación Ethernet industrial que se fundamenta en el estándar TCP/IP de código abierto. Este estándar Ethernet, permite la interconexión de dispositivos de control y mando, como PLC y otros sistemas como equipos informáticos e Internet. Con PROFINET, se logra una comunicación unificada que abarca a todos los dispositivos industriales y administrativos, proporcionando soporte tecnológico desde el ámbito de la información hasta el nivel de control.

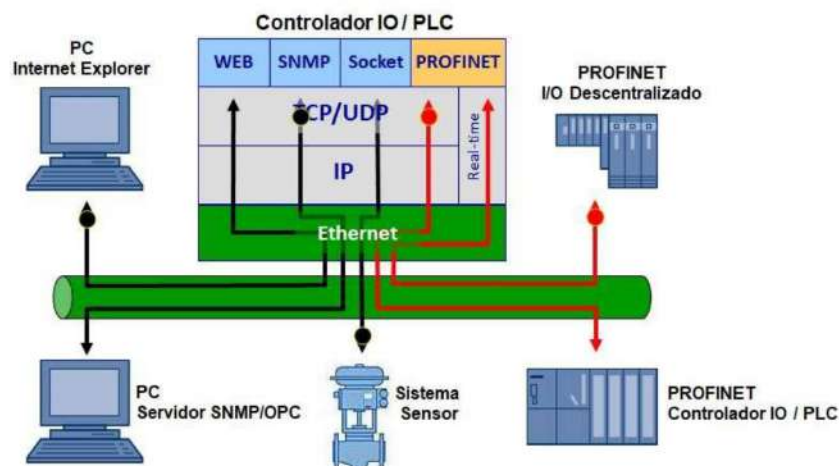


Figura 2. HMI SIEMENS

Elaborado por: Ochoa Bernabé Aarom Valverde Malan Angelo	Revisado por: Ing. Alberto Ramírez	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 02/02/2024	Fecha de Revisión 02/02/2024	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 6 de 15
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA		
CARRERA	MECATRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

TIA PORTAL

TIA Portal, creado por Siemens, se presenta como una avanzada plataforma de software destinada a la automatización industrial. Diseñada con la integración como objetivo principal, esta plataforma proporciona una amplia gama de herramientas y funciones esenciales que abarcan desde la concepción y el diseño hasta la implementación y operación de sistemas automatizados en la industria. Su enfoque completo y su capacidad para abordar diversas etapas del ciclo de vida de la automatización la convierten en una solución integral para los desafíos que presenta la industria moderna (Siemens, 2023).



Figura 3. TIA PORTAL

Elaborado por: Ochoa Bernabé Aarom Valverde Malan Angelo	Revisado por: Ing. Alberto Ramírez	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 02/02/2024	Fecha de Revisión 02/02/2024	Número de Resolución Consejo de Carrera:

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		REVISIÓN 1/1	Página 7 de 15
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA		
CARRERA	MECATRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

D. MARCO PROCEDIMENTAL

1. Una vez que se ingresa al TIA Portal y se selecciona el controlador que se utilizará, en las propiedades del PLC se habilita la utilización del byte de marcas de sistema.

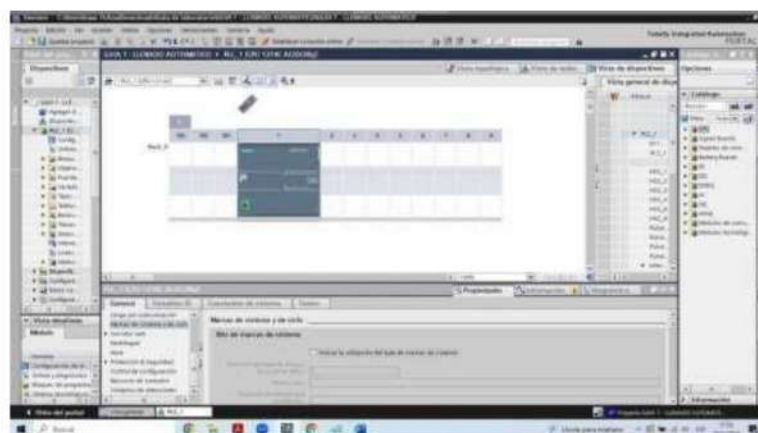


Figura 4. Propiedades del PLC.

