



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**IMPLEMENTACIÓN DE INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA PARA PLANTA
DIDÁCTICA FESTO MPS-500**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero en Electrónica

AUTORES: Ericka Giannina Villón Aguilar

Gutember Fabián Ganchozo Sabando

TUTOR: Ing. VICENTE AVELINO PEÑARANDA IDROVO MSc.

Guayaquil – Ecuador

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Erica Giannina Villón Aguilar** y **Gutember Fabián Ganchozo Sabando** con documento de identificación No. **093162233-6** y con documento de identificación No. **100364220-6** 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 de titulación.

Guayaquil, agosto de 2023

Atentamente,



Erica Giannina Villón Aguilar

C.I 093162233-6



Gutember Fabián Ganchozo Sabando

C.I 100364220-2

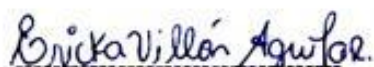
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, **Ericka Giannina Villón Aguilar** y **Gutember Fabián Ganchozo Sabando** con documento de identificación No. **093162233-6** y con documento de identificación No. **100364220-2**, 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 **“IMPLEMENTACIÓN DE INTERFAZ HOMBRE - MÁQUINA PARA PLANTA DIDÁCTICA FESTO MPS-500”** el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERO ELECTRÓNICO**, 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 final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, agosto del año 2023

Atentamente,



Ericka Giannina Villón Aguilar

C.I 093162233-6



Gutember Fabián Ganchozo Sabando

C.I 100364220-2

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **MSc. Vicente Avelino Peñaranda Idrovo** con documento de identificación No. **0916113426**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **"IMPLEMENTACIÓN DE INTERFAZ HOMBRE - MÁQUINA PARA PLANTA DIDÁCTICA FESTO MPS-500"** realizado por **ERICKA GIANNINA VILLÓN AGUILAR** con documento de identificación No. **093162233-6** y **GUTEMBER FABIÁN GANCHOZO SABANDO** con documento de identificación No. **100364220-2**, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, agosto de 2023.

Atentamente,



MSc. Vicente Avelino Peñaranda Idrovo

C.I. 0916113426

DEDICATORIA

A mi señor Jesús por permitir ser y estar.

A mi querida mamá, quien me enseñó el valor del esfuerzo y la perseverancia. Tu ejemplo de tenacidad me ha llevado a lograr ese hito académico. Gracias por ser mi inspiración. Hermana, gracias por tu constante aliento y compañerismo. A mis sobrinas, por alegrar cada momento y recordarme la importancia de esforzarse por un futuro mejor.

A mis amistades, gracias por ser mi red de apoyo, mis confidentes y mis compañeros de aventuras.

A mi universidad, por brindarme oportunidades de crecimiento intelectual y personal. Agradezco a mis profesores por su dedicación y orientación que han moldeado mi camino hacia el éxito académico.

A mí misma, por no dejar que los obstáculos me detengan y por demostrar que puedo superar cualquier adversidad. Que este logro sea un recordatorio de mi capacidad para enfrentar lo desconocido y triunfar.

Ericka Villón Aguilar

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mi Padre por haberme motivado y haber confiado en mí desde el comienzo, a mí mismo por la dedicación y compromiso que logré mantener todo este tiempo y por las adversidades que supe afrontar, a mi familia que estuvo pendiente de mí durante todo este periodo académico, a mis compañeros que estuvieron presentes y me brindaron su apoyo durante este largo recorrido, a los docentes que fueron parte del proceso y que me ayudaron a formarme en la UPS.

Fabián Ganchozo Sabando

RESUMEN

Año	Alumnos	Director de Proyecto	Tema de Proyecto de Titulación
2023	Ericka Giannina Villón Aguilar Gutember Fabián Ganchozo Sabando	Ing. Vicente Peñaranda	“IMPLEMENTACIÓN DE INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA PARA PLANTA DIDÁCTICA FESTO MPS-500”

El presente trabajo de titulación consiste en la implementación de Interfaz Hombre – Máquina para la planta didáctica FESTO MPS-500 ubicada en el laboratorio de Fabricación Flexible, bloque E, de la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil.

El objetivo de este proyecto es proporcionar a los estudiantes una mejor experiencia de aprendizaje profesional. Por ello, se implementa una HMI para visualizar y monitorear los parámetros de la planta didáctica FESTO MPS-500.

Para este proyecto se instaló una base con un tablero en el módulo FESTO COMPACT WORKSTATION sobre el cual se colocó una pantalla Simatic HMI TP-700 Siemens, se utilizó el software de ingeniería TIA PORTAL versión v15.1 con el que se creó y diseñó varias ventanas para la visualización y operación de los distintos módulos de la planta FESTO MPS-500.

La implementación de la interfaz de visualización en el módulo COMPACT WORKSTATION de la planta didáctica de FESTO MPS-500 (Sistema de Producción Modular) permitirá ejecutar y observar cómo actúan las cuatro variables del sistema de control de lógica secuencial de llenado de tanques, estas son: Nivel, Temperatura, Presión y Caudal.

Palabras claves: MPS, HMI, FESTO, NIVEL, TEMPERATURA, PRESIÓN, CAUDAL.

ABSTRACT

Year	Students	Project Manager	Subject of Degree Project
2023	Ericka Giannina Villón Aguilar Gutember Fabián Ganchozo Sabando	Eng. Vicente Peñaranda	"HUMAN-MACHINE INTERFACE IMPLEMENTATION FOR FESTO MPS-500 DIDACTIC PLANT".

The present degree work consists of the implementation of a Man-Machine Interface for the FESTO MPS-500 didactic plant located in the Flexible Manufacturing laboratory, block E, at the Salesian Polytechnic University of Guayaquil.

The objective of this project is to provide students with a better professional learning experience. Therefore, an HMI is implemented to visualize and monitor the parameters of the FESTO MPS-500 didactic plant.

For this project, a base with a board was installed in the FESTO COMPACT WORKSTATION module on which a Simatic HMI TP-700 Siemens screen was placed. The engineering software TIA PORTAL version v15.1 was used to create and design several windows for the visualization and operation of the different modules of the FESTO MPS-500 plant.

The implementation of the visualization interface in the COMPACT WORKSTATION module of the FESTO MPS-500 didactic plant (Modular Production System) will allow to execute and observe how the four variables of the tank filling sequential logic control system act, these are: Level, Temperature, Pressure and Flow.

Keywords: MPS, HMI, FESTO, CONTROL, LEVEL, TEMPERATURE, PRESSURE, FLOW.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. PROBLEMA	2
3. DELIMITACIÓN	3
3.1. DELIMITACIÓN TEMPORAL.....	3
3.2. DELIMITACIÓN ESPACIAL	3
3.3. DELIMITACIÓN ACADÉMICO.....	3
4. JUSTIFICACIÓN	3
5. OBJETIVO GENERAL	4
6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
7. MARCO TEÓRICO	5
7.1. DEFINICIÓN DE HMI	5
7.2. PLC S7 300.....	6
7.3. TIPOS DE PLC	8
7.4. CABLE ETHERNET	8
7.5. ROUTER	10
7.6. SOFTWARE TIA PORTAL	11
8. MARCO METODOLÓGICO	12
8.1. PLANTA DIDÁCTICA FESTO MPS-500.....	12
8.1.1. DISTRIBUCIÓN.....	12
8.1.2. TESTING	13
8.1.3. PROCESSING	13
8.1.4. HANDLING A Y B	14
8.1.5. ASRS.....	15

8.1.6.	SORTING.....	15
8.1.7.	CONVEYOR.....	16
8.2.	MÓDULO MPS PA COM PACT WORKSTATION.....	17
8.2.1.	COMPONENTES BÁSICOS DE UN MÓDULO MPS PA COMPACT WORKSTATION	19
9.	DESARROLLO.....	24
9.1.	MÓDULO MPS PA COMPACT WORKSTATION	24
10.	CONFIGURACIÓN DE HMI.....	34
10.1.	CONFIGURACIÓN DE PROPIEDADES, ANIMACIÓN Y EVENTOS	42
11.	RESULTADO	43
12.	CRONOGRAMA Y ACTIVIDADES.....	51
13.	PRESUPUESTO.....	52
14.	CONCLUSIONES.....	53
15.	RECOMENDACIONES.....	53
16.	BIBLIOGRAFÍA	54
17.	ANEXOS	60

INDICE DE FIGURA

Figura 1. Festo MPS PA COMPACT WORKSTATION (Autores).....	2
Figura 2. Simatic HMI TP700 Comfort (Siemens, 2023)	5
Figura 3. Partes de un HMI (Siemens, 2023)	6
Figura 4. Siemens Simatic S7-300 (Siemens, 2022)	6
Figura 5. Partes de un PLC (Sánchez).....	7
Figura 6. Cable Ethernet (Pablo, 2021)	8
Figura 7. Router (Tp-Link, 2023).....	10
Figura 8. Funcionalidad del TIA PORTAL (Siemens, 2023)	11
Figura 9. Distribution Station (Festo)	13
Figura 10. Testing Station (Festo).....	13
Figura 11. Processing Station (Festo)	14
Figura 12. Handling Station (Festo).....	14
Figura 13. ASRS Station (Festo).....	15
Figura 14. Sorting Station (Festo)	16
Figura 15. Conveyor Station (Festo)	16
Figura 16. Módulo MPS PA COMPACT WORKSTATION (Festo, 2020).....	17
Figura 17. Diagrama (Festo, 2020)	18
Figura 18. Festo DAPZ (Autores).....	20
Figura 19. Sensor Capacitivo del módulo (Autores).....	20
Figura 20. Bomba Scania 24V del módulo (Autores).....	21
Figura 21. Flujómetro del módulo (Autores)	21
Figura 22. Sensor Ultrasónico (Autores).....	22
Figura 23. Sensor de presión (Autores).....	22
Figura 24. Sensor PT100 (Autores).....	23

Figura 25. Bloque de datos (Autores)	24
Figura 26. Variables HMI_TP700 (Autores)	24
Figura 27. Árbol del proyecto (Autores).....	25
Figura 28. Segmento 1 - Flujo (Autores)	25
Figura 29. Segmento 1 de Nivel (Autores)	26
Figura 30. Segmento 2 de Presión (Autores)	26
Figura 31. Segmento 1 de Temperatura (Autores).....	27
Figura 32. Segmento 1 y 2 de Llenado y vacío del tanque (Autores).....	27
Figura 33. Segmento 3 de Control de encendido (Autores).....	28
Figura 34. Segmento 4 de Secuencia de llenado (Autores).....	28
Figura 35. Segmento 5 de Acciones de parada (Autores)	29
Figura 36. Segmento 6 del control de encendido para calentador (Autores)	29
Figura 37. Segmento 7 de Preset Pump (Autores)	30
Figura 38. Secuencia_Tanques_DB (Autores).....	30
Figura 39. Segmento 1 de lectura de sensores (Autores)	31
Figura 40. Segmento 2 de control de nivel y temperatura (Autores).....	32
Figura 41. Segmento 3 para alarmas (Autores).....	32
Figura 42. Segmento 4 de animación de tanque B101 (Autores).....	33
Figura 43. Tabla de Variables MPS – COMPACT WORKSTATION (Autores)	33
Figura 44. Creación de plantilla (Autores).....	34
Figura 45. Ventanas – HMI (Autores)	34
Figura 46. Portada HMI (Autores)	35
Figura 47. Estaciones FESTO (Autores).....	35
Figura 48. Siete Estaciones de Trabajo FESTO (Autores).....	36
Figura 49. Distribution Station (Autores)	36

Figura 50. Testing Station (Autores).....	37
Figura 51. Processing Station (Autores)	37
Figura 52. Handling A Station (Autores).....	38
Figura 53. Handling B Station (Autores)	38
Figura 54. ASRS Station (Autores).....	39
Figura 55. Sorting Station (Autores).....	39
Figura 56. MPS PA Compact Workstation (Autores).....	40
Figura 57. Alarmas y Gráficos (Autores).....	40
Figura 58. Conexiones (Autores)	41
Figura 59. Configuración de subred (Autores).....	41
Figura 60. Gráfico – Banda deslizadora (Autores)	42
Figura 61. Eventos HMI (Autores)	42
Figura 62. Conexión Tp-link (Autores).....	43
Figura 63. Cargar en dispositivo PLC S7-300 (Autores)	43
Figura 64. Ventana de bienvenida (Autores)	44
Figura 65. Menú principal (Autores).....	44
Figura 66. Ventana principal de estación Compact Workstation (Autores)	45
Figura 67. Tanque Binn101 lleno (Autores)	45
Figura 68. Operación y monitoreo (Autores).....	46
Figura 69. Gráfico de nivel (Autores)	46
Figura 70. transductor de señal (Autores)	47
Figura 71. Gráfico de flujo (Autores).....	47
Figura 72. Gráfico de Presión (Autores)	48
Figura 73. Gráfico de temperatura (Autores).....	48
Figura 74. Nivel alto tanque Binn102 (Autores).....	49

Figura 75. Activación de electroválvula (Autores)	49
Figura 76. Nivel bajo tanque Binn102 (Autores)	50
Figura 77. Conexión con la estación FESTO para sus respectivas pruebas (Autores)	60
Figura 78. Verificación de funcionalidad (Autores)	61
Figura 79. Comprobando las plantillas en la HMI (Autores).....	61
Figura 80. Conexiones con el módulo (Autores)	62
Figura 81. Tablero plástico para la HMI (Autores).....	62
Figura 82. Base para la HMI (Autores).....	63
Figura 83. Instalación de base en el módulo (Autores).....	63
Figura 84. Instalación terminada (Autores).....	64

INDICE DE TABLA

Tabla 1. Tipos de PLC (José Luis R, Sitio Web)	8
Tabla 2. Categorías de cable de red (Cable de red Ethernet, 2022)	10
Tabla 3. Componentes (Diego & Luis, 2015)	19
Tabla 4. Cronograma y Actividades del Proyecto de Titulación (Autores)	51
Tabla 5. Presupuesto (Autores)	52

1. INTRODUCCIÓN

La automatización industrial es un campo en constante evolución que ha transformado significativamente la forma en que operan las industrias en la actualidad, la innovación de nuevas tecnologías ha ayudado a las compañías a tener procesos más eficientes.

Si bien es cierto la automatización ha permitido aumentar la producción y disminuir los tiempos y mano de obra también ha mejorado el control y monitoreo de los diversos procesos mediante la Interfaz Hombre-Máquina (HMI), fundamental en la operación y supervisión de diferentes procesos de manufactura en las fábricas.

Las estaciones didácticas de Festo MPS (Sistemas de Producción Modular) están diseñadas para ofrecer una gran variedad de programas de capacitación prácticos con tipos de aplicaciones basados en la industria, en lo que se utilizan distintas técnicas y soluciones.

Este proyecto se centra en la importancia de implementar una HMI para mejorar la eficiencia operativa dentro de un proceso de producción y de supervisión, además de brindar la experiencia al estudiante de estar en entornos industriales, obteniendo así una óptima formación profesional de aprendizaje dentro del campo de la automatización de procesos industriales.

La interfaz de visualización por implementar permite ejecutar, monitorear y adquirir datos de las cuatro variables del sistema de control de lógica secuencial de llenados de tanques de la estación Compact Workstation de la planta didáctica Festo MPS-500.

Estas variables son: nivel, temperatura, presión y caudal.

2. PROBLEMA

En el laboratorio de Fabricación Flexible situado en el tercer piso del Edificio E en la Universidad Politécnica Salesiana se encuentra la planta didáctica Festo MPS-500. Sin embargo, este sistema no posee una Interfaz Hombre-Máquina para que los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Automatización puedan ejecutar, analizar, interactuar, monitorear y recibir información del proceso de manera centralizada sin necesidad de tener un computador conectado a cada módulo.

La falta de una interfaz de visualización hace que los alumnos no logren comprender el procedimiento de una mejor manera, ya que no pueden visualizar el momento en que las señales de entrada y salida de las diversas estaciones se ponen en marcha.



Figura 1. Festo MPS PA COMPACT WORKSTATION (Autores)

3. DELIMITACIÓN

3.1. DELIMITACIÓN TEMPORAL

El presente proyecto se implementó en un tiempo estimado de 6 meses, en el periodo 62 del año 2023, correspondiente al mes de abril 2023 hasta agosto 2023.

3.2. DELIMITACIÓN ESPACIAL

El trabajo de grado para la obtención del título de “Ingeniero Electrónico”, será desarrollado en el laboratorio de Fabricación Flexible en el bloque E en la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, que se encuentra ubicado en la Av. Domingo Comín y callejón Chambers.

3.3. DELIMITACIÓN ACADÉMICO

Este proyecto es aplicado en la planta didáctica FESTO MPS-500 donde se desarrolla las actividades prácticas y se visualiza las pruebas en la interfaz HMI TP-700 de la marca Siemens.

4. JUSTIFICACIÓN

Actualmente en el edificio E en la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, se han estado implementando varios módulos prácticos y de simulación para el aprendizaje con diferentes protocolos de comunicación industrial para una mejor interacción de los docentes hacia los estudiantes de las materias de: Automatización Industrial 1 y 2 y Redes Industriales y SCADA, muchos de estos equipos cuentan con algunos detalles a mejorar y debido a esto surgió el tema, ya que carecen de visualización y monitoreo de los parámetros de cada uno de los 7 módulos de la planta didáctica FESTO MPS 500, con esto se busca que los alumnos logren comprender y observar mediante una pantalla HMI el procedimiento que se lleva a cabo en las distintas estaciones.

