

Pregrado

**Carrera: GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
ELÉCTRICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**Asignatura (UIC): PROYECTO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del Título
en: TECNÓLOGO UNIVERSITARIO EN
GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO
Y EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**Tema: DISEÑO DE UNA INTERFAZ HOMBRE-
MÁQUINA PARA EL MÓDULO DIDÁCTICO
DEL LABORATORIO DE NEUMÁTICA DEL
ISTER.**

Autores:
GARCÍA CEVALLOS ÁNGELO MAURICIO
LARA ZAMBRANO RONALD ROBINSON
MIRANDA CALERO DANILO ROLANDO

**Tutor: Mgs. VICENTE PAÚL ASTUDILLO
CORTEZ**



Fecha: Sangolquí, agosto de 2025

Autor:



GARCÍA CEVALLOS ÁNGELO MAURICIO

**Título a obtener: Tecnólogo Universitario en Gestión de
Mantenimiento Eléctrico y Eficiencia Energética**

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: angelo.garcia@ister.edu.ec

Autor:



LARA ZAMBRANO RONALD ROBINSON

**Título a obtener: Tecnólogo Universitario en Gestión de
Mantenimiento Eléctrico y Eficiencia Energética**

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: ronald.lara@ister.edu.ec

Autor:



MIRANDA CALERO DANILO ROLANDO

**Título a obtener: Tecnólogo Universitario en Gestión de
Mantenimiento Eléctrico y Eficiencia Energética**

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: daniло.miranda@ister.edu.ec

Dirigido por:



Astudillo Cortez Vicente Paúl

**Título: Msc. En Electricidad mención Sistemas Eléctricos de
Potencia**

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: paul.astudillo@ister.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

©2024 Tecnológico Universitario

Rumiñahui SANGOLQUÍ – ECUADOR

GARCÍA CEVALLOS ÁNGELO MAURICIO

LARA ZAMBRANO RONALD ROBINSON

MIRANDA CALERO DANILO ROLANDO

***DISEÑO DE UNA INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA PARA EL MÓDULO DIDÁCTICO
DEL LABORATORIO DE NEUMÁTICA DEL ISTER.***

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.3

Sangolquí, 26 de agosto del 2025

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

Por medio de la presente, yo, ÁNGELO MAURICIO GARCÍA CEVALLOS declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado **DISEÑO DE UNA INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA PARA EL MÓDULO DIDÁCTICO DEL LABORATORIO DE NEUMÁTICA DEL ISTER**, de la Tecnología Superior Universitaria GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



Ángelo Mauricio García Cevallos
C.I.: 1725494429

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

 www.ister.edu.ec / info@ister.edu.ec

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.3

Sangolquí, 26 de agosto del 2025

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

Por medio de la presente, yo, RONALD ROBINSON LARA ZAMBRANO declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado **DISEÑO DE UNA INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA PARA EL MÓDULO DIDÁCTICO DEL LABORATORIO DE NEUMÁTICA DEL ISTER**, de la Tecnología Superior Universitaria GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



Ronald Robinson Lara Zambrano
C.I.: 1205946179

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.3

Sangolquí, 26 de agosto del 2025

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

Por medio de la presente, yo, **DANILO ROLANDO MIRANDA CALERO** declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado **DISEÑO DE UNA INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA PARA EL MÓDULO DIDÁCTICO DEL LABORATORIO DE NEUMÁTICA DEL ISTER**, de la Tecnología Superior Universitaria **GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA**; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



Danilo Rolando Miranda Calero
C.I.: 1722395421

FORMULARIO PARA ENTREGA DE PROYECTOS EN BIBLIOTECA INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

CT-ANX-2025-ISTER-3

CARRERA:

**TECNOLOGÍA UNIVERSITARIA EN GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
ELÉCTRICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA**

AUTOR /ES:

ÁNGELO MAURICIO GARCÍA CEVALLOS
RONALD ROBINSON LARA ZAMBRANO
DANILO ROLANDO MIRANDA CALERO

TUTOR (METODOLÓGICO Y ACADÉMICO):

VICENTE PAÚL ASTUDILLO CORTEZ

CONTACTO ESTUDIANTE:

0984649911 (Ángelo García)
0968360563 (Ronald Lara)
0996355009 (Danilo Miranda)

CORREO ELECTRÓNICO:

mauriciot666@hotmail.com
brattrobin_1987@hotmail.com
danilo_19871@hotmail.com

TEMA:

**DISEÑO DE UNA INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA PARA EL MÓDULO
DIDÁCTICO DEL LABORATORIO DE NEUMÁTICA DEL ISTER**

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

RESUMEN EN ESPAÑOL:

En el presente trabajo se desarrolló el diseño e implementación de una interfaz hombre –
máquina (HMI) a través del uso de un PLC que permitió la automatización de un módulo

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

 www.ister.edu.ec / info@ister.edu.ec

didáctico existente en el laboratorio de neumática del Instituto Tecnológico Universitario Rumiñahui (ISTER); para ello se realizó una actualización del tablero, instalando nuevos equipos acorde a la tecnología actual como son una pantalla HMI de 7", un generador de vacío, un sensor de vacío, un motor de ½ HP y una fuente de voltaje; esto permite que se tenga una automatización y visualización en tiempo real de las diferentes programaciones que se realicen para la ejecución de las prácticas; las programaciones se realizaron para los dos Logo existentes así como para las dos pantallas, integrando una intercomunicación entre los dispositivos, definiendo de manera clara el Módulo maestro el cual envía las órdenes y el módulo esclavo el cual las ejecuta. Con este proyecto se ha satisfecho la necesidad de la institución sobre la adecuación de los métodos de enseñanza actuales y con tecnología avanzada, tal y como lo exige el sector productivo, es decir que, la implementación de la interfaz HMI ha mejorado la operación de los módulos, pero sobre todo contribuye de manera esencial en la formación integral y competitiva de los alumnos del ISTER.