Elaborado por: Ochoa Bernabé Aarom Valverde Malan Angelo	Revisado por: Ing. Alberto Ramírez	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 02/02/2024	Fecha de Revisión 02/02/2024	Número de Resolución Consejo de Carrera:

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		REVISIÓN 1/1	Página 8 de 15
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA		
CARRERA	MECATRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

- Una vez habilitada, se despliega una lista de parámetros en la que se activa el uso del byte de marcas de ciclo. Luego, se agrega un controlador adicional y se repite el mismo procedimiento.

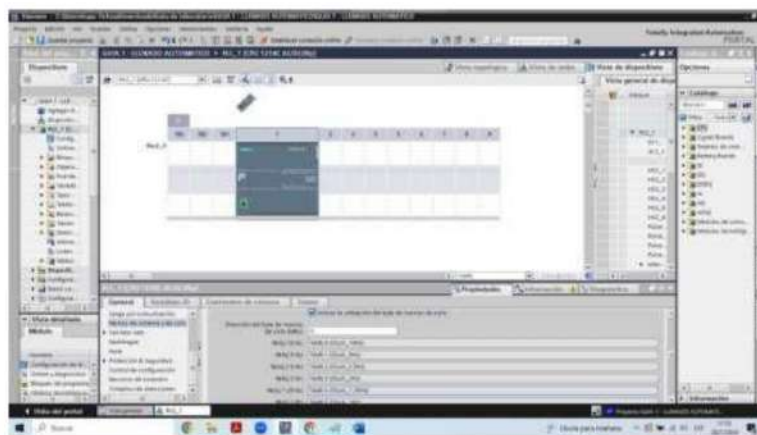


Figura 5. Parámetros del PLC

Elaborado por: Ochoa Bernabé Aarom Valverde Malan Angelo	Revisado por: Ing. Alberto Ramírez	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 02/02/2024	Fecha de Revisión 02/02/2024	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 9 de 15
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA		
CARRERA	MECATRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

3. En las propiedades del controlador, se ajustan las direcciones IP considerando que deben tener diferentes direcciones y que ambas deben conectarse en la misma subred.

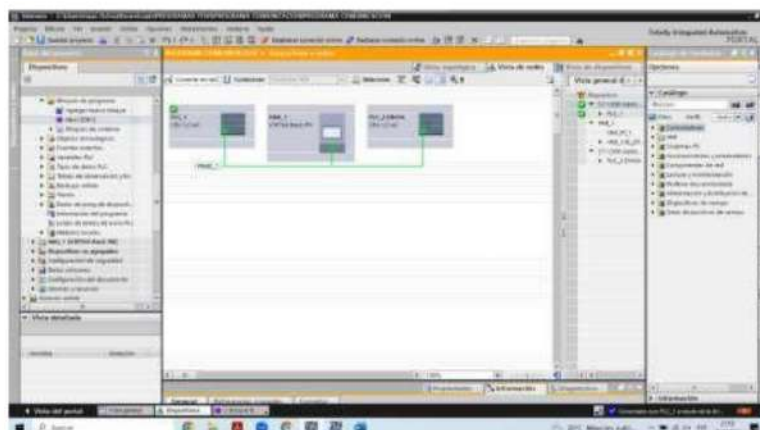


Figura 6. Diagrama de red.

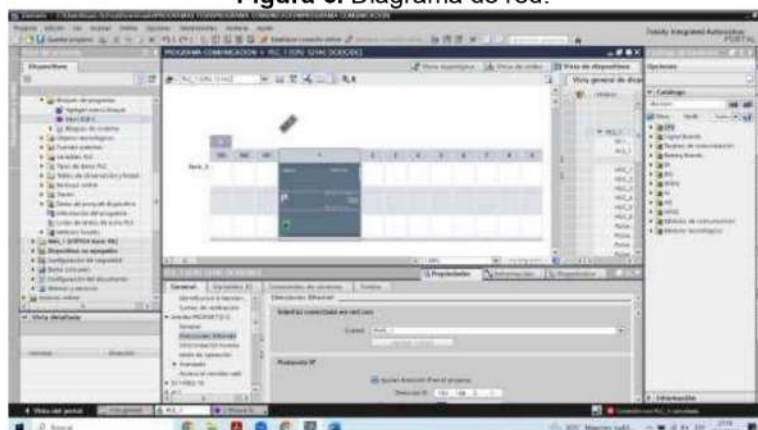


Figura 7. Propiedades del PLC 1.