5. OBJETIVO GENERAL

Implementar una interfaz de visualización utilizando una pantalla SIMATIC HMI TP-700 en el laboratorio de Fabricación Flexible de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil para prácticas de interacción de los estudiantes con la planta didáctica FESTO MPS 500.

6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Instalar una base para ubicar la pantalla SIMATIC HMI TP-700
- Colocar una pantalla SIMATIC HMI TP700 de la marca SIEMENS en la planta didáctica FESTO MPS 500.
- Crear y diseñar los gráficos de la pantalla HMI para la operación y monitorización del proceso.
- Establecer la conexión mediante la red de comunicación ETHERNET entre la planta didáctica FESTO MPS 500 y el HMI.
- Ejecutar y comprobar la correcta operación de la interfaz hombre-máquina (HMI)

7. MARCO TEÓRICO

7.1. DEFINICIÓN DE HMI

Una interfaz hombre-máquina (HMI) permite al usuario interactuar con una o varias máquinas o sistemas, es una interfaz gráfica que puede ser tan simple como unos pocos botones y una pantalla, o puede ser una compleja interfaz multitáctil. (Ekaterina, 2022)



Figura 2. Simatic HMI TP700 Comfort (Siemens, 2023)

Las HMI se utilizan en distintas áreas industriales, que abarcan desde la automotriz hasta la aeroespacial y la manufacturera. También son cada vez más comunes en los productos de consumo, como los televisores inteligentes y los electrodomésticos.

¿Cuántos tipos de HMI existen?

En general, los dispositivos HMI se pueden distinguir en cinco tipos: (Wyman, 2022)

- **Push Button Panels**
- **Mobile Panels**
- **Micro Panels**
- **Panels**
- **Multi Panels**

¿Cuáles son las partes de un HMI?

Un sistema de Interfaz Hombre-Máquina (HMI) se compone de una pantalla de visualización, un panel de control y puntos de enlace destinados a la comunicación. Puede ser incorporado en nuestro procedimiento a través de un equipo informático y se efectúa mediante un software con el fin de transferirlo a la HMI, la cual ejecutará el programa correspondiente. (SIGMA21, 2021)

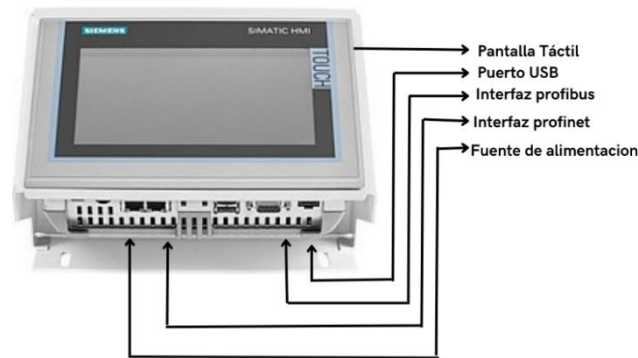


Figura 3. Partes de un HMI (Siemens, 2023)

7.2. PLC S7 300

Los controladores de procesos desempeñan un papel fundamental en la automatización industrial. A pesar de su larga presencia en el ámbito industrial, el PLC S7 300 ha evolucionado para satisfacer las diversas necesidades de la manufactura. En la actualidad, existen variados modelos diseñados para abordar una amplia gama de procesos industriales. (AUTYCOM, 2022)



Figura 4. Siemens Simatic S7-300 (Siemens, 2022)

Partes que componen un PLC

Fuente de alimentación: Ofrece energía eléctrica al CPU, y a su vez a las tarjetas del PLC. (Sanchez)

CPU (Unidad de procesamiento central): Su función implica descifrar la programación incorporada en el PLC, permitiendo así que la computadora opere al interpretar los códigos correspondientes. (Sanchez)

Módulos de Entradas/Salidas: Es la conexión entre el CPU y el mecanismo a controlar. El módulo de entrada tiene la responsabilidad de transmitir las señales que recibe hacia el PLC para que la información sea procesada de manera adecuada. En cambio, el módulo de salida envía una respuesta una vez que la información ha sido procesada, dirigiéndola directamente hacia los componentes activadores encargados de controlar el proceso. (Sanchez)

Módulo de memorias: Es el espacio donde se guarda la programación del PLC. Esta área de almacenamiento puede ser de diversos tipos como, RAM, ROM, o PROM, entre varias opciones disponibles.

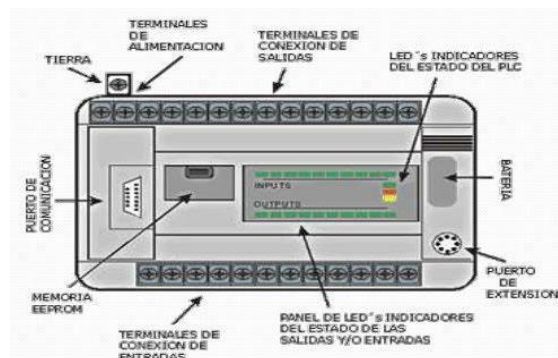


Figura 5. Partes de un PLC (Sánchez)

7.3. TIPOS DE PLC

Los controladores lógicos programables (PLC) pueden ser categorizados en las siguientes clases:



PLC Nano: Conforman la CPU, la fuente de alimentación y sus E/S, pero son limitados. Se utiliza para controlar y automatizar módulos especiales y secciones digitales de procesos industriales.



PLC Compacto: similar al nano, todos los componentes se combinan en un solo módulo. Sin embargo, este modelo tiene grandes dimensiones y puede utilizarse para una variedad relativamente amplia de módulos.



PLC Modular: El PLC se puede configurar según los requisitos de la industria. Esta ventaja se debe al factor de forma del módulo separados que permite ensamblar el PLC de acuerdo con las necesidades del proceso.

Tabla 1. Tipos de PLC (José Luis R, Sitio Web)

7.4. CABLE ETHERNET

Un cable Ethernet constituye un recurso valioso de red utilizado para conectar una computadora u otro dispositivo con un router. Además, su aplicabilidad se extiende a otros equipos. En resumen, este cable permite el acceso a internet, proporcionando una velocidad superior a la que se obtiene mediante Wi-Fi.



Figura 6. Cable Ethernet (Pablo, 2021)

Tipos de apantallamientos

Al analizar la envoltura de plástico, se señala la clase del cable y es posible identificar tres o cuatro letras. Estas letras hacen referencia a la forma en que los hilos de cobre del cable están protegidos contra interferencias electromagnéticas y como se resguardan dichos hilos. Estas medidas de protección no resultan esenciales para el uso en entornos domésticos.

- **UTP (*Unshielded Twisted Pair*)**: es un cable sin apantallamiento, se usa comúnmente en ambientes residenciales, aunque no se recomienda para cables muy largos que atraviesan paredes. (Fernández, 2023)
- **FTP (*Foiled Twisted Pair*)**: los hilos de cables se encuentran entrelazados y no cuentan con protección individual, pero están envueltos en un blindaje integral que los resguarda de manera colectiva. Recomendado para entornos doméstico. (Fernández, 2023)
- **STP (*Shielded Twisted Pair*)**: se aplica un revestimiento individual de malla conductora a cada par de cables entrelazados, el cual funciona como una capa protectora. Recomendado cuando se instala entre paredes. (Fernández, 2023)
- **SFTP (*Shield Foiled Twisted Pair*)**: estos cables se suelen utilizar cuando se instala entre paredes muy largas. Este es más caro, pero también ofrecen una mejor protección. Los pares de cables trenzados están apantallados por una malla protectora individual, lo que proporciona una cubierta completa para todos los cables. (Fernández, 2023)

CATEGORÍAS DE UN CABLE DE RED

CATEGORÍA	VELOCIDAD	FRECUENCIA	VELOCIDAD DE DESCARGA
ETHERNET CAT 5	100 Mbps	100 MHz	15,5 MB/s
ETHERNET CAT	1.000 Mbps	100 MHz	150,5 MB/s

5E			
ETHERNET CAT 6	1.000 Mbps	250 MHz	150,5 MB/s
ETHERNET CAT 6 ^a	10.000 Mbps	500 MHz	1.250 MB/s o 1,25 GB/s
ETHERNET CAT 7	10.000 Mbps	600 MHz	1,25 GB/s
ETHERNET CAT 7 ^a	10.000 Mbps	1.000 MHz	1,25 GB/s
ETHERNET CAT 8	40.000 Mbps	2.000 MHz	5 GB/s

Tabla 2. Categorías de cable de red (Cable de red Ethernet, 2022)

7.5. ROUTER

¿Qué es un router?

Un router es un dispositivo que administra la circulación de datos entre los dispositivos interconectados y las computadoras en una red. Este dispositivo decide la trayectoria que los paquetes de información siguen y tienen la responsabilidad de garantizar la continuidad de las conexiones de red. (TP-LINK, 2023)



Figura 7. Router (Tp-Link, 2023)

7.6. SOFTWARE TIA PORTAL

Totally Integrated Automation es la plataforma de ingeniería de Siemens que puede proporcionar soluciones de automatización para todas las áreas de la industria mundial e integrar todas las tareas de automatización en los procesos industriales. Es una aplicación modular y se pueden agregar nuevas funcionalidades de acuerdo con las necesidades específicas de cada departamento. (SIEMENS, 2023)

TIA Portal incluye:

- Lenguaje de programación para PLC (autómatas programables) de la marca Siemens como STEP 7.
- Software para control de periféricos.
- Software WINCC, específicamente diseñada para presentar visualmente procesos y dispositivos, compatible con pantallas táctiles.
- Start Drive, empleada para la gestión y control de servomotores.
- Scout TIA, una plataforma orientada al Motion Control y la automatización de movimientos.

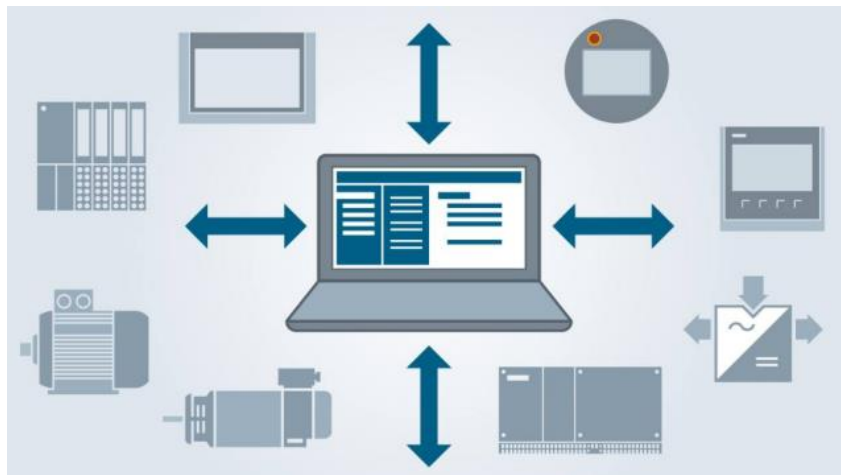


Figura 8. Funcionalidad del TIA PORTAL (Siemens, 2023)

8. MARCO METODOLÓGICO

8.1. PLANTA DIDÁCTICA FESTO MPS-500

Es un sistema de producción modular empleado en el campo de la automatización industrial. La abreviatura “MPS” corresponde a “*MODULAR PRODUCTION SYSTEM*”.

Este tipo de módulo tiene la finalidad de brindar un entorno educativo y funcional en el que los estudiantes y profesores puedan desarrollar sus habilidades en el ámbito de automatización y control de procesos.

La planta didáctica consta de 9 módulos, estos son:

- **Distribución**
- **Testing**
- **Processing**
- **Handling A y B**
- **ASRS**
- **Sorting**
- **Conveyor**
- **PA Compact Workstation**

8.1.1. DISTRIBUCIÓN

La finalidad de la estación de distribución es desunir una pieza de trabajo del depósito para que esté disponible para el siguiente proceso. La estación se distribuye en 2 subsistemas; Módulo de depósito de alimentación y módulo de transferencia. (FESTO, Distribution_Trainee)

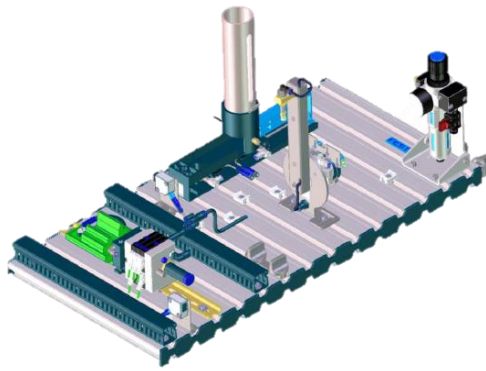


Figura 9. Distribution Station (Festo)

8.1.2. TESTING

El propósito de la estación de comprobación es diagnosticar que las piezas de trabajo cumplan con sus características, para luego rechazar o poner a disposición de la siguiente estación. (FESTO, supportportal - MPS)

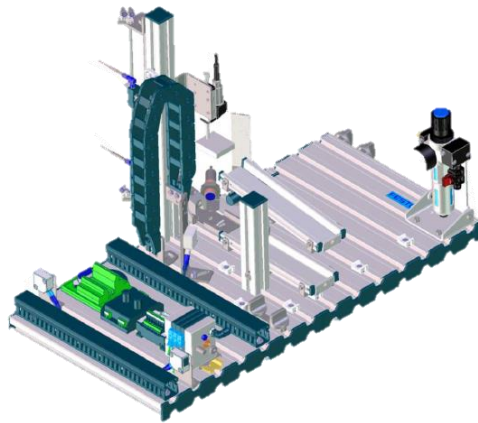


Figura 10. Testing Station (Festo)

8.1.3. PROCESSING

La estación de procesamiento se subdivide en tres módulos parciales:

- Módulo de plato divisor
- Módulo de perforación

- Módulo de comprobación de taladros

La finalidad es el procesamiento de la pieza de trabajo que se seleccionó en la estación 2. Una vez que finaliza el proceso se verifica el resultado de este. (Helwig, 2005)

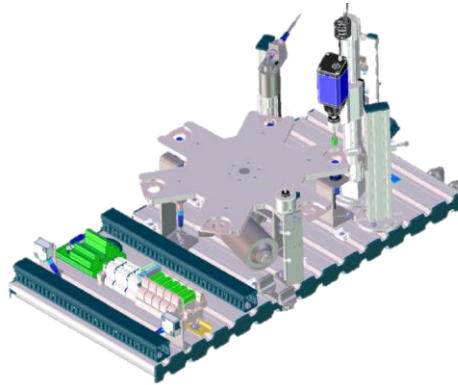


Figura 11. Processing Station (Festo)

8.1.4. HANDLING A Y B

La estación de manipulación tiene un instrumento de manipulación de 2 ejes que se puede ajustar según sus necesidades. Por medio de un sensor óptico detecta las piezas de trabajo colocadas en la base y las distingue entre piezas de trabajo “negras” y “no negras”. Luego, a través de una pinza neumática, el instrumento de manipulación agrupa las piezas de trabajo. (Martin Amador, 2014)



Figura 12. Handling Station (Festo)

8.1.5. ASRS

La estación ASRS cuenta con un sistema de almacenamiento y recuperación automatizado, el cual posee un robot cartesiano que realiza funciones de almacenaje y recuperación de pallets, con capacidad de hasta 32 pallets. Tiene dos transportadores paralelos que ruedan de manera opuesta. Cada uno realiza un trabajo diferente, un transportador se encarga de recuperar pallets y el otro de colocarlos en el almacén. (FESTO, ip.festo-didactic.com)

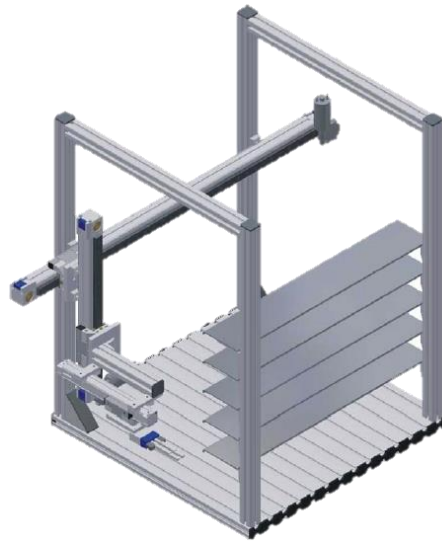


Figura 13. ASRS Station (Festo)

8.1.6. SORTING

La función de la estación Sorting consiste en separar las piezas de trabajo en tres tolvas. Las piezas puestas al inicio de la banda transportadora son detectadas por medio de una barrera óptica de horquilla. Por medio de un tope neumático las piezas son detenidas para analizar sus características, luego en el módulo de detección, los sensores determinan de que material y color son las piezas. Estas piezas pueden ser: negro, rojo o metálico.

Las piezas de trabajo se clasifican en las 3 tolvas a través de un deflector, mediante un sensor reflectivo se controla el nivel de llenado de las tolvas. (FESTO, <https://ip.festo-didactic.com/>)

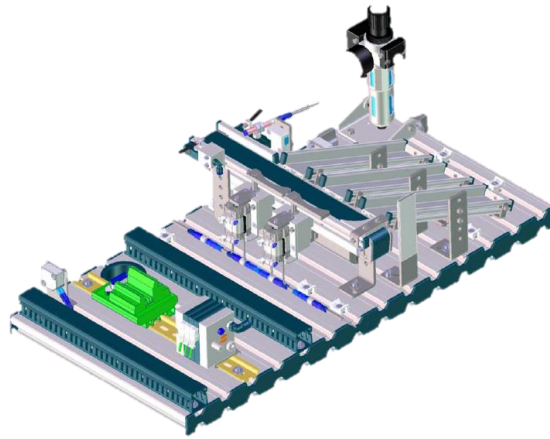


Figura 14. Sorting Station (Festo)

8.1.7. CONVEYOR

La estación Conveyor es una cinta transportadora que se encarga de trasladar y almacenar las piezas de trabajo. Posee sensores ópticos de proximidad que verifican la existencia de piezas antes del separador y al final de la cinta transportadora.