PALABRAS CLAVE:

Interfaz, módulo didáctico, neumática, programación, intercomunicación

ABSTRACT:

This project involved the design and implementation of a human-machine interface (HMI) using a PLC, which enabled the automation of an existing teaching module in the pneumatics laboratory at the Rumiñahui University Institute of Technology (ISTER). To this end, the panel was updated by installing new equipment in line with current technology, such as a 7" HMI screen, a vacuum generator, a vacuum sensor, a ½ HP motor, and a voltage source. This allows for real-time automation and visualization of the different programs that are carried out for the execution of the practices. The programs were created for the two existing Logos as well as for the two screens, integrating intercommunication between the devices and

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

 www.ister.edu.ec / info@ister.edu.ec

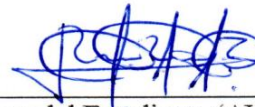
clearly defining the master module, which sends the commands, and the slave module, which executes them. This project has met the institution's need to adapt current teaching methods to advanced technology, as required by the productive sector. In other words, the implementation of the HMI interface has improved the operation of the modules, but above all, it contributes in an essential way to the comprehensive and competitive training of ISTER students.

PALABRAS CLAVE:

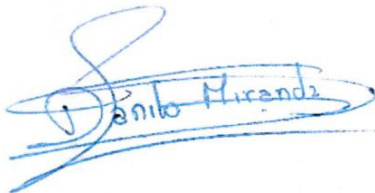
Interface, teaching module, pneumatics, programming, intercommunication



Firma del Estudiante (AUTOR)
Ángelo Mauricio García Cevallos
C.I.: 1725494429



Firma del Estudiante (AUTOR)
Ronald Robinson Lara Zambrano
C.I.: 1205946179



Firma del Estudiante (AUTOR)
Danilo Rolando Miranda Calero
C.I.: 1722395421



SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-4

Sangolquí, 26 de agosto del 2025

Sres.-

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

Presente

Yo ÁNGELO MAURICIO GARCÍA CEVALLOS, con C.I.: 1725494429 alumno de la Carrera GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA, cedo al INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO, los derechos de publicaciones del presente trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional para hacer uso de todos los contenidos con fines estrictamente académico o de investigación.

Atentamente,

Ángelo Mauricio García Cevallos
C.I.: 1725494429



SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-4

Sangolquí, 26 de agosto del 2025

Sres.-

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

Presente

Yo RONALD ROBINSON LARA ZAMBRANO, con C.I.: 1205946179 alumno de la Carrera GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA, cedo al INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO, los derechos de publicaciones del presente trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional para hacer uso de todos los contenidos con fines estrictamente académico o de investigación.

Atentamente,

Ronald Robinson Lara Zambrano
C.I.: 1205946179



SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-4

Sangolquí, 26 de agosto del 2025

Sres.-

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

Presente

Yo **DANILO ROLANDO MIRANDA CALERO**, con C.I.: 1722395421 alumno de la Carrera **GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA**, cedo al **INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO**, los derechos de publicaciones del presente trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional para hacer uso de todos los contenidos con fines estrictamente académico o de investigación.

Atentamente,

Danilo Rolando Miranda Calero

C.I.: 1722395421

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

 **www.ister.edu.ec / info@ister.edu.ec**

Dedicatoria:

Dedico este trabajo de titulación a mi prometida Ericka Suarez, por su amor incondicional y el apoyo constante, sin su confianza y sacrificio este logro no hubiera sido posible. También quiero dedicarlo a mi amigo Álvaro Vaca por su inspiración y aliento en los momentos difíciles de mi carrera. Esta investigación es un reflejo de su apoyo y dedicación.

Mauricio García

Este trabajo es dedicado a la memoria de mi padre Digno Lara porque gracias a él soy el hombre soy, así como también a mi amada esposa Alina Cortez por todo su apoyo, comprensión, ayuda y motivación, para salir adelante y conseguir todas mis metas.

Ronald Lara

Este proyecto va dedicado a mis padres, y a mi esposa Isabel Verdezoto por su comprensión, apoyo, motivación y aliento constante para cumplir con este objetivo; a mis compañeros de tesis que sin su contribución este proyecto no se hubiera cristalizado.

Danilo Miranda

Agradecimientos:

Expreso mi sincero agradecimiento a todas las personas que han hecho posible este trabajo de titulación, en especial al Ing. Paul Astudillo por su invaluable orientación y apoyo durante el desarrollo de este proyecto; a mi Madre por su paciencia, comprensión y apoyo incondicional a lo largo de este desafiante proceso; su fe en mí, ha sido una fuente constante de inspiración.

Mauricio García

Quiero agradecer al Ing. Paúl Astudillo por la gran ayuda incondicional para la culminación de este proyecto, a mi hermano Marco por su ayuda en este transitar, a mis hermanos Sandy y Sandro por ser mi inspiración de superación y a mis compañeros de tesis por sus aportes, para juntos alcanzar este objetivo.

Ronald Lara

Mis agradecimientos al Ing. Paúl Astudillo por brindarnos los recursos y el espacio necesario para orientarnos y sobre todo por el apoyo constante, y a todos aquellos que han contribuido con su tiempo, conocimientos y experiencia para el desarrollo de este proyecto y su feliz culminación.