Elaborado por: Ochoa Bernabé Aarom Valverde Malan Angelo	Revisado por: Ing. Alberto Ramírez	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 02/02/2024	Fecha de Revisión 02/02/2024	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 10 de 15
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA		
CARRERA	MECATRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

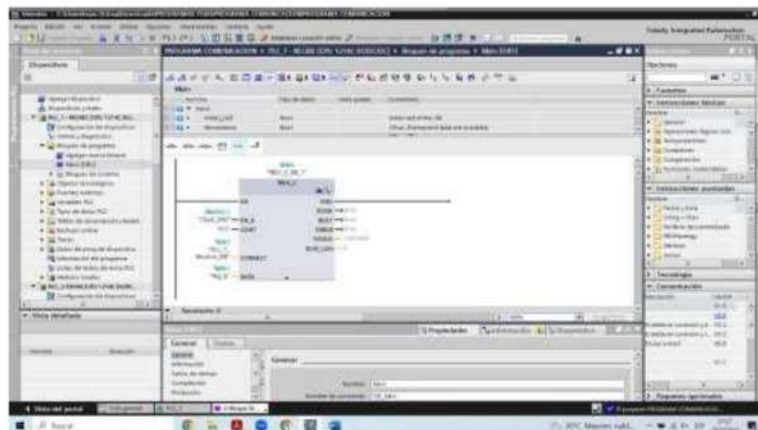


Figura 9. Configuración de parámetros TRCV_C.

9. En el controlador PLC2 - ENVÍA se agrega el bloque TSEND_C y se repiten los pasos de configuración anteriores, considerando ahora el PLC2 - ENVÍA como local y el PLC1 - RECIBE como interlocutor.
10. En el parámetro DATA se asigna la marca IB1.

Elaborado por: Ing.	Revisado por: Ing.	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 22/07/2023	Fecha de Revisión 19/10/2023	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 11 de 15	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO		
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA			
CARRERA	MECATRÓNICA			
SEDE	GUAYAQUIL			

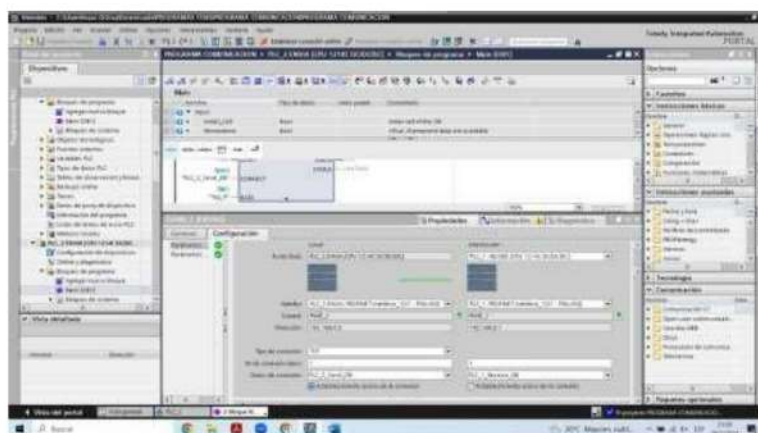


Figura 10. Configuración de parámetros TSEND_C.