El movimiento de la banda transportadora es impulsado por un motorreductor. Mediante un electroimán las piezas de trabajo se pueden detener y separarse. Al final de cinta transportadora se tienen interruptores de proximidad inductivos para controlar la posición. (Festo Didactic SE)

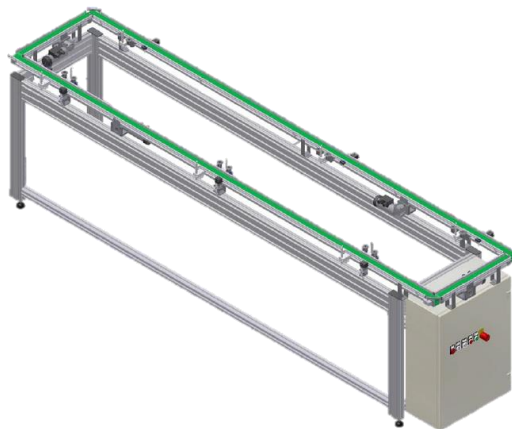


Figura 15. Conveyor Station (Festo)

8.2. MÓDULO MPS PA COM PACT WORKSTATION

La estación de trabajo Compact Workstation incluye componentes y dispositivos industriales reales como: sensores, actuadores, válvulas, controladores y sistema de comunicación, todos interconectados en un montaje modular.



Figura 16. Módulo MPS PA COMPACT WORKSTATION (Festo, 2020)

Esta categoría de sistema es ampliamente empleada en entidades educativas, centros de formación y empresas para formar a profesionales de la automatización industrial. Con el módulo MPS PA COMPACT WORKSTATION, los estudiantes adquieren conocimientos prácticos de la programación, en el diseño de sistemas de control, la implementación de redes de comunicación industrial y la solución de problemas en entornos de producción simulados. (Ortega, 2013)

La estación Compact Workstation permite ejecutar, monitorear y adquirir datos de las cuatro variables del sistema de control de lógica secuencial.

Estas variables son:

- Nivel
- Temperatura
- Presión
- Caudal

DIAGRAMA DE FESTO PA COMPACT WORKSTATION

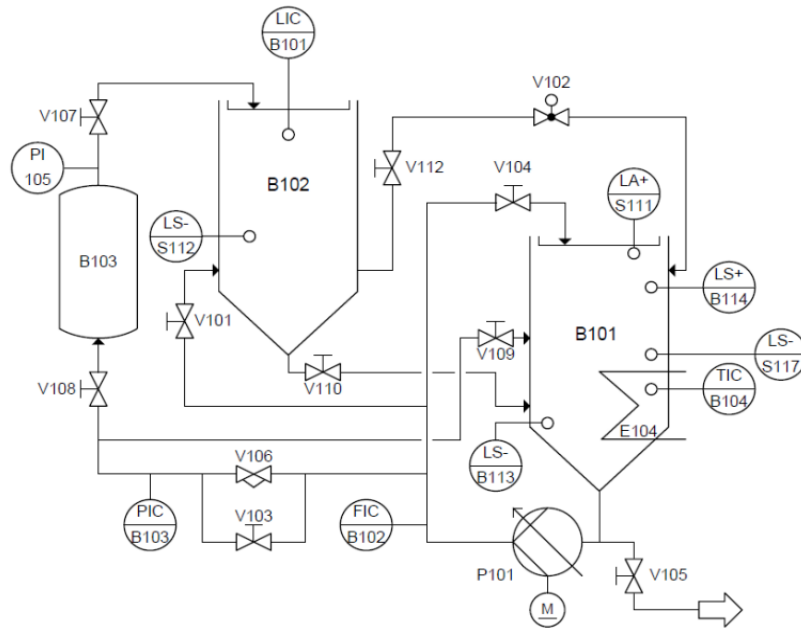


Figura 17. Diagrama (Festo, 2020)

COMPONENTES DE FESTO MPS PA COMPACT WORKSTATION

NOMBRE DEL COMPONENTE	NOMENCLATURA
Válvulas Manuales	V101, V103, V104, V105, V107, V108, V109, V110, V112
Válvula Neumática de Bola	V102
Válvula Proporcional	V106
Tanques de Depósitos	BINN 101, BINN 102
Tanque de Presión	VSSL 103

Bomba Centrífuga	PUMP 101
Calefactor	E104
Pt100	TIC 104
Sensor Ultrasónico	LIC 101
Sensores de Nivel Alto	LSH B113, LSH B114, LSH S111
Sensores de Nivel Bajo	LSL B113
Sensor Flotador	LSL S117
Sensor Caudal	FIC B102
Sensor de Presión	PIC B103
Manómetro	PI 105

Tabla 3. Componentes (Diego & Luis, 2015)

8.2.1. COMPONENTES BÁSICOS DE UN MÓDULO MPS PA COMPACT WORKSTATION

El sistema consta de varios componentes clave que permiten la simulación y el control de procesos industriales de manera práctica y didáctica. Sus principales elementos son:

- **FESTO SWITCH DAPZ**

Válvula de bola V102 de accionamiento electropneumático rotativo de la serie: DAPZ-SB-M-250AC-DR-RO (FESTO, 2015). Su función es permitir la activación y

desactivación del flujo de líquido que se desplaza desde el tanque Binn102 hacia el tanque Binn101.

Datos técnicos:

- Voltaje de entrada: 24vdc.
- Válvula: 5/2 vías.
- Presión: 2 – 10 bar, 28 - 145 Psi



Figura 18. Festo DAPZ (Autores)

● SENSOR CAPACITIVO

El sensor B101 se utiliza para detectar el nivel bajo y nivel alto del tanque Binn101.

Datos técnicos:

- Voltaje de alimentación: 10 - 60vdc.
- Salida: 24vdc.



Figura 19. Sensor Capacitivo del módulo (Autores)

- **BOMBA CENTRÍFUGA**

La bomba centrífuga M101 se utiliza para transportar el agua a través de tuberías a los tanques Binn101 y Binn102.

Datos técnicos:

- Voltaje de alimentación: 24Vdc.
- At: 15 KPa / 0.15 bar head.
- Caudal: 22.5 l/min.
- Potencia: 26w.
- Manguera: diámetro 20mm.



Figura 20. Bomba Scania 24V del módulo (Autores)

- **FLUJÓMETRO**

El sensor B102 mide el flujo de agua a la salida de la bomba centrífuga M101.

Datos técnicos:

- Voltaje de alimentación: 8 - 24vdc.
- Salida: 40 – 1200 Hz.



Figura 21. Flujoómetro del módulo (Autores)

- **SENSOR ULTRASÓNICO**

Este dispositivo es usado para medir la distancia en milímetros que existe entre en agua y el sensor B101.

Datos técnicos:

- Voltaje de alimentación: 20 - 30vdc.
- Salida: 0 -10v, 4 – 20mA.
- Alcance: 5 - 30cm.



Figura 22. Sensor Ultrasónico (Autores)

- **SENSOR DE PRESIÓN**

El sensor B103 mide la presión del agua de la tubería de la planta Compact Workstation.

Datos técnicos:

- Voltaje de alimentación: 10 – 30vdc.
- Salida: 0 – 10v, 4 – 20mA.



Figura 23. Sensor de presión (Autores)

- **SENSOR PT100**

El sensor B104 detecta la temperatura del agua del tanque Binn101. Cuando la temperatura es 0 °C su valor es 100 ohms y a medida que incrementa la temperatura aumenta su resistencia eléctrica.

Datos técnicos:

- Voltaje de entrada.
- Salida: 0 – 100 ohms.
- Rango de trabajo: -50°C hasta +400°C.



Figura 24. Sensor PT100 (Autores)

9. DESARROLLO

Este proyecto que utiliza el software TIA PORTAL se desarrolló en las secciones que se muestran a continuación:

9.1. MÓDULO MPS PA COMPACT WORKSTATION

La figura 25 muestra los bloques de datos utilizados para cada una de las siete estaciones.

HMI_TP700								
	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de ...	Remanen...	Visible en ...	Valor de a...	Comentario
1	Static							
2	▾ DISTRIBUTION	Struct	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	VER TABLA DE VARIABLES EN EL MANUAL
3	▾ TESTING	Struct	6.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	VER TABLA DE VARIABLES EN EL MANUAL
4	▾ PROCESSING	Struct	12.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	VER TABLA DE VARIABLES EN EL MANUAL
5	▾ HANDLING_A	Struct	18.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	VER TABLA DE VARIABLES EN EL MANUAL
6	▾ ASRS	Struct	24.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	VER TABLA DE VARIABLES EN EL MANUAL
7	▾ SORTING	Struct	30.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	VER TABLA DE VARIABLES EN EL MANUAL
8	▾ HANDLING_B	Struct	36.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	VER TABLA DE VARIABLES EN EL MANUAL

Figura 25. Bloque de datos (Autores)

Se han añadido tres tipos de variables: INPUT, OUTPUT y MEMORY de tipo de datos: ARRAY dentro de cada estación. Esto ayuda a secuenciar cada variable entre el PLC y la HMI.

HMI_TP700								
	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de ...	Remanen...	Visible en ...	Valor de a...	Comentario
1	Static							
2	▾ DISTRIBUTION	Struct	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	VER TABLA DE VARIABLES EN EL MANUAL
3	▾ INPUTS	Array[0..15] ...	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	▾ OUTPUTS	Array[0..15] ...	2.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	▾ MEMORY	Array[0..7] o...	4.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	▾ TESTING	Struct	6.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	VER TABLA DE VARIABLES EN EL MANUAL
7	▾ INPUTS	Array[0..15] ...	6.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	▾ OUTPUTS	Array[0..15] ...	8.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	▾ MEMORY	Array[0..7] o...	10.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	▾ PROCESSING	Struct	12.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	VER TABLA DE VARIABLES EN EL MANUAL
11	▾ INPUTS	Array[0..15] ...	12.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	▾ OUTPUTS	Array[0..15] ...	14.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13	▾ MEMORY	Array[0..7] o...	16.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14	▾ HANDLING_A	Struct	18.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	VER TABLA DE VARIABLES EN EL MANUAL
15	▾ INPUTS	Array[0..15] ...	18.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16	▾ OUTPUTS	Array[0..15] ...	20.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17	▾ MEMORY	Array[0..7] o...	22.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
18	▾ ASRS	Struct	24.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	VER TABLA DE VARIABLES EN EL MANUAL
19	▾ INPUTS	Array[0..15] ...	24.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
20	▾ OUTPUTS	Array[0..15] ...	26.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
21	▾ MEMORY	Array[0..7] o...	28.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
22	▾ SORTING	Struct	30.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	VER TABLA DE VARIABLES EN EL MANUAL
23	▾ INPUTS	Array[0..15] ...	30.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
24	▾ OUTPUTS	Array[0..15] ...	32.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
25	▾ MEMORY	Array[0..7] o...	34.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
26	▾ HANDLING_B	Struct	36.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	VER TABLA DE VARIABLES EN EL MANUAL
27	▾ INPUTS	Array[0..15] ...	36.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
28	▾ OUTPUTS	Array[0..15] ...	38.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
29	▾ MEMORY	Array[0..7] o...	40.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Figura 26. Variables HMI_TP700 (Autores)

Como se muestra en la figura 27, se han agregado cuatro bloques FC dentro del PLC del módulo Compact Workstation para las variables de: NIVEL, TEMPERATURA, PRESIÓN Y FLUJO.

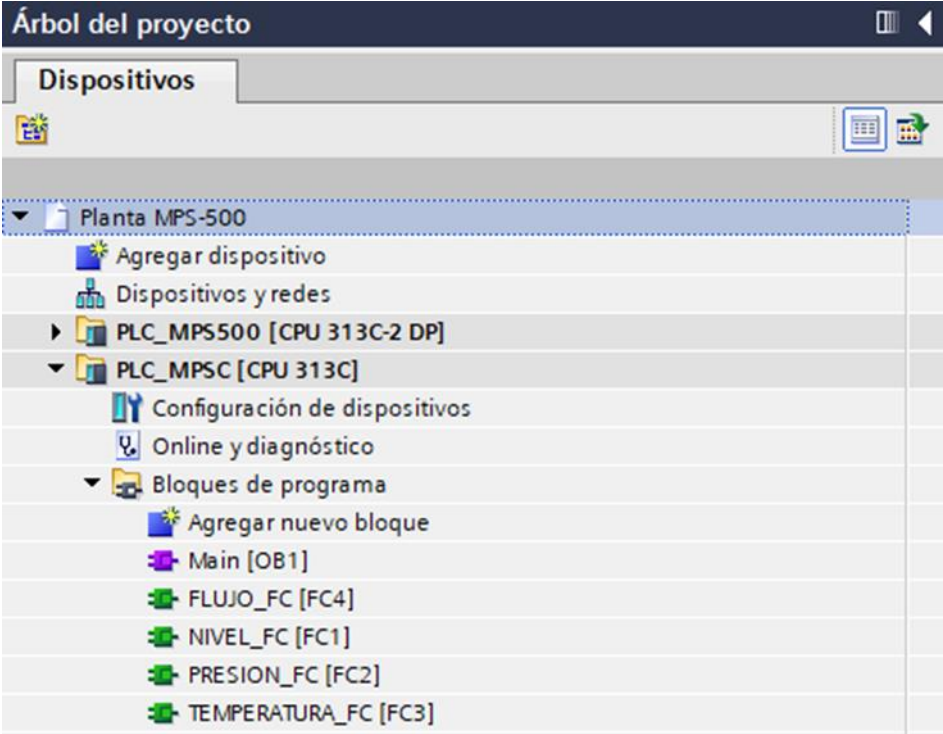


Figura 27. Árbol del proyecto (Autores)

Dentro del bloque de función **FLUJO_FC** se añadió un convertor de tipo “SCALE” para escalar el valor de entrada del sensor en el rango de 0 a 9 l/min.

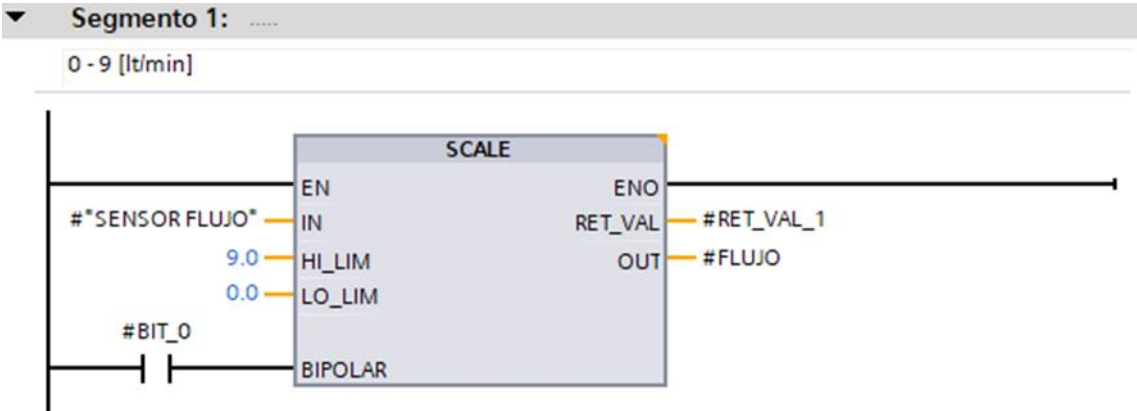


Figura 28. Segmento 1 - Flujo (Autores)

En el bloque de función NIVEL_FC se desarrolló una conversión de datos en la que se aplica la ecuación de la recta y se obtiene los datos del sensor de nivel en centímetros. (Dueñas Francisco & Chalacán Natalia, 2017)

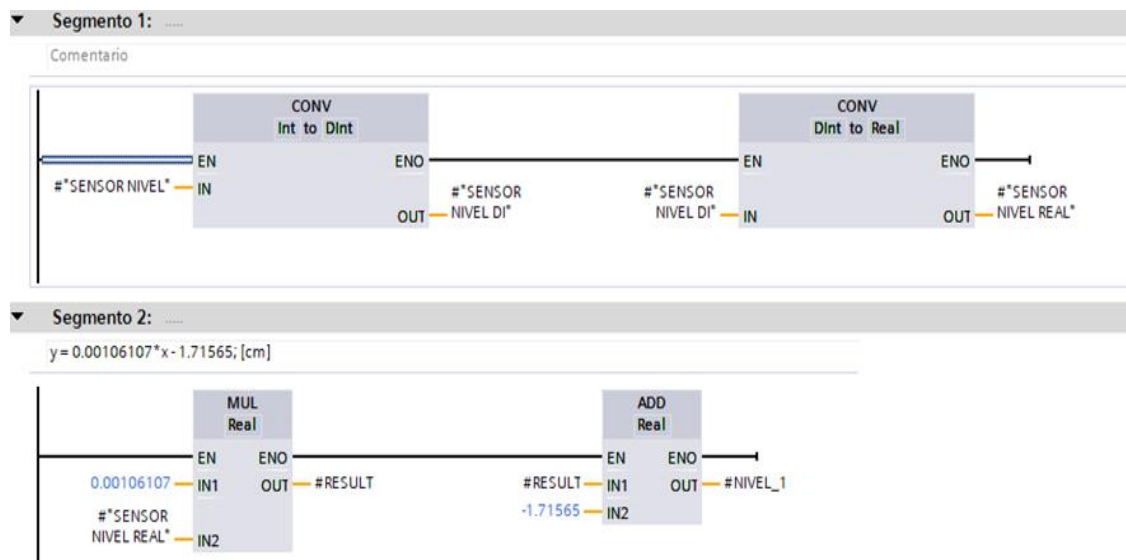


Figura 29. Segmento 1 de Nivel (Autores)