Danilo Miranda

Resumen:

En el presente trabajo se desarrolló el diseño e implementación de una interfaz hombre – máquina (HMI) a través del uso de un PLC que permitió la automatización de un módulo didáctico existente en el laboratorio de neumática del Instituto Tecnológico Universitario Rumiñahui (ISTER); para ello se realizó una actualización del tablero, instalando nuevos equipos acorde a la tecnología actual como son una pantalla HMI de 7”, un generador de vacío, un sensor de vacío, un motor de ½ HP y una fuente de voltaje; esto permite que se tenga una automatización y visualización en tiempo real de las diferentes programaciones que se realicen para la ejecución de las practicas; las programaciones se realizaron para los dos Logo existentes así como para las dos pantallas, integrando una intercomunicación entre los dispositivos, definiendo de manera clara el Módulo maestro el cual envía las órdenes y el módulo esclavo el cual las ejecuta. Con este proyecto se ha satisfecho la necesidad de la institución sobre la adecuación de los métodos de enseñanza actuales y con tecnología avanzada, tal y como lo exige el sector productivo, es decir que, la implementación de la interfaz HMI ha mejorado la operación de los módulos, pero sobre todo contribuye de manera esencial en la formación integral y competitiva de los alumnos del ISTER.

Palabras claves: Interfaz, módulo didáctico, neumática, programación, intercomunicación

Abstract:

This project involved the design and implementation of a human-machine interface (HMI) using a PLC, which enabled the automation of an existing teaching module in the pneumatics laboratory at the Rumiñahui University Institute of Technology (ISTER). To this end, the panel was updated by installing new equipment in line with current technology, such as a 7" HMI screen, a vacuum generator, a vacuum sensor, a ½ HP motor, and a voltage source. This allows for real-time automation and visualization of the different programs that are carried out for the execution of the practices. The programs were created for the two existing Logos as well as for the two screens, integrating intercommunication between the devices and clearly defining the master module, which sends the commands, and the slave module, which executes them. This project has met the institution's need to adapt current teaching methods to advanced technology, as required by the productive sector. In other words, the implementation of the HMI interface has improved the operation of the modules, but above all, it contributes in an essential way to the comprehensive and competitive training of ISTER students.

Keywords:

Índice de contenido:

INTRODUCCIÓN	1
Planteamiento del problema.....	1
Alcance	2
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos	3
Justificación.	3
CAPÍTULO I:	5
MARCO TEÓRICO.....	5
1.1. Antecedentes	5
1.2. Neumática	6
1.2.1. Aplicaciones	7
1.3. Dispositivos neumáticos	8
1.3.1. Cilindro neumático doble efecto	8
1.3.2. Válvulas neumáticas.....	8
1.4. Generador de vacío neumático.....	10
1.4.1. Principios de funcionamiento del generador de vacío neumático	11
1.5. Sensor de vacío neumático.....	12
1.6. Fuente de voltaje 110-24V	13
1.7. Motor de ½ hp	13

1.7.1.	Características típicas	14
1.8.	Pantalla HMI	14
1.9.	Cables de señales	16
1.9.1.	Características principales	17
1.10.	Modulo didáctico de neumática	17
1.11.	Controlador Lógico Programable, PLC	18
1.11.1.	Partes de un PLC	18
1.11.2.	Ventajas y Desventajas de un PLC	19
1.11.3.	PLC LOGO	20
1.11.3.1.	Partes de un LOGO	20
CAPÍTULO II		22
METODOLOGÍA		22
2.1.	Tipo de investigación	22
2.2.	Diseño de investigación	22
2.3.	Instrumentos de recolección de datos	23
2.3.1.	Observación directa	23
2.3.2.	Revisión documental	23
2.4.	Procedimiento de investigación	23
2.5.	Estado Actual de los Módulos	24
2.5.1.	Módulo 1	25

2.5.2. Módulo 2	26
2.6. Diseño de la propuesta	28
2.6.1. LOGO maestro y LOGO esclavo	28
2.6.3. Comunicación entre logos (Ethernet).....	29
2.6.4. Elementos a implementar en la propuesta.....	31
2.7. Programación de comunicación entre módulos didácticos.....	35
2.7.1. Programación de la pantalla HMI módulo maestro	37
2.7.2. Programación de la pantalla HMI Módulo Esclavo	38
2.7.3. Programación del Logo módulo maestro	39
2.8. Diagrama de Flujo.....	44
2.9. Tabla de entradas y salidas de los Logos	45
CAPÍTULO III.....	47
PROPUESTA DEL DESARROLLO DEL PROYECTO TÉCNICO	47
3.1. Implementación de dispositivos en el módulo esclavo.....	47
3.1.1 Instalación y prueba de pantalla HMI	48
3.1.2 Instalación y prueba de electroválvula 5-2.....	50
3.1.3 Instalación y prueba del generador y sensor de vacío	51
3.1.4 Instalación del motor ½ HP	52
3.1.5 Prueba del sistema completo	53
CAPÍTULO IV.....	55

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
4.1. Conclusiones	55
4.2. Recomendaciones	57
Bibliografía	58
Anexos	61

Índice de Tablas

Tabla 1. Características de los elementos eléctricos módulo 1.....	25
Tabla 2. Características de los Elementos neumáticos módulo 1	26
Tabla 3. Características de los Elementos eléctricos módulo 2	27
Tabla 4. Características de los Elementos neumáticos módulo 2	27
Tabla 5. Comparación entre LOGO maestro-esclavo.....	29
Tabla 6. Especificaciones generador de vacío	32
Tabla 7. Especificaciones Sensor de vacío	33
Tabla 8. Especificaciones Pantalla HMI.....	34
Tabla 9. Especificaciones Motor 1/2 HP	34
Tabla 10. Entradas y salidas de los Logos	46
Tabla 11. Direcciones IP de Logos y Pantallas HMI.....	50