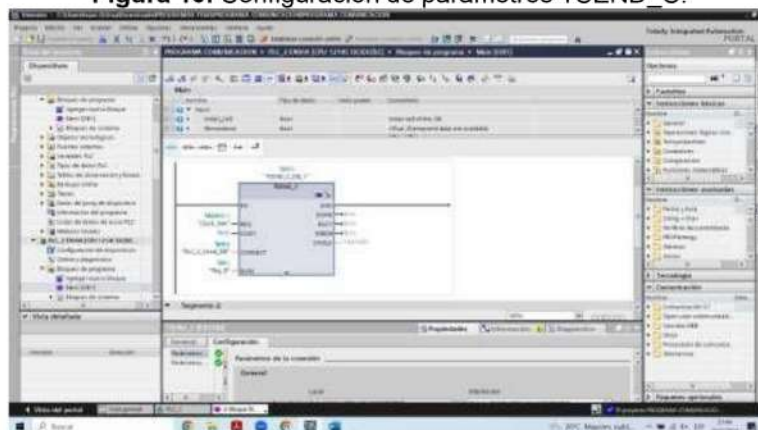


Figura 11. Configuración de parámetros TSEND_C.

Elaborado por: Ing.	Revisado por: Ing.	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 22/07/2023	Fecha de Revisión 19/10/2023	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 11 de 15
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA		
CARRERA	MECATRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

11. Una vez configurados los bloques de envío y recepción de datos y el proyecto base esté listo, se procede a compilar, guardar y cargar el proyecto.
12. Se prueban los resultados.

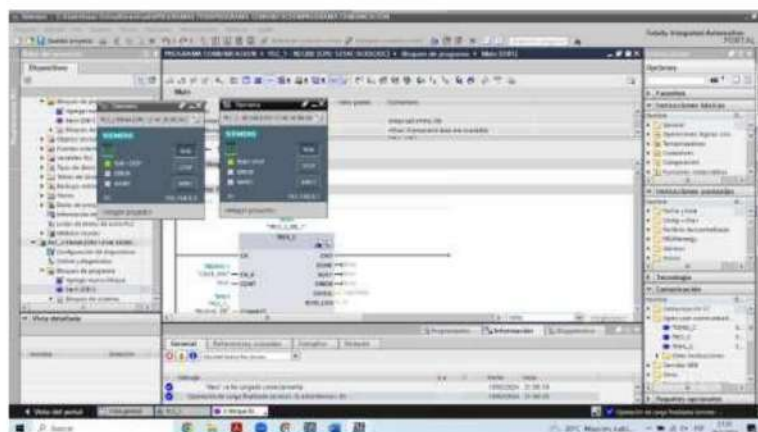


Figura 12. Simulación de los PLC en línea.

E. RECURSOS UTILIZADOS

- PLC 1
- PLC 2
- HMI
- TIA PORTAL
- CABLE ETHERNET

Elaborado por: Ing.	Revisado por: Ing.	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 22/07/2023	Fecha de Revisión 19/10/2023	Número de Resolución Consejo de Carrera:

Figura 89. Manual de prácticas 2 M. Fuente: Autores

		REVISIÓN 1/1	Página 11 de 15	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO		
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA			
CARRERA	MECATRÓNICA			
SEDE	GUAYAQUIL			

F. REGISTRO DE RESULTADOS

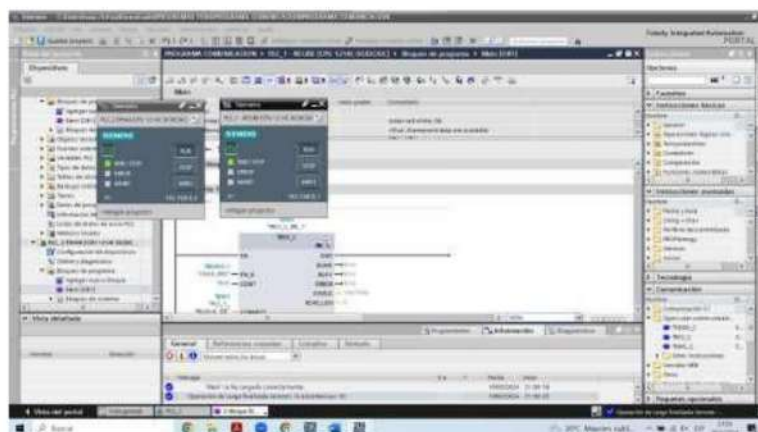


Figura 13. Simulación de los PLC en línea.