En el bloque de **PRESIÓN_FC** se ejecuta la transformación de información, se emplea la ecuación de la recta y se obtiene los datos del sensor de presión en milibares. (Dueñas Francisco & Chalacán Natalia, 2017)

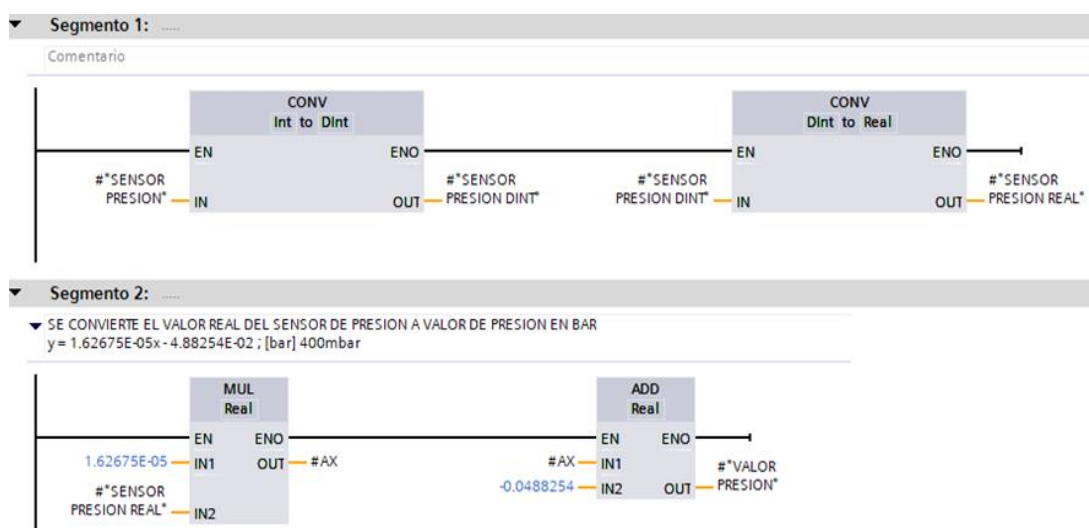


Figura 30. Segmento 2 de Presión (Autores)

El sensor PT100 es leído por el bloque TEMPERATURA_FC y sus lecturas se escalan de 0 a 100°C.

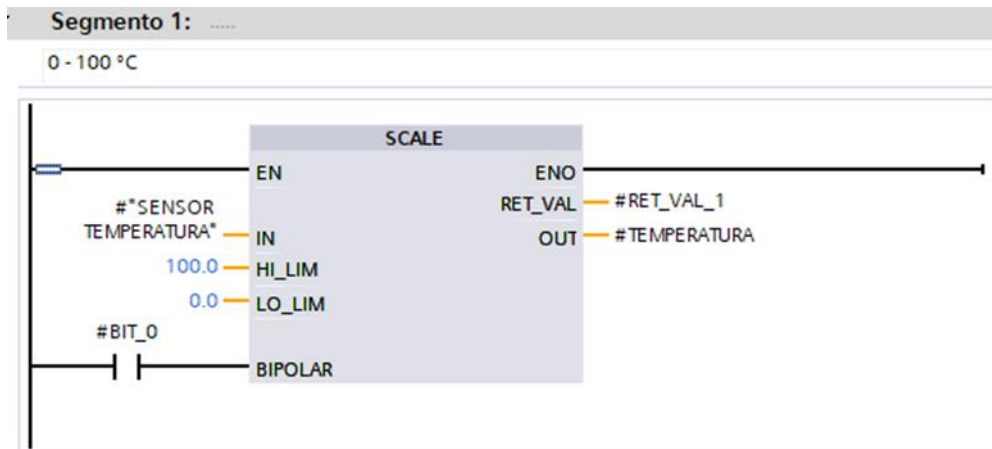


Figura 31. Segmento 1 de Temperatura (Autores)

A continuación, se describe en detalle cada parte del bloque funcional “FB”:

Tal y como se muestra en la figura 32, los sensores capacitivos emiten una señal para verificar el estado del tanque Binn101.



Figura 32. Segmento 1 y 2 de Llenado y vacío del tanque (Autores)

El control de encendido se realiza en la siguiente sección, pero antes de comenzar la secuencia, el tanque Binn101 debe estar lleno.

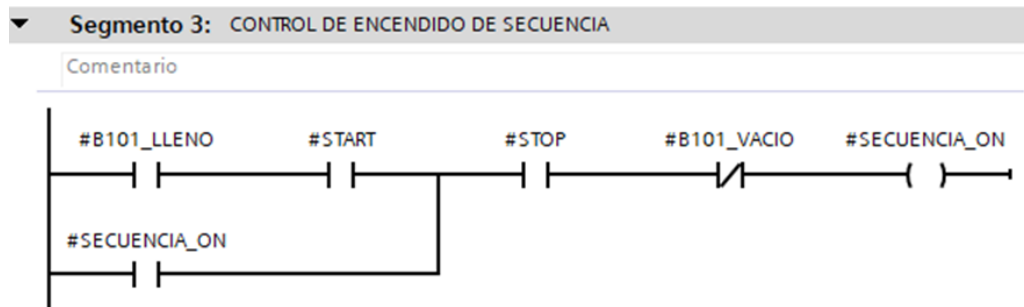


Figura 33. Segmento 3 de Control de encendido (Autores)

Se realiza la secuencia de llenado de los tanques Binn101 y Binn102. Cuando el nivel del agua en el tanque Binn102 alcanza los 18 cm de altura, se activa un temporizador con retardo a la conexión por 5 segundos y luego se activa la válvula de bola para permitir que el agua fluya hacia el tanque Binn101.

Cuando el nivel del agua en el tanque Binn102 desciende por debajo de 8 cm de altura se desactiva la válvula de bola y se activa nuevamente la bomba para continuar con la secuencia de llenado de los tanques

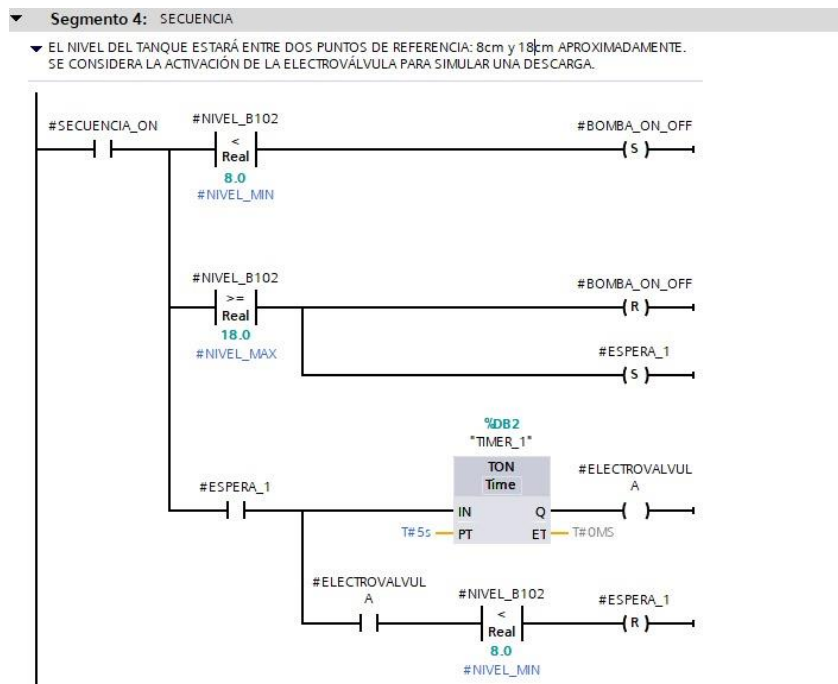


Figura 34. Segmento 4 de Secuencia de llenado (Autores)

Como se indica la figura 35, cuando se pulsa un stop a la secuencia de llenado de los tanques, automáticamente se realiza un Reset a la bomba, temporizador y calentador.

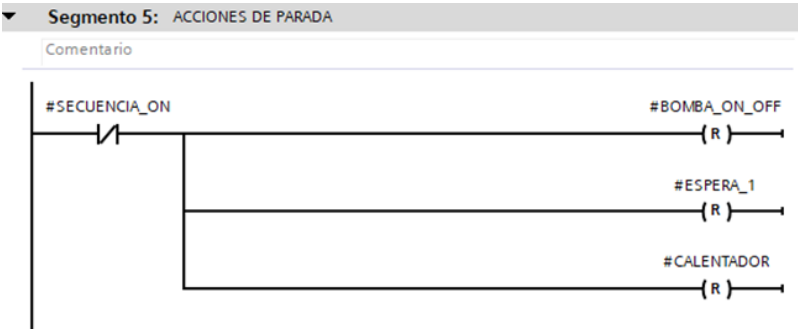


Figura 35. Segmento 5 de Acciones de parada (Autores)

La secuencia de trabajo del calentador consta en el segmento 6. Las temperaturas fluctúan entre 25.5°C y 28°C. Si la temperatura es inferior a 25.5°C, el calentador se activa, y si la temperatura es superior a 28°C, el calentador se desactiva.

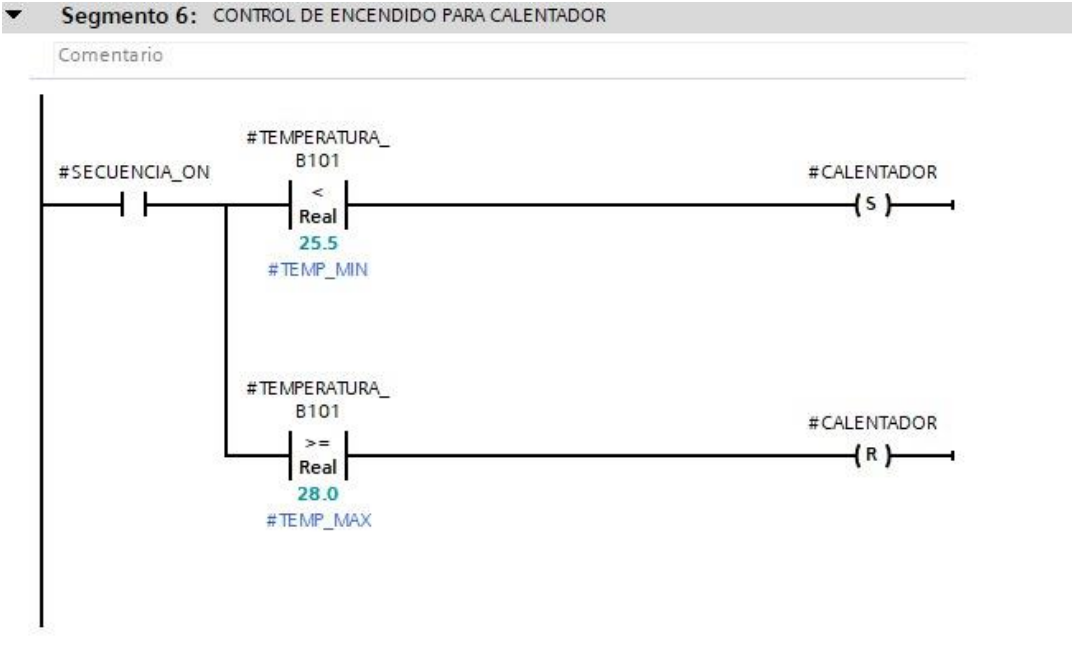


Figura 36. Segmento 6 del control de encendido para calentador (Autores)

En el segmento 7, se realiza un arreglo de contacto para garantizar que la bomba trabaje de manera digital con respuesta false.

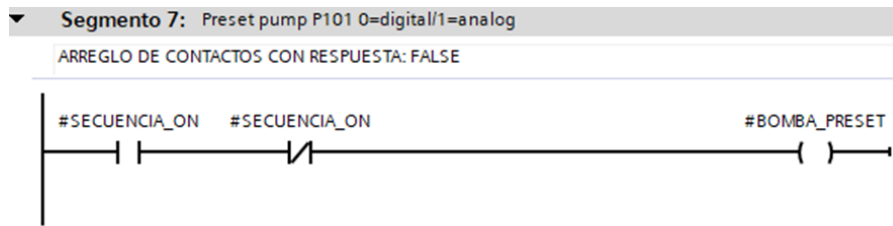


Figura 37. Segmento 7 de Preset Pump (Autores)

El bloque SECUENCIA_DB contiene todas las variables utilizadas en el bloque de funciones SECUENCIA_FB.

SECUENCIA_TANQUES_DB							
	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Remanen...	Visible en ..	Valor de a..
1	Input				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	START	Bool	0.0	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	STOP	Bool	0.1	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	NIVEL_B102	Real	2.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	NIVEL_BAJO_B101	Bool	6.0	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	NIVEL_ALTO_B101	Bool	6.1	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	TEMPERATURA_B101	Real	8.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Output				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	SECUENCIA_ON	Bool	12.0	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	BOMBA_PRESET	Bool	12.1	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	BOMBA_ON_OFF	Bool	12.2	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	ELECTROVALVULA	Bool	12.3	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	CALENTADOR	Bool	12.4	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	InOut				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Static				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	B101_LLENO	Bool	14.0	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	B101_VACIO	Bool	14.1	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	ESPERA_1	Bool	14.2	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 38. Secuencia_Tanques_DB (Autores)

Todas las funciones se declaran en el bloque MAIN (bloque de organización). El segmento 1 declara los cuatro bloques “FC” con la lectura de entrada de los sensores de:

- Nivel
- Presión
- Temperatura
- Flujo

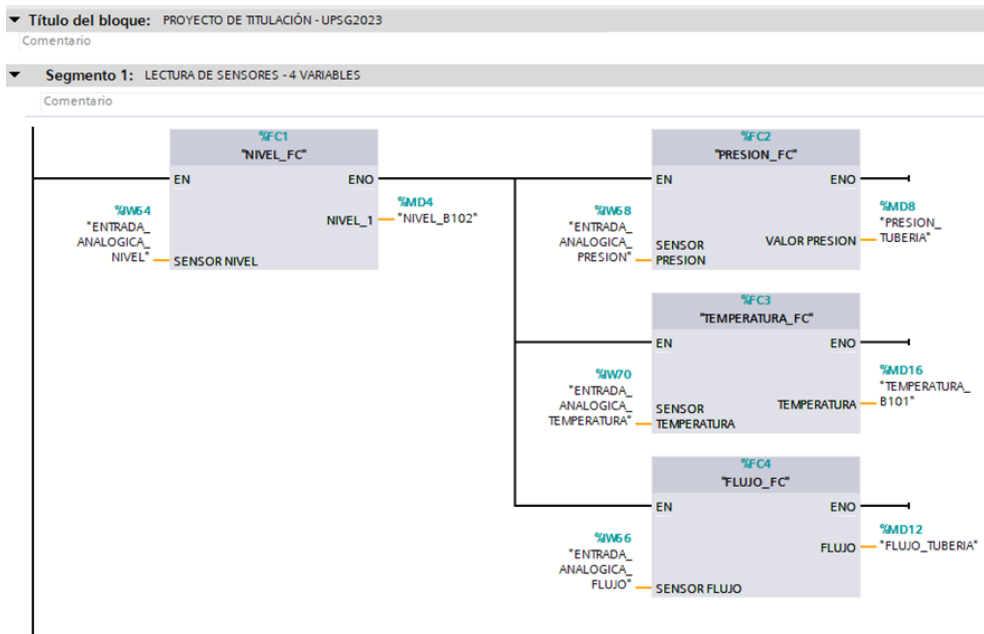


Figura 39. Segmento 1 de lectura de sensores (Autores)

En el segmento 2 se declara un bloque de función “FB” SECUENCIA_TANQUES que agrega todas las entradas y salidas para una funcionalidad adecuada.

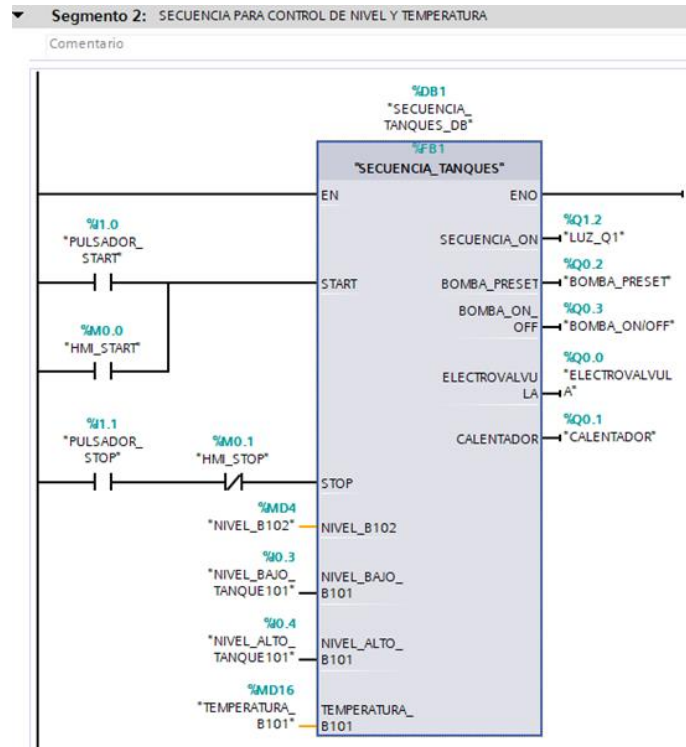


Figura 40. Segmento 2 de control de nivel y temperatura (Autores)

En el segmento 3, la función MOVE transfiere los datos de entrada y salida a la memoria del programa.