Índice de Figuras

Figura 1. Simbología - Cilindro neumático de doble efecto	8
Figura 2. Válvula 5/2	9
Figura 3. Válvula de presión.....	9
Figura 4. Válvula de cierre.....	10
Figura 5. Generador de vacío neumático	10
Figura 6. Funcionamiento de un generador de vacío neumático	11
Figura 7. Sensor de vacío neumático	12
Figura 8. Fuente de voltaje 110-24V	13
Figura 9. Motor de 1/2 hp	14
Figura 10. Pantalla HMI	15
Figura 11. Pantalla HMI y sus partes.....	16
Figura 12. Cables de señales.....	16
Figura 13. Módulo Didáctico	18
Figura 14. Partes de un PLC	19
Figura 15. LOGO Siemens	20
Figura 16. Partes de un LOGO	21
Figura 17. Comunicación entre LOGOS	30
Figura 18. Generador de vacío.....	32
Figura 19. Sensor de vacío.....	32
Figura 20. Pantalla HMI	33
Figura 21. Motor 1/2 HP	34
Figura 22. Opciones de Control de la pantalla HMI.....	35

Figura 23. Logo ingresado con dirección IP	36
Figura 24. Dirección IP de pantalla HMI.....	36
Figura 25. Programación de la pantalla HMI Módulo Maestro.....	37
Figura 26. Diagrama proceso electroneumático	38
Figura 27. Programación de la pantalla HMI Módulo Esclavo	38
Figura 28. Programación módulo esclavo	39
Figura 29. Diagrama de conexión de entradas y salidas del Logo.....	40
Figura 30. Programación del Logo Maestro	41
Figura 31. Programación de comunicación	42
Figura 32. Programación Logo del módulo esclavo	43
Figura 33. Marcas de activación de las salidas de red	44
Figura 34. Diagrama de Flujo del proceso de intercomunicación de los módulos	45
Figura 35. Estado actual del módulo esclavo.....	47
Figura 36. Mantenimiento de finales de carrera	48
Figura 37. Instalación pantalla HMI 7"	48
Figura 38. Funcionamiento de la pantalla HMI 7"	49
Figura 39. Comunicación de pantallas y logos al computador	49
Figura 40. Utilización de switch por falta de puertos	50
Figura 41. Instalación de electroválvula 5-2.....	51
Figura 42. Instalación del Generador y Sensor de vacío	51
Figura 43. Pruebas de funcionamiento de Generador y Sensor de vacío.....	52
Figura 44. Instalación de motor 1/2 HP	53
Figura 45. Comunicación de Logos, pantallas HMI con el computador	54

Figura 46. Funcionamiento del sistema completo	54
--	----

INTRODUCCIÓN

El Instituto Tecnológico Universitario Rumiñahui se ha destacado en ofrecer alternativas de estudio que se adecuan a las necesidades de los estudiantes, y para el desarrollo académico de ellos el ISTER posee una infraestructura acorde a las carreras ofertadas y al avance tecnológico, como por ejemplo el laboratorio de neumática, el mismo que cuenta con diferentes módulos didácticos, lo que facilita que los estudiantes realicen de manera presencial las practicas correspondientes y así tengan un contacto directo con las condiciones que usualmente se presentan en la industria.

Sin embargo, uno de los módulos existentes en el laboratorio requirió que sea intervenido para obtener una actualización, para esto se implementó nuevos dispositivos tecnológicos que mejoraron la funcionalidad del mismo; se diseñó e instaló una interfaz hombre-máquina y se colocaron otros dispositivos adicionales que establecieron un sistema de vacío y que de manera conjunta permitieron tener un control del proceso neumático y visualizar los diferentes diagramas neumáticos.

Planteamiento del problema

El módulo que se encuentra en el laboratorio de neumática del Instituto Tecnológico Universitario Rumiñahui, y el cual va ser intervenido, actualmente no cuenta con un dispositivo HMI, lo que impide que exista una interacción eficiente y controlada, y a su vez dificulta la realización de las practicas por parte de los estudiantes, haciendo que su aprendizaje sea deficiente ya que no cuentan con la herramienta precisa que les permita la visualización y operación de los circuitos neumáticos de forma dinámica y en tiempo real, siento esto una causa de que no se actualicen las competencias que actualmente el sector industrial solicita. Ante esta problemática se ha visto la necesidad de implementar la interfaz hombre-máquina para automatizar el módulo

didáctico existente, y que su operación y control sea de manera más eficiente y pedagógica, contribuyendo al mejoramiento de la enseñanza-aprendizaje, para la formación de profesionales técnicos competentes.

Alcance

Con la automatización del módulo didáctico, a través de la interfaz hombre-máquina, se obtiene una actualización de dicho modulo que va acorde a los avances tecnológicos con los que se desarrolla actualmente la industria; al mismo tiempo se enfoca en la capacitación de los estudiantes en los sistemas de automatización, con la finalidad de que las practicas puedan mejorar sus capacidades y habilidades en el área de la automatización y control de procesos, otorgándoles de esta manera la competitividad requerida en el campo laboral.

Para esto se prevé implementar al módulo existente nuevos dispositivos como por ejemplo la pantalla HMI, un sistema de vacío comprendido por un generador y un sensor neumáticos, adicionalmente se incorporará un motor de $\frac{1}{2}$ hp y una fuente de voltaje 110-24V, cuyas conexiones serán a través de cables de señales; todos estos dispositivos en conjunto permiten que se pueda controlar el proceso neumático y obtener diagramas eléctricos y neumáticos actualizados.