Elaborado por: Ing.	Revisado por: Ing.	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 22/07/2023	Fecha de Revisión 19/10/2023	Número de Resolución Consejo de Carrera:

Figura 90. Manual de prácticas 2 N. Fuente: Autores

		REVISIÓN 1/1	Página 11 de 15
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA		
CARRERA	MECATRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

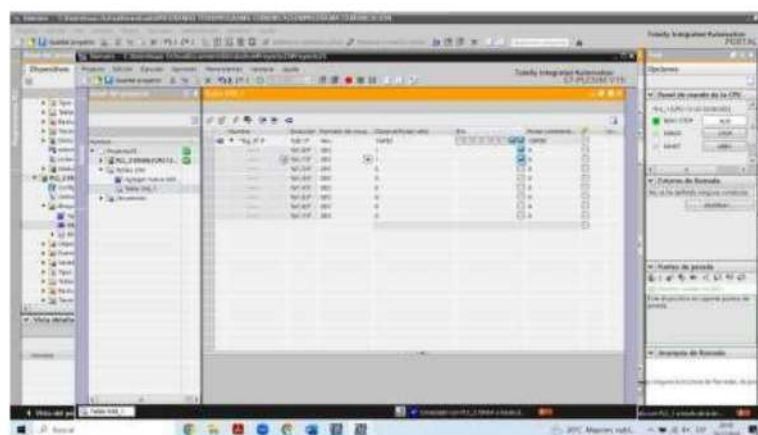


Figura 14. Simulación tabla SIM PLC2 – ENVIA.

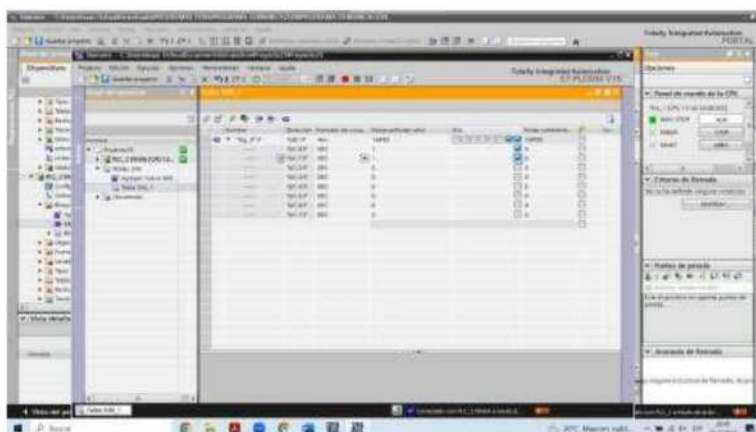


Figura 15. Simulación tabla SIM PLC1 – RECIBE.

Elaborado por: Ing.	Revisado por: Ing.	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 22/07/2023	Fecha de Revisión 19/10/2023	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 11 de 15	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO		
LABORATORIO	TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE PARA MECATRÓNICA			
CARRERA	MECATRÓNICA			
SEDE	GUAYAQUIL			

G. BIBLIOGRAFÍA

- Schubert, M., & Müller, C. (2023). TIA Portal: A Comprehensive Guide.
- Siemens. (2023). TIA Portal: Plataforma avanzada de software para la automatización industrial.
- Smith, M. (2023). PLCs for Beginners.
- Tumbaco, Y., & Saul, J. (2024). Simulación de un sistema automatizado de una línea de producción de harina de pescado en la provincia de Santa Elena (Bachelor's thesis, La Libertad, Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2024).

Elaborado por: Ing.	Revisado por: Ing.	Aprobado por: Ing. Jorge Fariño
Fecha de Elaboración 22/07/2023	Fecha de Revisión 19/10/2023	Número de Resolución Consejo de Carrera:

Figura 92. Guía de práctica 2 G. Fuente: Autores

REFERENCIAS

- [1] F. A. Barboza, G. B. Silva y A. C. Ferreira, *Desenvolvimento de um banco de prova portátil para teste de sensores de temperatura*, 2018.
- [2] R. D. S. Bolaños, A. C. Valdiero, L. A. Rasia y J. A. D. Salazar, *TENDENCIAS INVESTIGATIVAS EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS MECATRONICOS EN LA ACTUALIDAD (RESEARCH TRENDS IN THE MECHATRONIC PRODUCTS DEVELOPMENT CURRENTLY)*, 2020.
- [3] N. Bratovanov, *Robot Modeling, Motion Simulation and Off-Line Programming Based on SolidWorks API*, 2019. DOI: 10.1109/irc.2019.00117.
- [4] H. Braverman, *Automation: A Historical and Critical Perspective*, 2020.
- [5] M. Brown y J. Green, *HMIs: A Practical Guide to Design and Implementation*, 2022.
- [6] W. Brown, *SolidWorks for Manufacturing*, 2023.
- [7] I. L. Cevallos Polo y D. S. Santo Proaño, «Diseño e Implementación de un Módulo Didáctico para prácticas de Red Profibus y Profinet Con Plcs 71500 Aplicado a Motores Trifásicos,» B.S. thesis, 2021.
- [8] I. A. Dávila Acosta, «Diseño e implementación de dos módulos didácticos que emulen una celda de control industrial basada en una red profinet y una plataforma de control supervisorio,» Tesis de mtría., Quito: EPN, 2023., 2023.
- [9] J. A. Díaz, J. A. Martínez y J. A. Muñoz, *Diseño de un banco de prueba portátil para ensayos de motores eléctricos*, J. A. Muñoz, ed., 2021.
- [10] J. Doe, *Security Challenges in SCADA Systems*, 2022.
- [11] I. Electrónica, *Herramientas y Software para Prototipado en Mecatrónica*, mayo de 2022.
- [12] K. T. Erickson, *Programmable logic controllers*, 2018.
- [13] D. Feng, *Application analysis of CAD technology in architectural decoration design*, 2023.
- [14] J. G. FERREIRA VILLABONA, F. A. HERNANDEZ BERNAL e Y. M. JAIMES SUAREZ, «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICODE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL CON INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA HMI, VARIADOR DE FRECUENCIA Y CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PLC PARA EL CONTROL DE VELOCIDAD Y PAR DE ARRANQUE DE UN MOTOR AC,» 2020.
- [15] R. E. Florida, *The Rise of the Creative Class and the New Geography of Innovation*, 2021. dirección: <https://www.creativeclass.com/books/the-rise-of-the-creative-class-and-the-new-geography-of-innovation/>.
- [16] H. Kroner y D. Schmidt, *TIA Portal in the Cloud: The Future of Industrial Automation*, 2022.
- [17] G. B. López y L. E. Velastegui, «Automatización de procesos industriales mediante Industria 4.0,» *Alfapublicaciones*, vol. 3, n.º 3.1, págs. 98-115, 2021.
- [18] M. J. López, «Demanda de profesionales con habilidades en PLC y HMI,» *Revista de Automática y Robótica Industrial*, vol. 14, n.º 1, págs. 5-12, 2023.
- [19] H. J. Marquez, «La formación práctica en mecatrónica: una necesidad para enfrentar los retos del siglo XXI,» *Tecné, Episteme y Didáctica*, vol. 37, n.º 2, págs. 213-228, 2022.
- [20] D. Mourtzis, J. Angelopoulos y N. Panopoulos, *The Future of the Human–Machine Interface (HMI) in Society 5.0*, 2023.
- [21] Y. Neves Valadão, G. Künzel e I. A. P. Müller, *Industrial Wireless Automation: Overview and Evolution of WIA-PA*, 2018.
- [22] D. Páez y M. López-Vargas, *El método experimental: una guía práctica*, Madrid, 2020.
- [23] RECIMUNDO, *Vista de Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción)*, 2023.
- [24] P. Sánchez, «Comunicación TCP/IP en S7-1200/S7-1500 con ejemplos prácticos,» págs. 1-20, 2021.
- [25] M. Schubert y C. Müller, *TIA Portal: A Comprehensive Guide*, 2023.
- [26] K. Schwab, «Shaping the Future of the Fourth Industrial Revolution,» 2020.
- [27] Siemens, *TIA Portal: Plataforma avanzada de software para la automatización industrial*, 2023.
- [28] A. C. Smith y B. Jones, *CAD in the 21st Century: Trends and Opportunities*, 2023.
- [29] M. Smith, *PLCs for Beginners*, 2023.