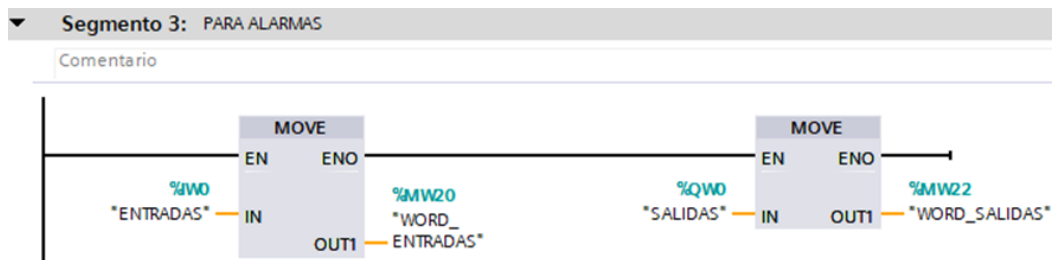


Figura 41. Segmento 3 para alarmas (Autores)

Para realizar la animación del tanque Binn101 se utiliza la función resta. Se coloca el valor máximo del tanque Binn101 y se resta el valor de entrada del sensor ultrasónico del tanque Binn102. El resultado de esta operación es el nivel actual del tanque Binn101.

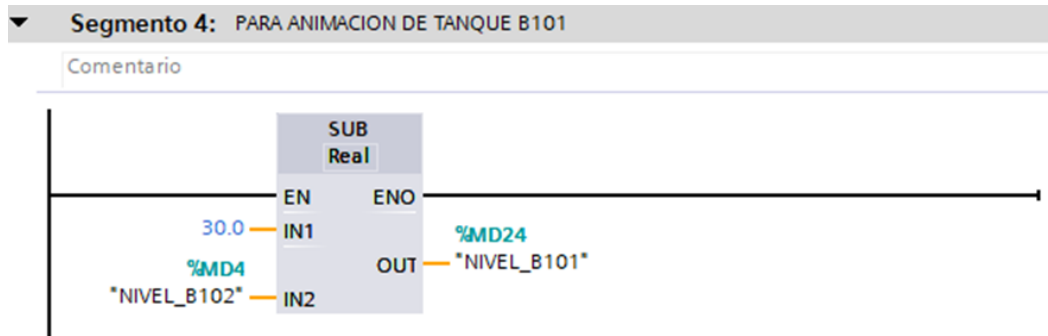


Figura 42. Segmento 4 de animación de tanque B101 (Autores)

En la figura 43, se muestra la tabla de variables del PLC de la estación COMPACT WORKSTATION.

MPSC							
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Visibl...	Comentario
1	BOMBA_ON/OFF	Bool	%Q0.3				Pump P101 turn on/off digital
2	BOMBA_PRESET	Bool	%Q0.2				Preset pump P101 0=digital/1=analog
3	CALENTADOR	Bool	%Q0.1				Turn on heating unit tank 101 - E104
4	DESBORDE_TANQUE101	Bool	%I0.1				Float switch (nc) overflow safety tank B10...
5	ELECTROVALVULA	Bool	%Q0.0				Process valve, open ball valve V102 with N...
6	ELECTROVALVULA_ABIERTA	Bool	%I0.5				Micro switch ball valve V102 open
7	ELECTROVALVULA_CERRADA	Bool	%I0.6				Micro switch ball valve V102 close
8	ENTRADA_ANALOGICA_FLUJO	Int	%IW66				Canal 1 de entrada analógica - Flow (UE2 ...
9	ENTRADA_ANALOGICA_NIVEL	Int	%IW64				Canal 0 de entrada analógica - Level (UE1 ...
10	ENTRADA_ANALOGICA_PRESION	Int	%IW68				Canal 2 de entrada analógica - Pressure (U...
11	ENTRADA_ANALOGICA_TEMPE...	Int	%IW70				Canal 3 de entrada analógica - Temperat...
12	FLUJO DE TANQUE101	Bool	%I0.0				Flow rate sensor (frequency 0...1000Hz)
13	LUZ_Q1	Bool	%Q1.2				Q1 indicator light - open control operatio...
14	LUZ_Q2	Bool	%Q1.3				Q2 indicator light - closed-loop control o...
15	LUZ_RESET	Bool	%Q1.1				Reset indicator light
16	LUZ_START	Bool	%Q1.0				Start indicator light
17	NIVEL_ALTO_TANQUE101	Bool	%I0.4				Proximity switch max. level lower tank B1...
18	NIVEL_BAJO_TANQUE101	Bool	%I0.3				Proximity switch min. lower tank B101, m...
19	NIVEL_BAJO_TANQUE102	Bool	%I0.2				Float switch threshold function tank B102...
20	LLAVE_AUTOMATICO_MANUAL	Bool	%I1.2				Automatic-Manual key switch
21	SALIDA_ANALOGICA_VALVUL...	Int	%QW66				Canal 1 de salida analógica - Proportional ...
22	SALIDA_ANALOGICA_VARIADOR	Int	%QW64				Canal 0 de salida analógica - Pump101
23	PULSADOR_RESET	Bool	%I1.3				Reset pushbutton (no)
24	PULSADOR_START	Bool	%I1.0				Start pushbutton (no)
25	PULSADOR_STOP	Bool	%I1.1				Stop pushbutton (nc)
26	PRESION_TUBERIA	Real	%MD8				
27	FLUJO_TUBERIA	Real	%MD12				
28	NIVEL_B102	Real	%MD4				
29	TEMPERATURA_B101	Real	%MD16				
30	VALVULA_PROPORCIONAL	Bool	%Q0.4				Proportional valve V106 turn on electroni...
31	HMI_START	Bool	%M0.0				
32	HMI_STOP	Bool	%M0.1				
33	HMI_RESET	Bool	%M0.2				
34	ENTRADAS	Word	%IW0				
35	WORD_ENTRADAS	Word	%MW20				
36	SALIDAS	Word	%QW0				
37	WORD_SALIDAS	Word	%MW22				
38	NIVEL_B101	Real	%MD24				

Figura 43. Tabla de Variables MPS – COMPACT WORKSTATION (Autores)

10. CONFIGURACIÓN DE HMI

Se agregó una HMI al proyecto para operar el módulo. El modelo del HMI seleccionado es el TP700 COMFORT de 7 pulgadas. Se crea una plantilla que es utilizada por todas las ventanas y se añaden 13 imágenes (ventanas).



Figura 44. Creación de plantilla (Autores)

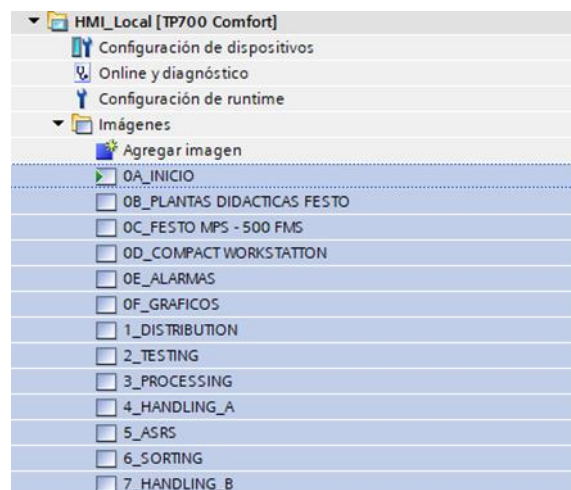


Figura 45. Ventanas – HMI (Autores)

En la ventana de inicio se agregó:

- Nombre y logo de la institución
- Nombre de la carrera
- Nombre de los autores del proyecto



Figura 46. Portada HMI (Autores)

Se creó la ventana de Menú con dos opciones de la planta Festo MPS-500. En el lado izquierdo se visualizan las siete estaciones del sistema de producción modular y en el lado derecho, la estación Compact Workstation.

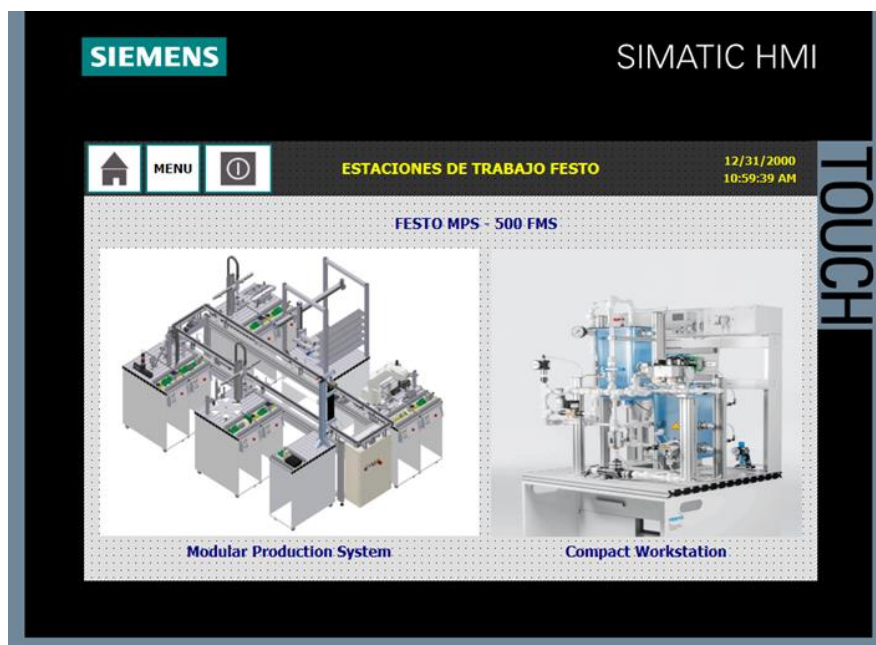


Figura 47. Estaciones FESTO (Autores)

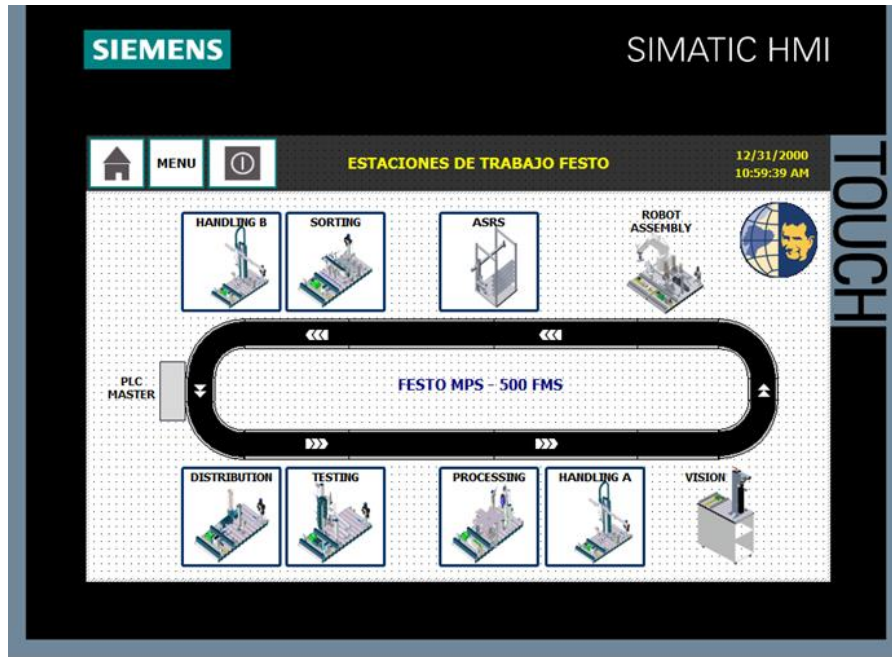


Figura 48. Siete Estaciones de Trabajo FESTO (Autores)

En cada estación de trabajo se ha implementado una lista de variables de E/S con botones de MARCHA, PARO, RESET e indicadores de encendido/apagado. También hay dos botones de dirección para cambiar a otra estación si es necesario.



Figura 49. Distribution Station (Autores)

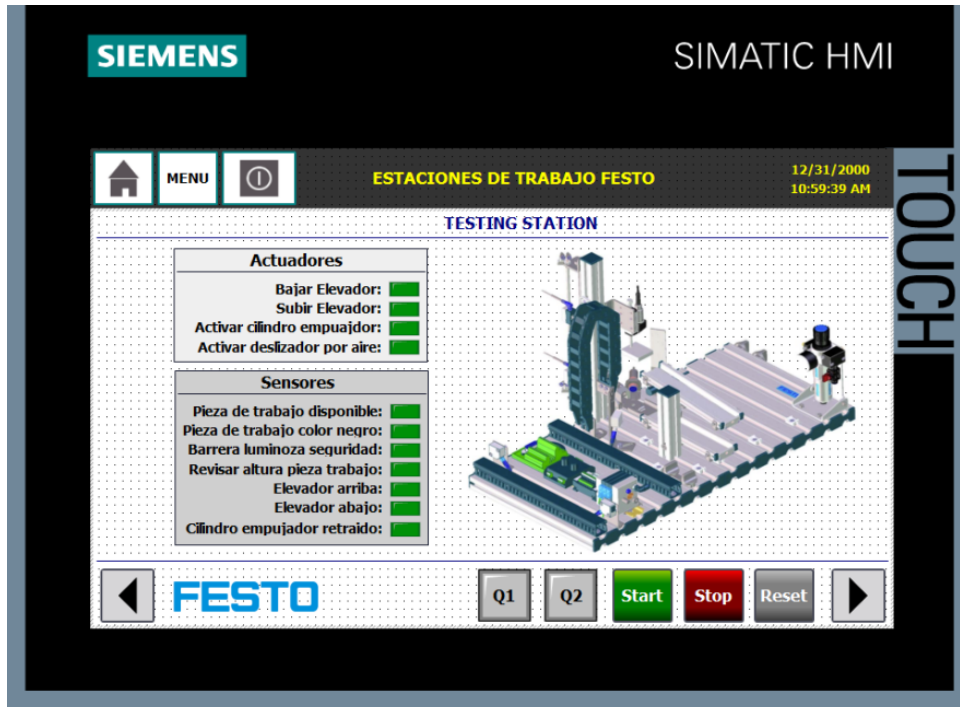


Figura 50. Testing Station (Autores)

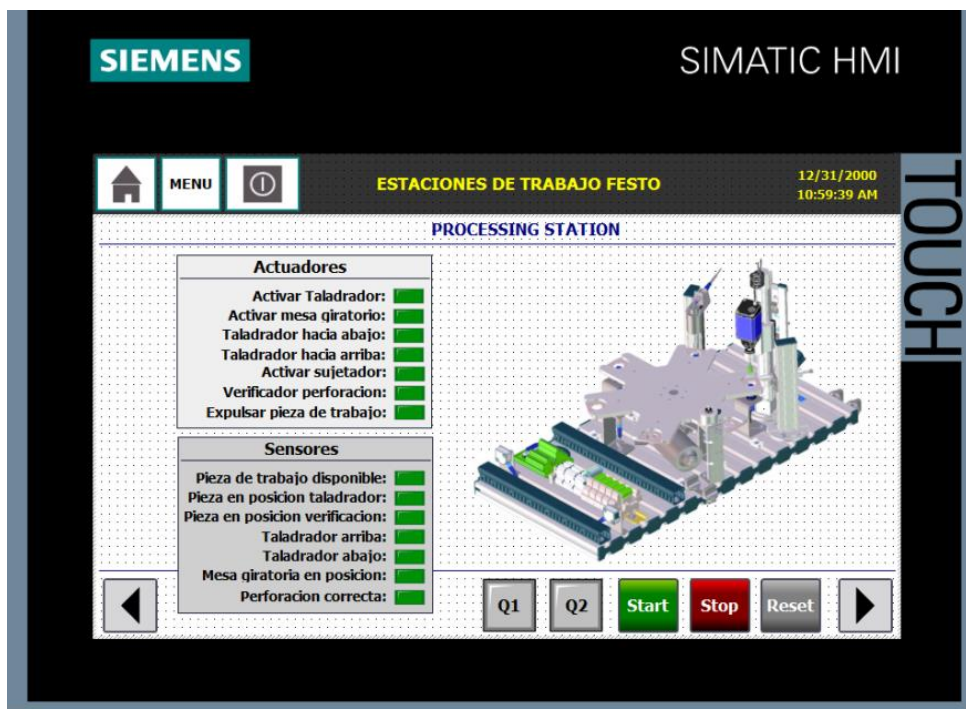


Figura 51. Processing Station (Autores)



Figura 52. Handling A Station (Autores)