Dentro de los resultados que se espera obtener es la repotenciación de un equipo existente, a través de la ampliación de la funcionalidad del mismo, con la incorporación de nuevos dispositivos, lo que va permitir que se obtengan procesos de control de las implementaciones; y con ello también en la parte académica se desarrollará las capacidades de los estudiantes en el uso de nueva tecnología en la automatización de procesos industriales.

Pregunta

¿Cómo contribuye la actualización del módulo didáctico del laboratorio de neumática del ISTER en el desarrollo integral de sus estudiantes?

Objetivo general

Diseñar e implementar una interfaz hombre-máquina mediante el uso de un PLC para automatizar el módulo didáctico del laboratorio de neumática del ISTER.

Objetivos específicos

- *Analizar el estado actual del módulo didáctico.*
- *Diseñar la interfaz HMI en base a los parámetros requeridos por el sistema.*
- *Implementar el HMI junto con el módulo de neumático.*
- *Evaluar el funcionamiento de los dispositivos instalados en el módulo didáctico*

Justificación.

Tomando en consideración que el avance de la tecnología en el ámbito industrial, ha logrado que exista una transformación en los procesos de automatización, donde los sistemas neumáticos desempeñan un papel esencial; por tal razón, una institución de educación superior como el ISTER, debe establecer las metodologías de enseñanzas a la par de los avances tecnológicos, para ello su laboratorio de neumática debe contener equipos modernos y automatizados, para que los estudiantes puedan realizar sus prácticas, y de esta manera conseguir un aprendizaje dinámico y de acuerdo a los requerimientos del ámbito industrial.

El diseño de la interfaz hombre-máquina para el módulo del laboratorio de neumática, responde a la necesidad de actualización de la tecnología, ofreciendo una solución que mejora no solo el módulo, sino también la interacción que el estudiante pueda tener con el sistema; gracias al HMI se podrá en tiempo real visualizar, controlar y analizar los diferentes procesos neumáticos, permitiendo que su comprensión sea muy clara; adicionalmente con la interfaz se optimiza el uso del equipo en el laboratorio, y permite que los estudiantes adquieran experiencia en la

manipulación de los dispositivos similares a los que se utilizan en el campo laboral de la industria, incrementado de esta manera la competitividad profesional de los estudiantes del ISTER.

Ante esto, se prevé la necesidad de diseñar la interfaz HMI que el módulo didáctico del laboratorio de neumática requiere, esto permitirá que exista una interacción efectiva entre los estudiantes y el sistema; logrando que el aprendizaje a través de esta interfaz pueda incorporar funciones como el control en tiempo real y al mismo tiempo se puedan registrar datos para un posterior análisis.

CAPÍTULO I:

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

El proyecto “Diseño e implementación de un módulo educativo controlado mediante PLC S7-1200 con interfaz HMI” ejecutado por (Miranda, A. & Ruiz, D., 2022), señala que su investigación permite el desarrollo y ejecución de prácticas didácticas, que procuran fortalecer tanto las destrezas como las competencias técnicas de los estudiantes dentro de la ingeniería, la misma que viene asociada con la neumática y la electroneumática; para ello se utiliza el módulo didáctico controlado mediante PLC S7-1200 con interfaz HMI, que facilita la simulación de procesos industriales, para el caso específico una estampadora por sublimación neumática, obteniendo óptimos resultados, lo que demuestra que los estudiantes pueden aprovechar todas las oportunidades que les represente un desafío en sus conocimientos y habilidades dentro del campo industrial.

En el proyecto “Diseño e implementación de un módulo didáctico para procesos industriales electroneumáticos, mediante un PLC S7-1200 e interfaz HMI” desarrollado por (Cuenca, D. & Delgado, J., 2021), tenían el firme propósito no solo del diseño sino también de la implementación de un módulo didáctico que incluye un PLC S7-1200 e interfaz HMI, dicho proyecto nace de la necesidad imperante de poder reforzar mediante la práctica los conocimientos de los estudiantes, y al tratarse de un módulo nuevo se estableció un manual de prácticas de todos los procesos industriales que se pueden realizar con el módulo, es decir neumáticos y electroneumáticos; este manual no solo es de gran ayuda para los estudiantes sino también para los docentes de la institución educativa.

Por otra parte, el proyecto “Implementación de interfaz hombre-máquina para planta didáctica FESTO MPS-200” realizado por (Villón, E. & Ganchozo, G., 2023), proponen con la implementación de una interfaz hombre-máquina, el permitir a los estudiantes que tengan una experiencia práctica adecuada dentro de su desarrollo profesional; la HMI les permite la visualización y monitoreo de los parámetros de la planta didáctica FESTO MPS-500. Con ayuda de un software se crearon varias ventanas que permite la visualización y la correspondiente operación de los módulos sobre todo en lo se refiere a las variables del sistema de control de lógica secuencial en el llenado de los tanques, es decir, la presión, el caudal, el nivel y la temperatura.

El “Diseño e implementación de un módulo didáctico para la simulación de aplicaciones con servomotor, PLC y HMI INVT” desarrollado por (Guailacela, A. & Pérez, D., 2021), busca que los estudiantes conozcan equipos de diferentes marcas, con la finalidad de que amplíen sus conocimientos de los equipos comerciales pero sobre todo de las especificaciones técnicas que posee cada uno de ellos, lo que significa que el estudiante resulta ser un profesional altamente capacitado en el reconocimiento y programación de los procesos de automatización en marcas variadas. En este sentido, el proyecto brinda una innovación dentro del desarrollo de las practicas, pues el estudiante tiene contacto directo con los dispositivos proporcionándole conocimientos sobre las diferentes formas de configuración que dependen de cada equipo; dando como resultado final que el estudiante amplié sus posibilidades de trabajo dentro del ámbito industrial.