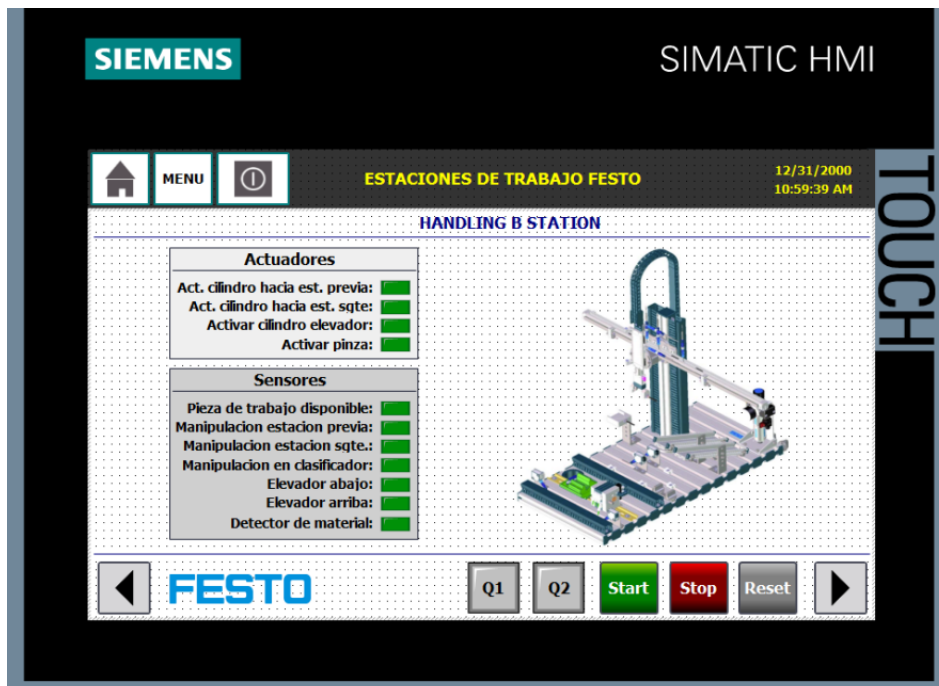


Figura 53. Handling B Station (Autores)

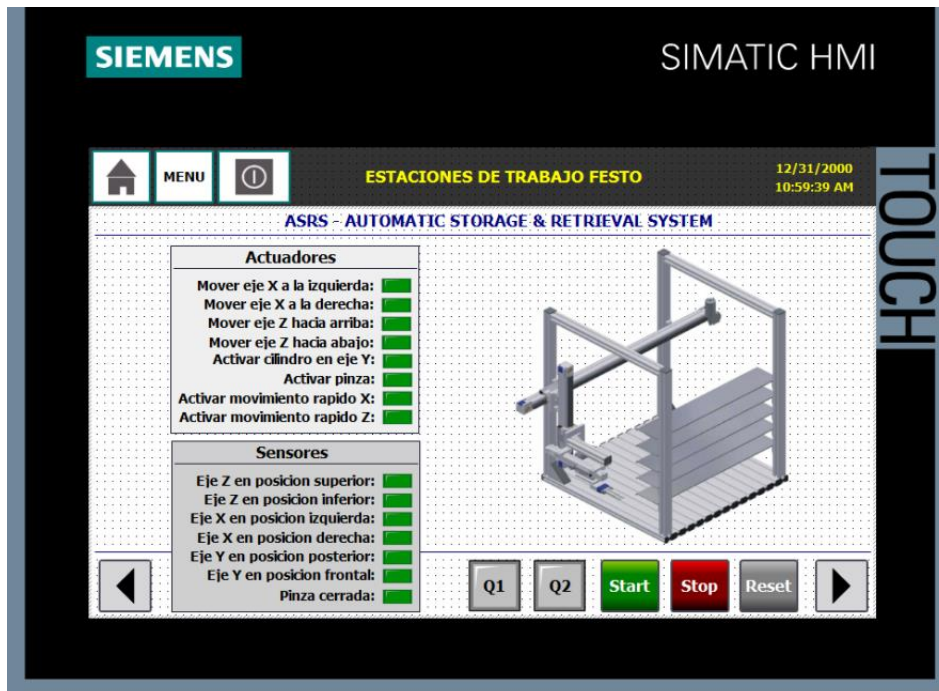


Figura 54. ASRS Station (Autores)

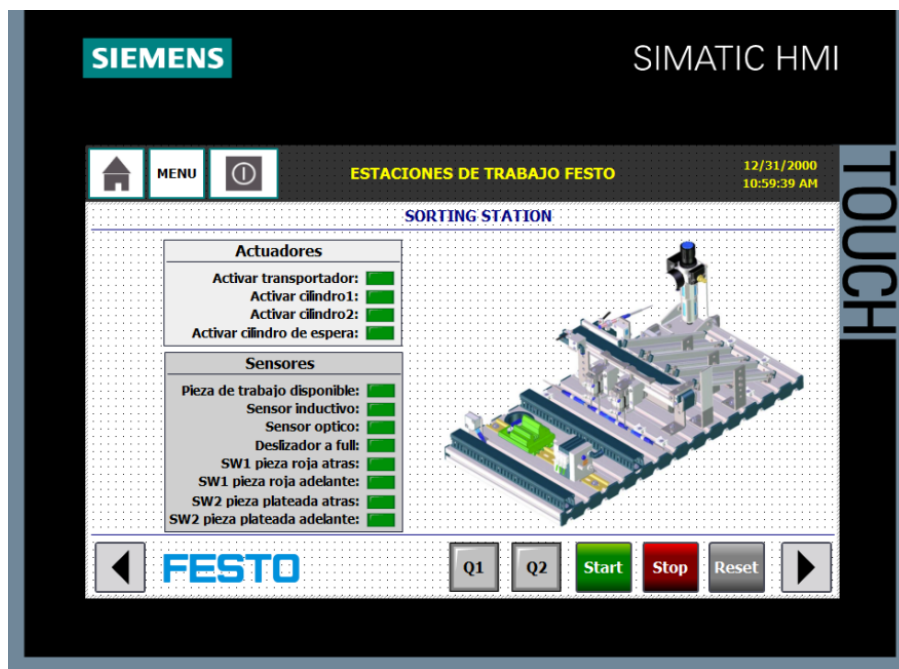


Figura 55. Sorting Station (Autores)

Dentro del módulo Compact Workstation se visualiza el proceso de las cuatro variables del sistema de control de lógica secuencial. Para el diseño de la pantalla de operación y monitoreo

se agregan dos tanques de las mismas dimensiones, con un rango de medida de 0 a 30 centímetros. Se colocan tuberías y las válvulas manuales y se detalla mediante una lista la forma en la que deben estar posicionadas. Además, se agregan campos de entrada y salida para mostrar el estado de las variables.

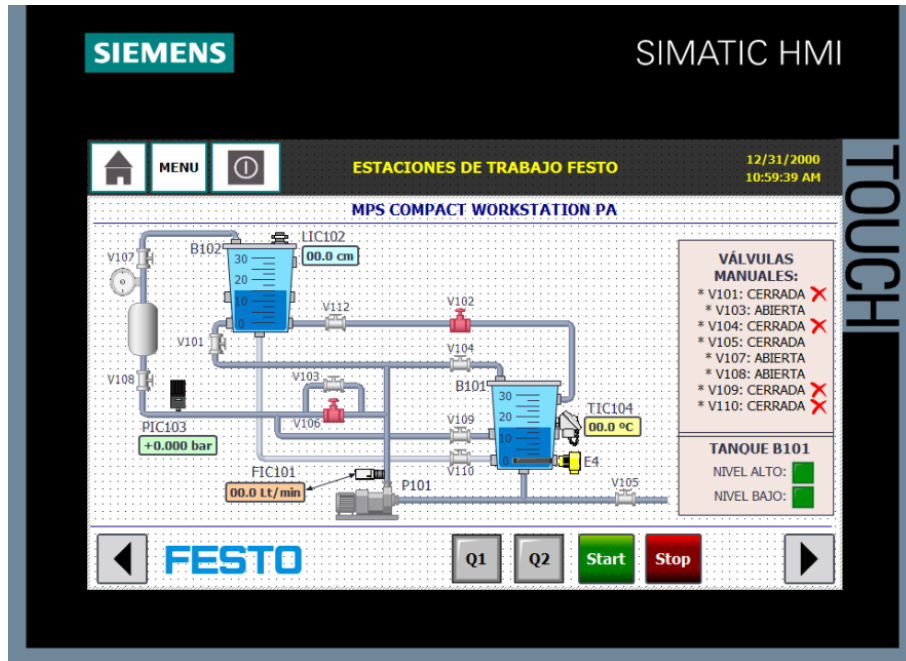


Figura 56. MPS PA Compact Workstation (Autores)

Hay una ventana de alarma que muestran las advertencias y el estado actual del módulo, y una ventana gráfica para visualizar el comportamiento de los cuatros sistemas de control.

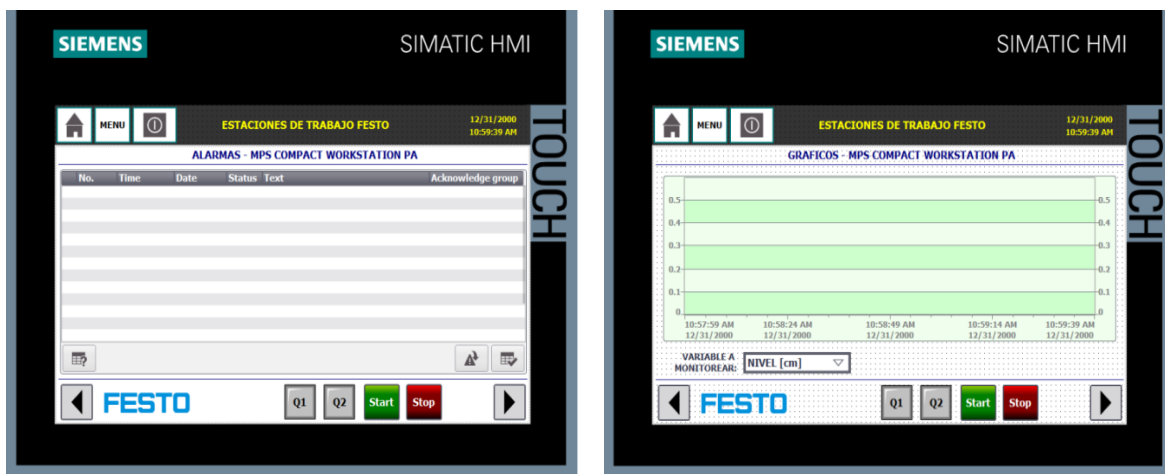


Figura 57. Alarmas y Gráficos (Autores)

Para establecer una conexión HMI, se selecciona una interfaz ethernet y se conectan dos PLC al HMI.

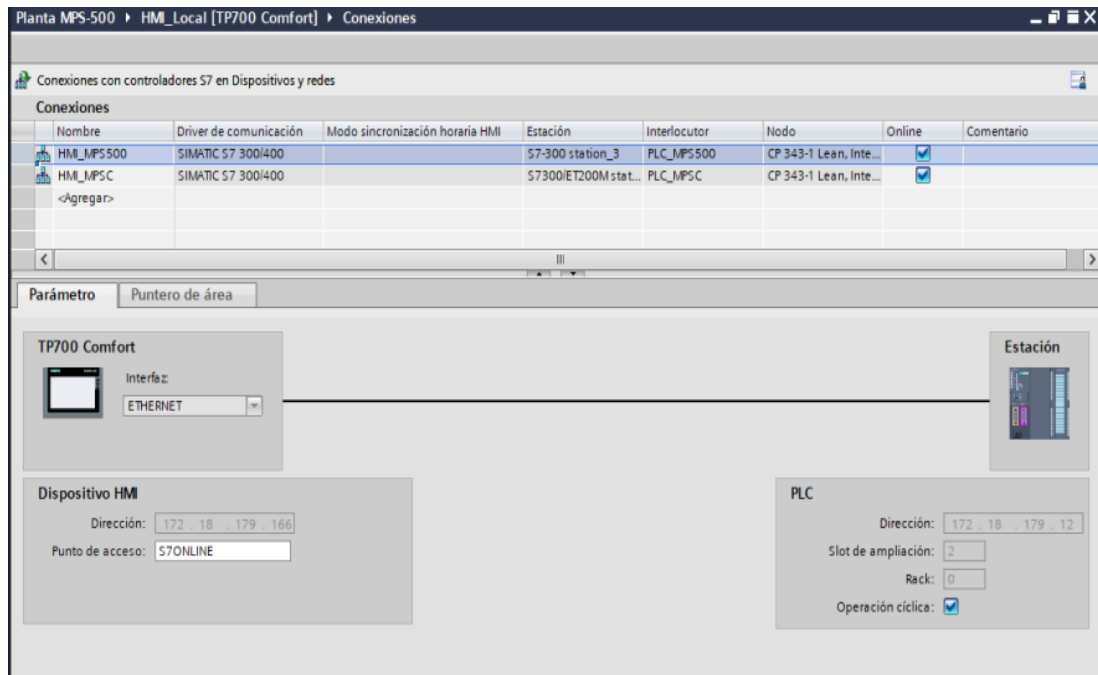


Figura 58. Conexiones (Autores)

En la opción vista de redes se configura la IP de cada PLC dentro de una misma subred.

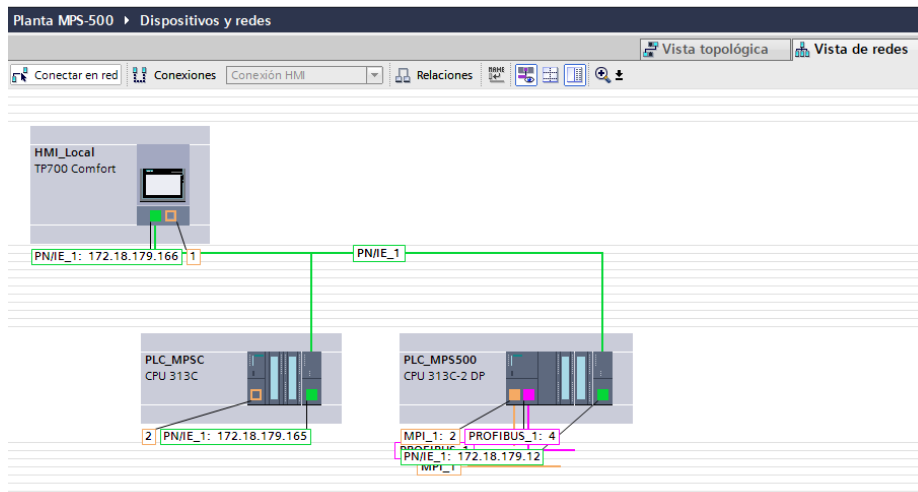


Figura 59. Configuración de subred (Autores)

10.1. CONFIGURACIÓN DE PROPIEDADES, ANIMACIÓN Y EVENTOS

Los gráficos se agregaron mediante la opción herramientas y se agruparon formando una imagen.

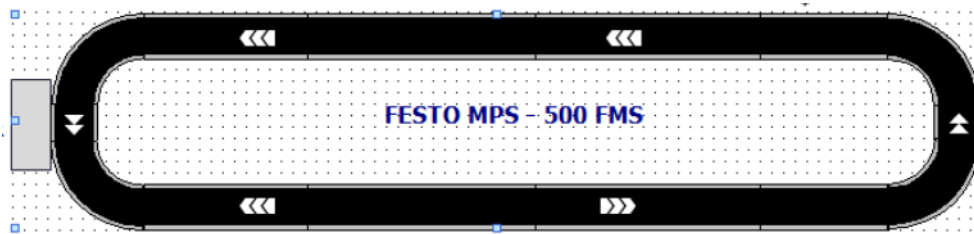


Figura 60. Gráfico – Banda deslizadora (Autores)

En la opción eventos se agrega el direccionamiento del botón, y se accede a la estación seleccionada.

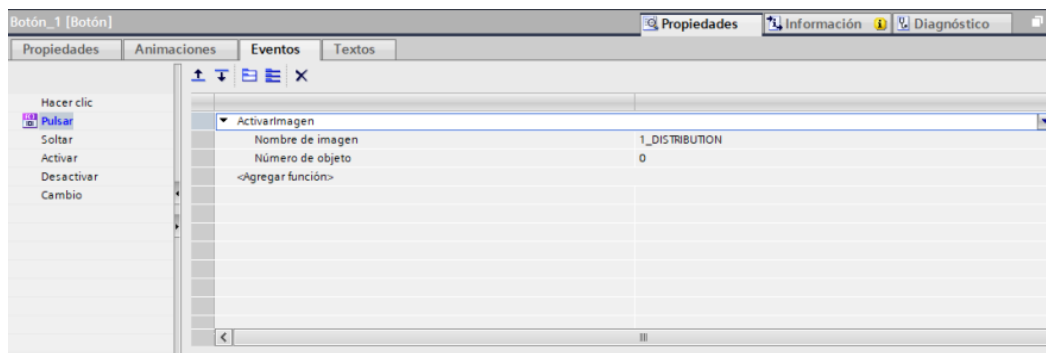


Figura 61. Eventos HMI (Autores)

11. RESULTADO

Se establecen las conexiones del PLC y HMI al router Tp-link mediante cable ethernet de categoría 5.



Figura 62. Conexión Tp-link (Autores)

El programa se carga en el dispositivo PLC S7 300 ubicado en la estación Compact Workstation.

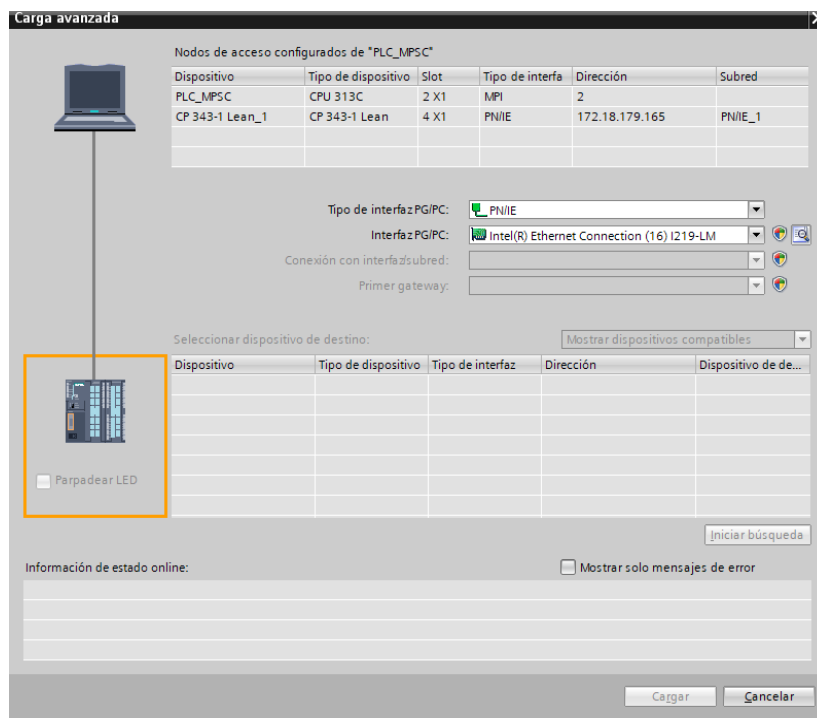


Figura 63. Cargar en dispositivo PLC S7-300 (Autores)

Después de esto, la HMI se enciende, lo que da lugar a la aparición de una ventana de inicio.



Figura 64. Ventana de bienvenida (Autores)

Dentro de la sección “Modular System Production”, se pueden observar las siete estaciones, las cuales están inhabilitadas temporalmente debido a tareas de mantenimiento preventivo y correctivo.



Figura 65. Menú principal (Autores)

Se ingresa a la ventana principal de operación y monitoreo de la estación Compact Workstation y se verifica que las válvulas manuales se encuentren tal y como lo indica el listado que se muestra en la ventana principal.



Figura 66. Ventana principal de estación Compact Workstation (Autores)

Antes de iniciar el procedimiento, se procede a llenar el tanque Binn101 hasta que el sensor de nivel alto se active.

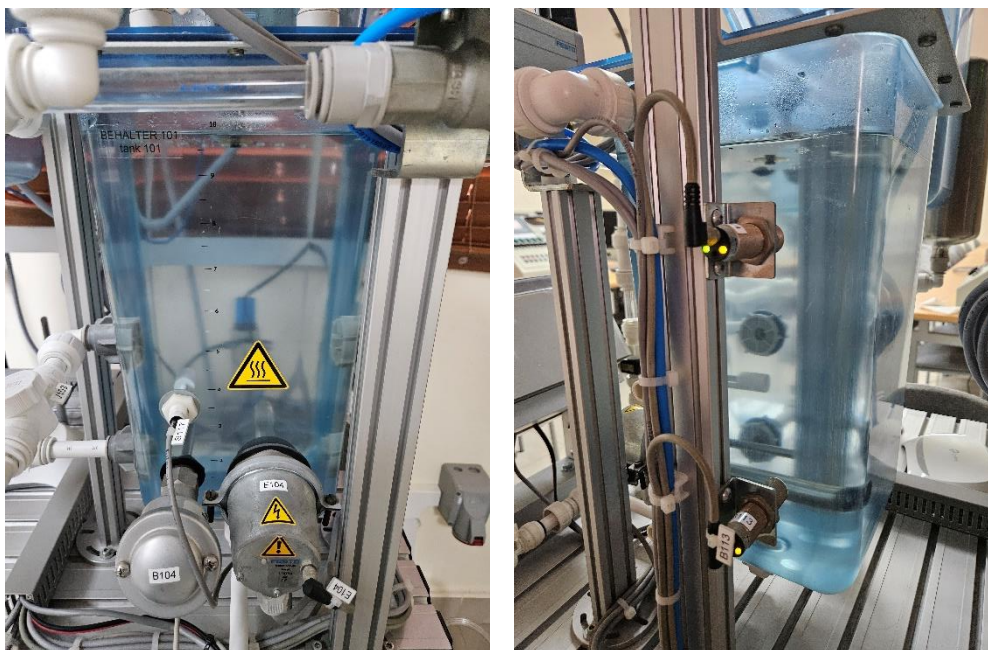


Figura 67. Tanque Binn101 lleno (Autores)

Se lleva a cabo pruebas de funcionamiento del sistema de control de lógica secuencial del proceso de llenado de tanques. Durante esta secuencia, se verifica la lectura de los sensores.

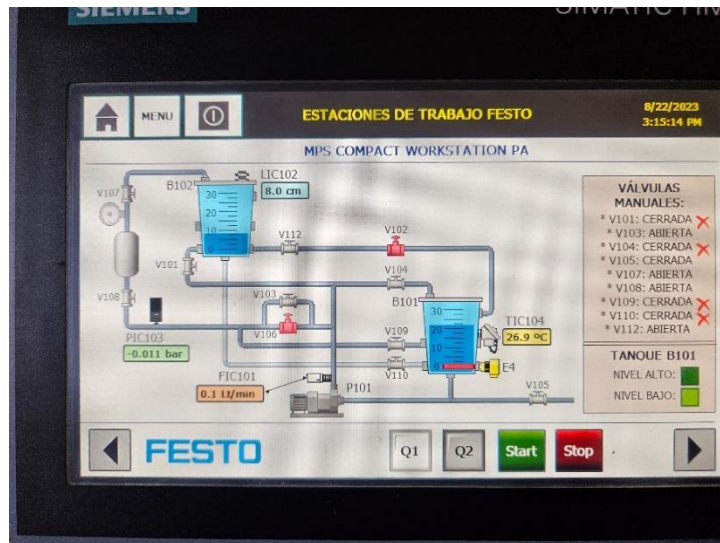


Figura 68. Operación y monitoreo (Autores)

En la ventana de gráficos se escoge la variable que se desea monitorear y se observan las curvas que se forman a medida que transcurre el tiempo de 60 segundos. Después de esto, se muestran las curvas obtenidas en las pruebas realizadas.



Figura 69. Gráfico de nivel (Autores)

Debido a un problema con el transductor de señal, los datos del sensor no pueden ser vistos en el gráfico de flujo.

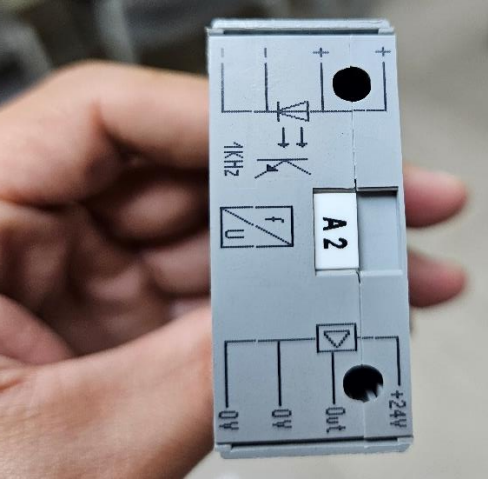


Figura 70. transductor de señal (Autores)



Figura 71. Gráfico de flujo (Autores)



Figura 72. Gráfico de Presión (Autores)



Figura 73. Gráfico de temperatura (Autores)

Cuando el nivel del tanque Binn102 llega a 18 centímetros el sistema se paraliza por 5 segundos y activa la electroválvula.

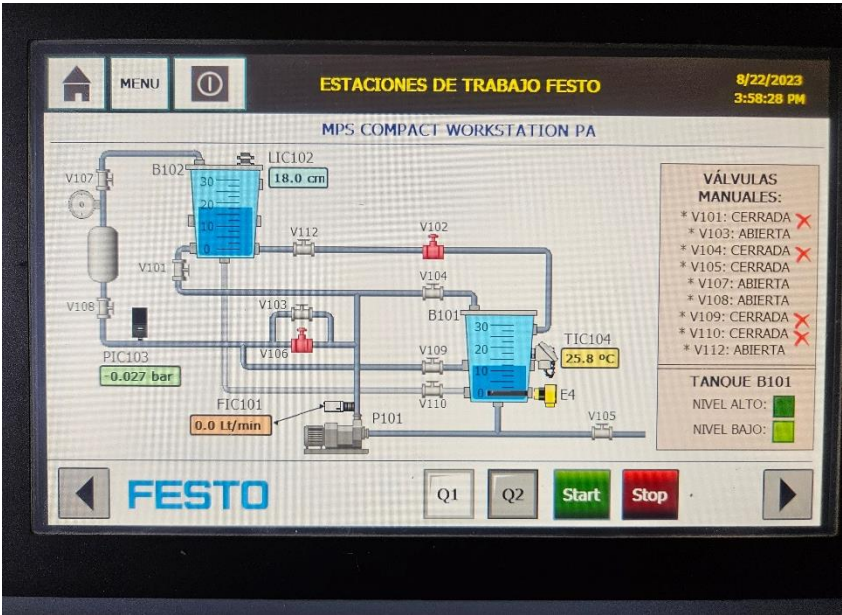


Figura 74. Nivel alto tanque Binn102 (Autores)

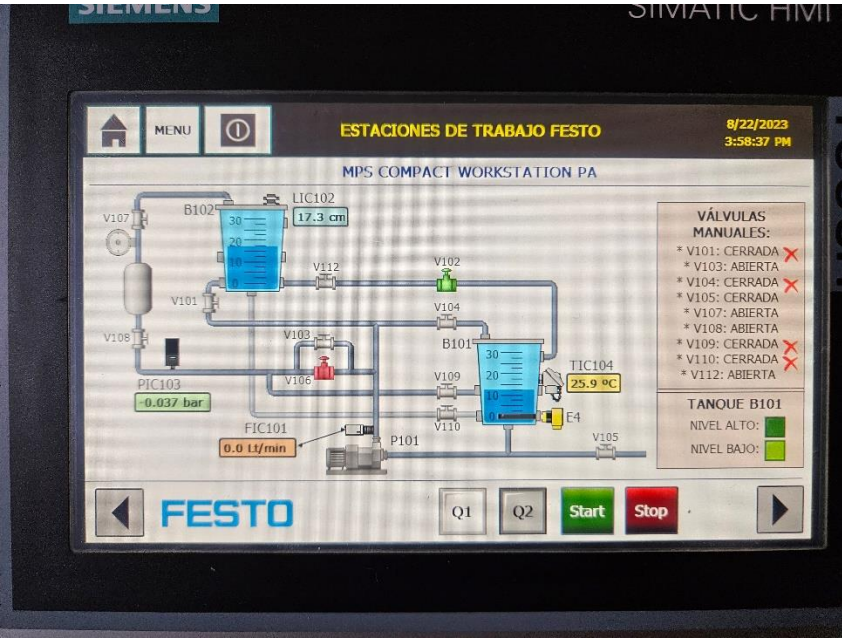


Figura 75. Activación de electroválvula (Autores)

Cuando el nivel del tanque Binn102 sea inferior a 8 centímetros, la electroválvula se apagar y enciende la bomba y continua la secuencia de llenado de los tanques.

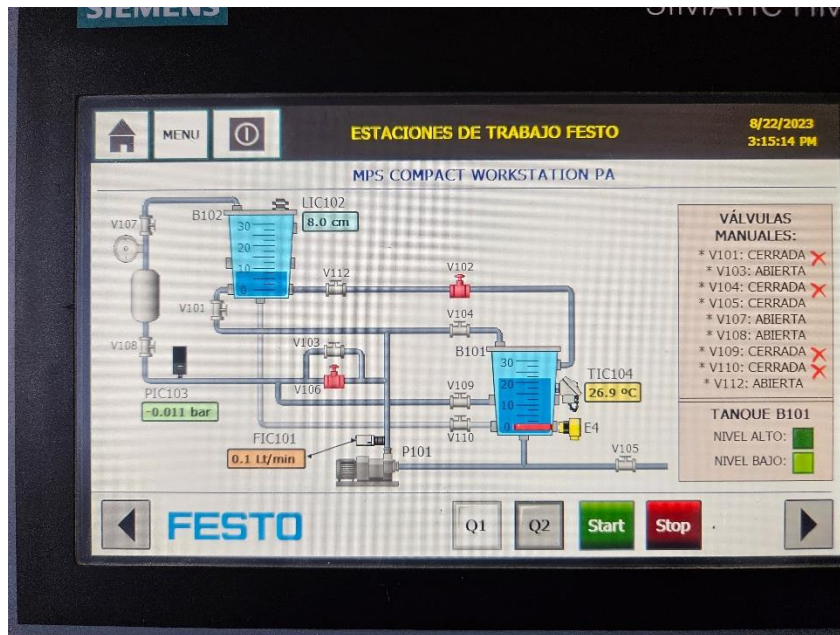


Figura 76. Nivel bajo tanque Binn102 (Autores)

La secuencia de trabajo del calentador oscila entre los 25.5°C y 28°C, si el valor se temperatura es mayor a 28°C el calentador de desactiva. Cuando el valor sea inferior a 25.5°C el calentador se volverá activar.

12. CRONOGRAMA Y ACTIVIDADES

La siguiente tabla muestra el cronograma y las actividades que fueron desarrolladas para este proyecto de titulación y el tiempo requerido para su implementación.

NOMBRE DEL PROYECTO	IMPLEMENTACIÓN DE INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA PARA PLANTA DIDÁCTICA FESTO MPS-500															
	MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO			
DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Realizar reuniones con el tutor para sugerencias e ideas para el proyecto																
Levantamiento de información de las plantas FESTO a trabajar																
Desarrollo de la programación en TIA PORTAL																
Adquisición de materiales a utilizar																
Pruebas en el laboratorio de Fabricación Flexible																
Instalar base para ubicar pantalla SIMATIC HMI TP-700																
Elaboración del documento para retroalimentación																

Tabla 4. Cronograma y Actividades del Proyecto de Titulación (Autores)

13. PRESUPUESTO

Para desarrollar completamente nuestro proyecto de titulación se necesitó comprar los siguientes materiales:

NOMBRE DEL PROYECTO			
IMPLEMENTACIÓN DE INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA PARA PLANTA DIDÁCTICA FESTO MPS-500			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	ADQUIRIENTE	VALOR
Base para instalación de HMI	1	AUTORES	\$20
Tablero plástico	1	AUTORES	\$22
Cable alimentación HMI	1	AUTORES	\$1.80
Cable Ethernet	2	AUTORES	\$8
VALOR TOTAL			\$51.80

Tabla 5. Presupuesto (Autores)

14. CONCLUSIONES

A partir de los avances logrados en este proyecto, es evidente que la automatización desempeña una función fundamental en el incremento de la eficiencia y productividad dentro del contexto educativo de los estudiantes. La habilidad de controlar y visualizar los procesos mediante una interfaz contribuye en gran medida a la optimización de los recursos de los profesores.

El programa TIA PORTAL se posiciona como una herramienta de gran utilidad para los estudiantes de la carrera de electrónica y automatización.

15. RECOMENDACIONES

Es importante tener en cuenta que el diseño de la Interfaz Hombre-Máquina (HMI) puede cambiar en el futuro si es necesario, esto se debe a que tanto el software como los módulos se mantienen en constante actualización con el propósito de implementar mejoras dirigidas a beneficiar a los profesores y estudiantes. Para la planta FESTO MPS-500 se debe tener en cuenta la monitorización ya que hemos elaborado el diseño de sus estaciones de trabajo, esto ayudará a los estudiantes a comprender el estado del sistema y las acciones que está tomando.

Es siempre recomendable contar con un plan técnico en caso de fallas o problemas imprevistos relacionados con la HMI.

16. BIBLIOGRAFÍA

¿Qué es un HMI? (s.f.). Obtenido de Aveva: <https://www.aveva.com/es-es/solutions/operations/hmi/>

¿Qué es un router? Concepto, tipos y características. (21 de Mayo de 2020). Obtenido de Itilcom: <https://www.italcom.com/blog/que-es-un-router-concepto-tipos-y-caracteristicas/>

Autycom. (07 de 06 de 2022). *HMI Siemens*. Obtenido de Autycom: <https://www.autycom.com/hmi-siemens-tipos-de-paneles-de-operador-simatic/#:~:text=Los%20paneles%20HMI%20Siemens%20SIMATIC%20son%20conocidos%20en,TIA%20Portal%2C%20ofreciendo%20eficiencia%20en%20costos%20y%20tiempos.>

AUTYCOM. (2022). *PLC S7 300*. Obtenido de [www.autycom.com](https://www.autycom.com/plc-siemens-s7-300-caracteristicas/#:~:text=El%20PLC%20Siemens%20S7%20300%20es%20la%20soluci%C3%B3n%20aut%C3%B3mata%20ideal,producci%C3%B3n%20PROFINET%20y%20PROFIBUS%2C%20descentralizadas): <https://www.autycom.com/plc-siemens-s7-300-caracteristicas/#:~:text=El%20PLC%20Siemens%20S7%20300%20es%20la%20soluci%C3%B3n%20aut%C3%B3mata%20ideal,producci%C3%B3n%20PROFINET%20y%20PROFIBUS%2C%20descentralizadas>

Diego, B., & Luis, M. (2015). *Diseño e implementación de un algoritmo de control predictivo multivariable de temperatura y nivel para la estación de control de procesos FESTO en el Laboratorio de Mecatrónica*. Latacunga.

Dueñas Francisco & Chalacán Natalia, F. D. (2017). *Diseño, implementación y monitoreo de una red inalámbrica, entre dos plantas de didáctica industrial, usando antenas ubiquiti networks nanostation y un scada bajo labview*. guayaquil.