1.2. Neumática

La neumática está relacionada con el aire usado para generar movimientos, es decir, el aire comprimido permite la transmisión de energía para el funcionamiento de mecanismos; por lo general este proceso es muy empleado en la industria, sobre todo aquellas en las que se usan “cilindros y motores neumáticos que son controlados por medio de válvulas neumáticas y

electroneumáticas, para obtener un mejor funcionamiento de los procesos de producción. (Pardo, 2022)

De acuerdo con (Castillo R, 2022), la neumática presenta varias ventajas por el uso del aire, dentro de las que se puede destacar:

- Es una energía limpia, ya que, al emplear el aire como elemento principal, su disponibilidad es inmediato y en grandes cantidades, pues su fuente de adquisición es la atmosfera.
- No se considera explosiva, ya que el aire no genera chispas, y al existir cambios de la temperatura esto no presenta efectos de mayor relevancia.
- La fuerza denominada de empuje producto del empleo del aire no ocasiona daño en los componentes de la cadena.
- Los costos empleados son mínimos considerando la mano de obra.

Hay que mencionar que también existen desventajas que no como por ejemplo el ruido que se genera al usar aire, y para evitar esto se requiere de la implementación de equipos especiales; así como también la perdida de carga en los circuitos que son muy anchos y cuyas presiones normales en la operación no requieren del uso de fuerzas mayores.

1.2.1. Aplicaciones

Una de las aplicaciones más relevantes de la neumática es la automatización de los procesos industriales, lo que ha significado un avance en el desarrollo de la industria, este proceso se fundamenta en incrementar la presión del aire y usar la energía generada en cada uno de los elementos que componen el circuito de transmisión. En este sentido, al neumática se puede usar en los siguientes puntos:

- Control del desplazamiento lineal en cilindros como en el caso de las puertas de buses.
- Para el abastecimiento de aire en neumáticos a través de una bomba manual.

- Para las herramientas odontológicas que usan aire a presión para su correcto funcionamiento.

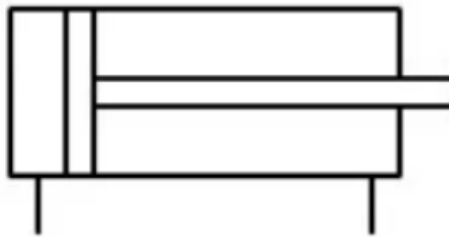
1.3. Dispositivos neumáticos

1.3.1. Cilindro neumático doble efecto

Este dispositivo se encarga de transformar la el aire comprimido en un trabajo mecánico, al ser de doble efecto se debe a que está conformado por dos cámaras de succión, donde se ubican el pistón y el vástago, los mismos que se desplazan en dos direcciones, esto se ve en la Figura 1. Cabe mencionar que estos dispositivos poseen una alta eficiencia y precisión, y puede alcanzar unas elevadas velocidades.

Figura 1.

Simbología - Cilindro neumático de doble efecto



Fuente: (Vélez, 2019)

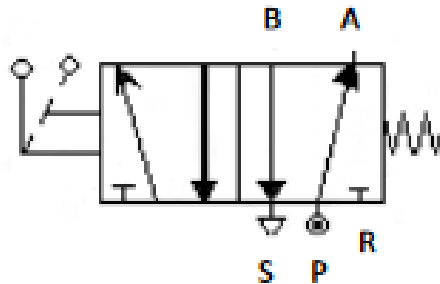
1.3.2. Válvulas neumáticas

Son comúnmente utilizadas para controlar las fases de cada elemento neumático, y su función principal es la distribución del aire comprimido hacia los elementos de trabajo. La elección de la válvula depende específicamente del trabajo que vaya a desempeñar, en dicho caso, se considera el tipo de válvula, como circula el aire y que conexiones se utilizarán.

- *Tipo de válvula:* puede ser de distribución, las mismas que dependen de la cantidad de orificios que se requiera, como la válvula de 5/2, que significa que posee 5 vías y también 2 posiciones como demuestra la Figura 2; considerando que las posiciones pueden variar entre 2, 3, 4 o mayor, sin embargo, nunca podrá ser menor de 2. Otra condición de estas

válvulas es la cantidad de posiciones de trabajo que puede poseer ya sea este monoestable o biestable.

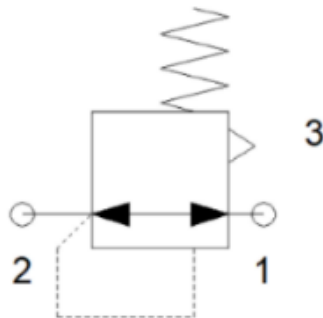
Figura 2.
Válvula 5/2



Fuente: (Vélez, 2019)

- *Circulación de aire:* pueden ser válvulas de presión y bloqueo visualizadas en la Figura 3; para el primer caso la circulación del aire se da en un solo sentido, quedando libre el otro lado; dentro de las válvulas de presión se encuentran las antirretorno, selectoras, de escape rápido y de estrangulación con antirretorno. Mientras que para el caso de las válvulas de presión estas pueden mantener la presión inalterable en la salida.

Figura 3.
Válvula de presión



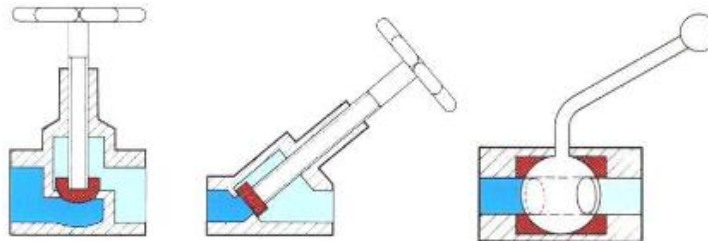
Fuente: (Moreno, 2019)

- *Conexiones:* Cuando las válvulas dependen de las conexiones, estas pueden ser “normalmente abiertas o normalmente cerradas”; esto significa si se admite o no el aire comprimido. Dentro de este caso se consideran las válvulas de caudal que regularizan el aire comprimido que circula en los dos sentidos; también se puede mencionar a las válvulas

de cierre, que permiten controlar el paso del aire en una dirección demostrado en la Figura

4. (Paez D & Pruna L, 2021)

Figura 4.
Válvula de cierre



Fuente: (Dombor, 2023)

1.4. Generador de vacío neumático

El dispositivo de la Figura 5 se encarga de crear una presión que es inferior a la presión de la atmosfera dentro de un espacio cerrado, el vacío que se genera es empleado para el transporte o manipulación de un objeto que forma parte de un proceso industrial; su operación depende del diseño y de la aplicación del mismo, y en dicho caso funcionan a través de mecanismos eléctricos, neumáticos e híbridos.

Figura 5.
Generador de vacío neumático



Fuente: (Murcia, 2024)

El generador neumático consta de tres partes principales tales como: un compresor de aire, para el suministro a presión del mismo; un generador de vacío Venturi que contienen la boquilla y el puerto de succión; las mangueras y accesorios como válvulas, filtro de vacío, elevador de vacío. (GEYA, 2023)

Los generadores de vacío funcionan como se refleja en la Figura 6, hacen pasar el aire comprimido por una boquilla estrecha, donde se genera aceleración del flujo, y esto forma un vacío en la cámara contigua; esto se denomina efecto Venturi, aunque también se basa en el principio de Bernoulli, cuando el generador se aplica en piezas porosas con puertos de descarga en las ventosas. (Murcia, 2024)

Figura 6.
Funcionamiento de un generador de vacío neumático



Fuente: (GEYA, 2023)

1.4.1. Principios de funcionamiento del generador de vacío neumático

El generador se compone de una boquilla con una constricción, un difusor, un puerto de vacío y el escape, que en conjunto deben funcionar de la siguiente manera:

- El generador aspira el aire comprimido por medio de la boquilla, cuando el mismo está en funcionamiento.
- Posteriormente el aire debe pasar por la zona más estrecha de la boquilla
- Aplica el principio de Bernoulli, al permitir que el aire circule a una menor velocidad y también a una alta presión.
- Cuando el aire se expande en el difusor, la velocidad aumenta.
- Se crea el efecto Venturi cuando se reduce drásticamente la presión.
- El aire externo ingresa para llenar el espacio, lo que genera una succión en el puerto de vacío.

- Para controlar el flujo de aire y crear o parar un vacío se incluye una válvula dentro del sistema.

1.5.Sensor de vacío neumático

Estos dispositivos son comúnmente utilizados para medir o controlar la presión que se considerada negativa dentro de un sistema neumático, es decir, aquella presión que es menor a la presión atmosférica; el dispositivo se observa en la Figura 7 y tiene como función primordial la detección y monitoreo del nivel de vacío, en los sistemas que usan este método como fuerza principal de trabajo, como por ejemplo los sistemas de envasado en una industria.

Sin embargo, también es empleado en líneas de producción que son automatizadas para comprobar se ha llegado al nivel de vacío adecuado; también son usados para la detección de fugas o en la perdida de eficiencia.

Figura 7.
Sensor de vacío neumático



Fuente: (FESTO, 2019)

El funcionamiento del sensor de vacío se fundamenta en la medición de la presión dentro de un sistema, a través de una señal de salida que es proporcional a la presión; el tipo de señal depende del tipo de sensor que se utilice, y estas pueden ser señales analógicas, digitales y las lecturas en pantalla. Las ventajas que presentan se reflejan en la seguridad que proporciona a los procesos automatizados, y al mismo tiempo mejora la eficiencia energética gracias al control del uso del vacío, y finalmente la detección en tiempo real de los fallos ya sean fugas o bloqueos.

1.6.Fuente de voltaje 110-24V

Este dispositivo eléctrico se encarga de la conversión de tensión, es decir cuando ingresa una tensión (corriente alterna) de 110 voltios la convierte en una tensión de salida (corriente continua) de 24 voltios; normalmente son utilizados para la alimentación de equipos o sistemas donde el requerimiento de un voltaje más bajo, pero sobre todo que sea estable. Su aplicación es común en el ámbito industrial y de la automatización que generalmente usan 24 voltios de corriente, gracias al transformador que contiene.

El transformador incorporado hace que los circuitos estabilicen la corriente para evitar la presencia de fluctuaciones que dañen los equipos; en algunos casos las fuentes pueden contener sistemas de refrigeración para que exista un funcionamiento seguro y eficiente. Por otra parte, existen diferentes tipos de fuentes entre ellas las conmutadas que son más manejables y compactas, y las lineales que son de un tamaño grande y pesada, tal como el ejemplo de la Figura 8.

Figura 8.
Fuente de voltaje 110-24V



Fuente: (Electrostore, 2024)

Las ventajas de utilizar la fuente de voltaje, es que brinda seguridad cuando se usan altas tensiones, así como también la compatibilidad que tienen con una gran variedad de dispositivos industriales, y también permite la reducción de cortocircuitos que resultan ser peligrosos dentro de los sistemas de control.