Ekaterina. (26 de octubre de 2022). *Interfaz hombre-máquina (HMI)*. Obtenido de TechEdu: <https://techlib.net/techedu/interfaz-hombre-maquina-hmi-2/>

Fernández, Y. (12 de 01 de 2023). *Cable de red Ethernet*. Obtenido de <https://www.xataka.com/basics/cable-red-ethernet-categorias-protecciones-como-saber-cual-comprar>

- FESTO. (01 de 11 de 2015). *Limit switch attachments*. Obtenido de FESTO:
https://ftp.festo.com/Public/PNEUMATIC/SOFTWARE_SERVICE/DataSheet/EN_GB/534469.pdf
- FESTO. (04 de 2020). *MPS® PA – El Sistema de Producción Modular*. Obtenido de Festo-
didactic.com:
https://www.festo.com/net/de_de/SupportPortal/Files/619392/56844_Extract_PA-EDS_2020_es_complete_monitor.pdf
- FESTO. (ip.festo-didactic.com). *ip.festo-didactic.com*. Obtenido de <https://ip.festo-didactic.com/Infoportal/CPFactoryLab/hardware/details.php?model=CP-F-ASRS32-P&lang=en>
- HBM. (s.f.). *Definición de un sensor de presión*. Obtenido de <https://www.hbm.com/>:
<https://www.hbm.com/es/7646/que-es-un-sensor-de-presion/>
- Incibe-cert*. (16 de 02 de 2017). Obtenido de Incibe-cert: <https://www.incibe-cert.es/blog/caracteristicas-y-seguridad-profinet>
- Ingeniería mecafenix. (s.f.). *Que en un sensor Ultrasónico y como funciona*. Obtenido de www.ingmecafenix.com:
<https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensores/ultrasonico/>
- Ingenierizando. (2023). *Qué es un flujometro*. Obtenido de <https://www.ingenierizando.com/>:
<https://www.ingenierizando.com/laboratorio/flujometro/>
- Pablo. (24 de junio de 2021). *El cable Ethernet, nuestra conexión básica a internet*. Obtenido de Orange: <https://blog.orange.es/consejos-y-trucos/tipos-de-cable-ethernet/>
- Partes de un PLC*. (s.f.). Obtenido de Como funciona: <https://como-funciona.co/un-plc/>
- Perppel Fuchs. (2023). *Sensores capacitivos*. Obtenido de https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/classid_144.htm?view=productgroupoverview#:~:text=Sensores%20capacitivos,-

Ver%20todos%20los&text=Los%20sensores%20de%20proximidad%20capacitivos,l
%C3%ADquidos%2C%20materiales%20granulados%2C%20etc.

PROFINET: Qué es y cómo funciona. (s.f.). Obtenido de cursosaula21:
<https://www.cursosaula21.com/profinet-que-es-y-como-funciona/>

Sánchez, M. P. (s.f.). *Proyecto de redes industriales.* Obtenido de
proyectoredesindustrialesitesmcm.weebly.com:
<https://proyectoredesindustrialesitesmcm.weebly.com/praacutectica-1.html>

Sicma21. (11 de 10 de 2021). *¿Cómo funciona un sistema HMI?* Obtenido de sicma21:
<https://www.sicma21.com/que-es-un-hmi-y-como-funciona/>

SIEMENS. (2022). *SIMATIC S7 300.* Obtenido de SIEMENS:
<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6ES7314-6CH04-0AB0>

SIEMENS. (2023). *El núcleo de la automatización eficaz: la ingeniería integrada.* Obtenido
de SIEMENS: <https://new.siemens.com/ar/es/productos/automatizacion/software-industrial/tia-portal/integrated-engineering.html>

SIEMENS. (28 de 02 de 2023). *HMI TP700 COMFORT.* Obtenido de Siemens.com:
<https://support.industry.siemens.com/cs/products/6av2124-0gc01-0ax0/simatic-hmi-tp700-comfort?pid=127118&mlfb=6AV2124-0GC01-0AX0&mfn=ps&lc=es-EC>

SIGMA21. (11 de 10 de 2021). *Qué es un HMI y cómo funciona.* Obtenido de
<https://www.sicma21.com>: <https://www.sicma21.com/que-es-un-hmi-y-como-funciona/#:~:text=Un%20sistema%20HMI%20consta%20de,HMI%2C%20que%20ejecutar%C3%A1%20el%20programa.>

TP-LINK. (2023). *Routers Inalámbricos.* Obtenido de www.tp-link.com: <https://www.tp-link.com/ec/home-networking/wifi-router/tl-wr940n/>

Wyman, B. (25 de 09 de 2022). *Tipos de hmi.* Obtenido de Filosofía:
<https://filosofia.co/consulta/tipos-de-hmi/>

¿Qué es un router? Concepto, tipos y características. (21 de mayo de 2020). Obtenido de Itilcom: <https://www.italcom.com/blog/que-es-un-router-concepto-tipos-y-caracteristicas/>

AUTYCOM. (2022). *PLC S7 300*. Obtenido de [www.autycom.com: https://www.autycom.com/plc-siemens-s7-300-caracteristicas/#:~:text=El%20PLC%20Siemens%20S7%20300%20es%20la%20soluci%C3%B3n%20aut%C3%B3mata%20ideal,producci%C3%B3n%20PROFINET%20y%20PROFIBUS%2C%20descentralizadas](https://www.autycom.com/plc-siemens-s7-300-caracteristicas/#:~:text=El%20PLC%20Siemens%20S7%20300%20es%20la%20soluci%C3%B3n%20aut%C3%B3mata%20ideal,producci%C3%B3n%20PROFINET%20y%20PROFIBUS%2C%20descentralizadas)

Cable de red Ethernet. (26 de 06 de 2022). Obtenido de <https://www.xataka.com/basics/cable-red-ethernet-categorias-protecciones-como-saber-cual-comprar>

Diego, B., & Luis, M. (2015). *Diseño e implementación de un algoritmo de control predictivo multivariable de temperatura y nivel para la estación de control de procesos FESTO en el Laboratorio de Mecatrónica*. Latacunga.

Ekaterina. (26 de octubre de 2022). *Interfaz hombre-máquina (HMI)*. Obtenido de TechEdu: <https://techlib.net/techedu/interfaz-hombre-maquina-hmi-2/>

Fernández, Y. (12 de 01 de 2023). *Cable de red Ethernet*. Obtenido de <https://www.xataka.com/basics/cable-red-ethernet-categorias-protecciones-como-saber-cual-comprar>

FESTO. (01 de 11 de 2015). *Limit switch attachments*. Obtenido de FESTO: https://ftp.festo.com/Public/PNEUMATIC/SOFTWARE_SERVICE/DataSheet/EN_GB/534469.pdf

FESTO. (2016). *FESTO*. Obtenido de https://www.festo.com/co/es/p/caja-de-sensores-id_DAPZ/?q=%E2%80%A2%09FESTO%20SWITCH%20DAPZ~:festoSortOrderScore

FESTO. (04 de 2020). *MPS® PA – El Sistema de Producción Modular*. Obtenido de Festo-didactic.com:

https://www.festo.com/net/de_de/SupportPortal/Files/619392/56844_Extract_PA-EDS_2020_es_complete_monitor.pdf

Festo Didactic SE, F. D. (s.f.). *Festo*. Obtenido de p.festo-didactic.com

FESTO. (s.f.). *Distribution_Trainee*. En FESTO, *Distribution_Trainee*.

FESTO. (s.f.). <https://ip.festo-didactic.com/>. Obtenido de Sorting Station.

FESTO. (s.f.). supportportal - MPS. En *FESTO*.

HBM. (s.f.). *Definición de un sensor de presión*. Obtenido de <https://www.hbm.com/>:
<https://www.hbm.com/es/7646/que-es-un-sensor-de-presion/>

Incibe-cert. (16 de 02 de 2017). Obtenido de Incibe-cert: <https://www.incibe-cert.es/blog/caracteristicas-y-seguridad-profinet>

Ingeniería mecafenix. (s.f.). *Que en un sensor Ultrasónico y cómo funciona*. Obtenido de www.ingmecafenix.com:

<https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensores/ultrasonico/>

Ingenierizando. (2023). *Qué es un flujómetro*. Obtenido de <https://www.ingenierizando.com/>:
<https://www.ingenierizando.com/laboratorio/flujometro/>

Martin Amador, M. (2014). *es.scribd.com*. Obtenido de Handling Station: es.scribd.com

Ortega, E. y. (2013). *ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN PARA EL CONTROL DEL PROCESO DE NIVEL Y DE PRESIÓN MEDIANTE UN SISTEMA DE LÓGICA DIFUSA, EN LA CPU EDUTRAINER® COMPACT S7-313C, REALIZANDO UN SISTEMA HMI/SCADA PARA EL MÓDULO MPS PA COMPACT WORKSTATION, VÍA COMUNICACIÓN MP*. Quito.

Pablo. (24 de junio de 2021). *El cable Ethernet, nuestra conexión básica a internet*. Obtenido de Orange: <https://blog.orange.es/consejos-y-trucos/tipos-de-cable-ethernet/>

Perppel Fuchs. (2023). *Sensores capacitivos*. Obtenido de https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/classid_144.htm?view=productgroupoverview#:~:text=Sensores%20capacitivos,-Ver%20todos%20los&text=Los%20sensores%20de%20proximidad%20capacitivos,l%C3%ADquidos%2C%20materiales%20granulados%2C%20etc.

Sanchez, M. P. (s.f.). *Proyecto de redes industriales*. Obtenido de proyectoredesindustrialesitesmcm.weebly.com:
<https://proyectoredesindustrialesitesmcm.weebly.com/praacutectica-1.html>

Sicma21. (11 de 10 de 2021). *¿Cómo funciona un sistema HMI?* Obtenido de sicma21:
<https://www.sicma21.com/que-es-un-hmi-y-como-funciona/>

SIEMENS. (2022). *SIMATIC S7 300*. Obtenido de SIEMENS:
<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6ES7314-6CH04-0AB0>

SIEMENS. (2023). *Comfort Panels*. Obtenido de Siemens:
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/233/49313233/att_904647/v1/HWComfortPanelsesES_es-ES.pdf

SIEMENS. (2023). *El núcleo de la automatización eficaz: la ingeniería integrada*. Obtenido de SIEMENS: <https://new.siemens.com/ar/es/productos/automatizacion/software-industrial/tia-portal/integrated-engineering.html>

SIGMA21. (11 de 10 de 2021). *Qué es un HMI y cómo funciona*. Obtenido de <https://www.sicma21.com>: <https://www.sicma21.com/que-es-un-hmi-y-como-funciona/#:~:text=Un%20sistema%20HMI%20consta%20de,HMI%2C%20que%20ejecutar%C3%A1%20el%20programa.>

TP-LINK. (2023). *Routers Inalámbricos*. Obtenido de www.tp-link.com: <https://www.tp-link.com/ec/home-networking/wifi-router/tl-wr940n/>

Wyman, B. (25 de 09 de 2022). *Tipos de hmi*. Obtenido de Filosofía:
<https://filosofia.co/consulta/tipos-de-hmi/>

17. ANEXOS

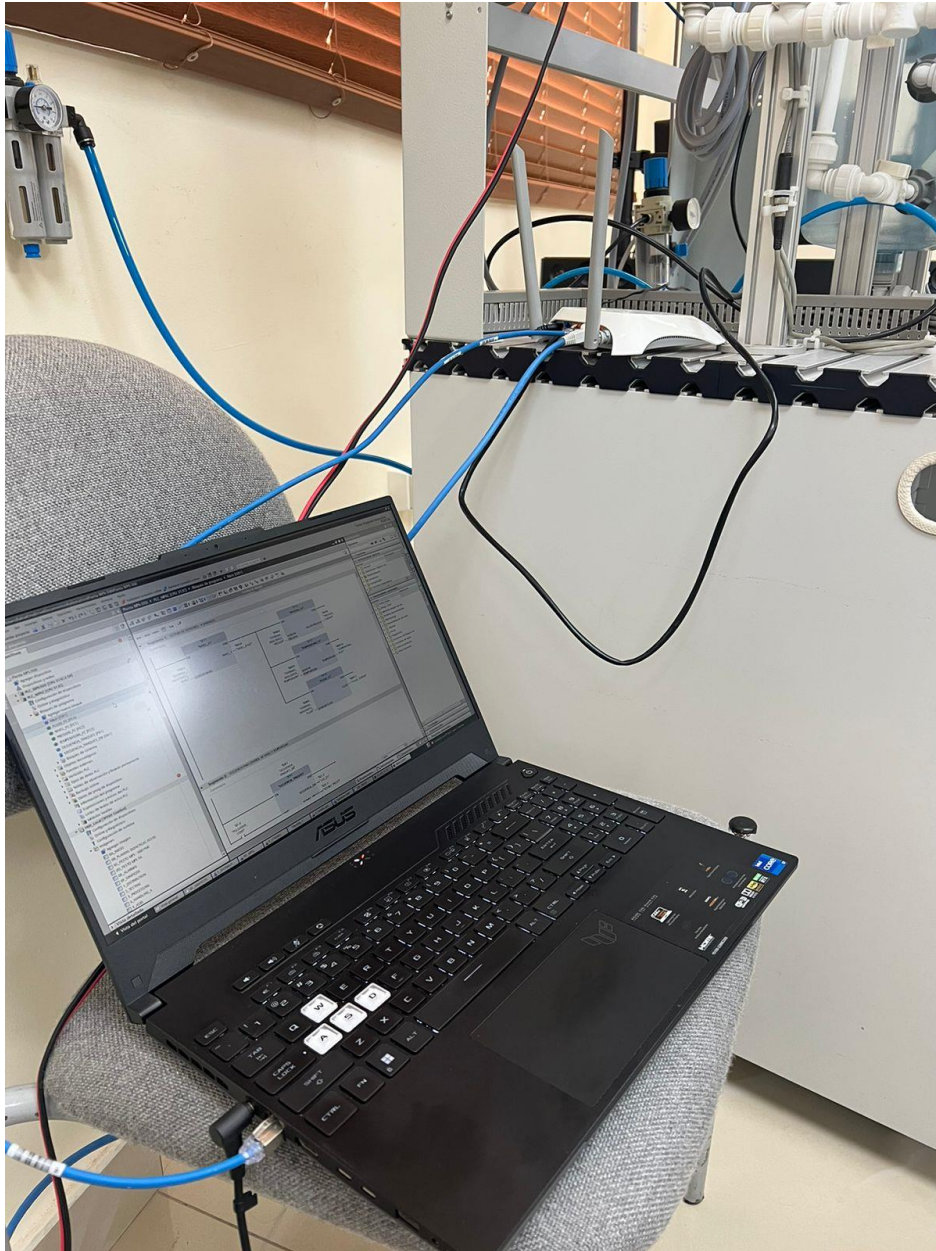


Figura 77. Conexión con la estación FESTO para sus respectivas pruebas (Autores)

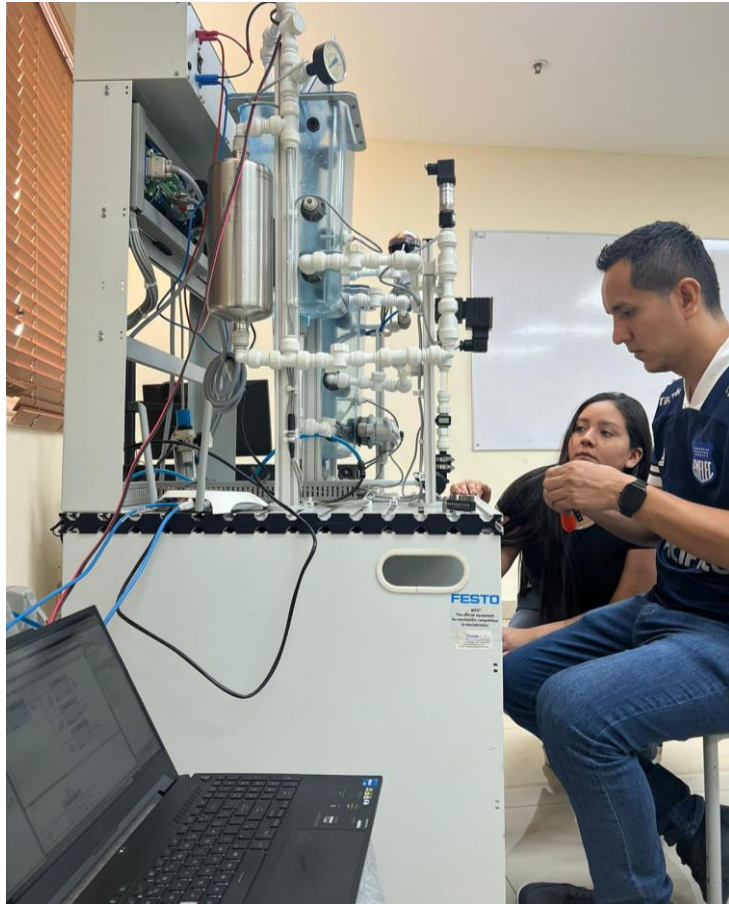


Figura 78. Verificación de funcionalidad (Autores)



Figura 79. Comprobando las plantillas en la HMI (Autores)



Figura 80. Conexiones con el módulo (Autores)



Figura 81. Tablero plástico para la HMI (Autores)



Figura 82. Base para la HMI (Autores)



Figura 83. Instalación de base en el módulo (Autores)



Figura 84. Instalación terminada (Autores)