1.7.Motor de ½ hp

Es un motor de aproximadamente 373 vatios como el que se detalla en la Figura 9, y es utilizado para el accionamiento del compresor para el suministro del aire comprimido hacia la

alimentación del sistema neumático; este tipo de motores se emplean en los entornos industriales donde se requiera mover diferentes cargas. (Lupeda, 2022)

Figura 9.
Motor de 1/2 hp



Fuente: (Lupeda, 2022)

1.7.1. Características típicas

- *Velocidad:* depende del diseño y puede ser de alta velocidad que corresponde a 35 rpm, de baja velocidad de 1725rpm, también depende de la cantidad de polos y la frecuencia de alimentación que poseen, siendo los más comunes los de 60 Hz.
- *Voltaje:* la más usual es la monofásica que varía entre 115 o 130 voltios.
- *Rotor:* por lo general en motores de inducción se encuentra un rotor de jaula de ardilla.
- *Aislamiento:* para que soporte altas temperaturas y tenga mayor durabilidad se considera el de clase F.
- *Componentes:* está conformado por una cubierta de acero o hierro fundido, cuya protección es contra salpicaduras o goteo, resaltando que el grado de protección depende del modelo del motor.

1.8. Pantalla HMI

Conocida también como interfaz hombre-máquina, es un dispositivo muy utilizado por operadores, es decir, que mantienen una interacción constante dentro de un proceso; lo que permite identificar su comportamiento y al mismo tiempo se puede obtener valores en tiempo real cuando

se aplican variables; un factor adicional de la HMI como se observa en la Figura 10, es que se puede visualizar las simulaciones durante el proceso de operación gracias a su pantalla.

Figura 10.
Pantalla HMI

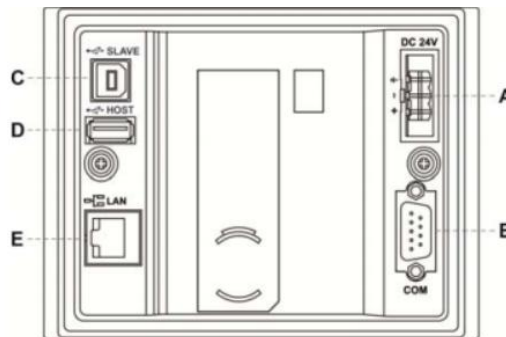


Fuente: (DELTA, 2024)

La pantalla HMI tal y como demuestra la Figura 11 se compone de piezas que son indispensables para su funcionamiento tales como:

- Puerto USB
- Teclas de funcionamiento
- Placa de especificaciones técnicas
- Puerto de red
- Juntas de montaje
- Pantalla táctil
- Ranuras de anclaje
- Entrada de alimentación
- Interfaz Profinet
- Conexión para tierra

Figura 11.
Pantalla HMI y sus partes



Fuente: (DELTA, 2024)

Dentro de las funciones que desarrolla la pantalla HMI son: el monitoreo para la obtención de datos durante la ejecución de un proceso, el control con base en logaritmos que ajustan los valores para el proceso, la supervisión que de acuerdo a las necesidades puede cambiar entre los diversos escenarios de operación, un historial de todos los datos obtenidos y una alarma de aviso cuando se detectan cambios durante un proceso.

1.9.Cables de señales

Son cables cuyo diseño como se ve en la Figura 12, permiten que las señales eléctricas sean transmitidas entre los diferentes dispositivos conectados, es decir, que exista comunicación entre ellos o simplemente para poder activarlos cuando se requiera, por lo general se emplean en los sistemas de control y automatización. (I+D Electrónica, 2024)

Figura 12.
Cables de señales



Fuente: (I+D Electrónica, 2024)

Las señales que pueden transmitir pueden ser digitales, analógicas y de comunicación; las mismas que se usan en diferentes dispositivos como sensores, actuadores, audio, video y en sistemas de automatización en general.

1.9.1. Características principales

- *Apantallamiento:* poseen un blindaje o protección metálica usada para evitar la interferencia electromagnética, esto permite que exista una transmisión libre de ruido y sobre todo limpia.
- *Flexibilidad:* poseen una buena flexibilidad lo que resulta ser útil durante la instalación, pues existen zonas reducidas que requieren una buena movilidad,
- *Transmisión:* pueden transmitir señales de datos, información o control de los diferentes dispositivos conectados, como sensores, controladores, etc.
- *Clasificación:* dependiendo de la aplicación y de la calidad de señal que requieren pueden emplearse cables de par trenzados, coaxiales, con blindaje metálico, etc.

1.10. Modulo didáctico de neumática

De acuerdo a (HNSA Didactic, 2019) los módulos por lo general están conformados por paneles de acero doblado de acuerdo a las medidas requeridas, sin dejar de lado que debe existir el espacio necesario para la ubicación de los diferentes dispositivos y conexiones, dando la facilidad de poder moverlos o cambiar de lugar según las necesidades, como el ejemplo de la Figura 13; dentro de su área de trabajo pueden interactuar más de dos personas, quienes realizan las diferentes practicas con base en las guías existentes. Cabe recalcar que estos módulos disponen de llantas en su base para que puedan ser trasladados de un lugar a otro, con facilidad y sin mucho esfuerzo.

Figura 13.
Módulo Didáctico



Fuente: (Lara, R., Santander, C. & Tulcanazo, H., 2024)

1.11. Controlador Lógico Programable, PLC

Este dispositivo es comúnmente empleado en las industrias donde requieren un control para el funcionamiento de la maquinaria que emplean; su diseño se compone de varias señales de entrada y de salida, se caracterizan por tener resistencia ante las vibraciones e impacto, así como la protección al ruido eléctrico. Para que estos dispositivos funcionen se requiere de un programa que se almacenan en una batería o fuente de poder, mientras que para guardar copias de seguridad contienen memorias internas. En definitiva, lo que hace un PLC es emitir unos resultados de salida en un tiempo definido, de acuerdo a las condiciones de entrada ingresados por el programador.

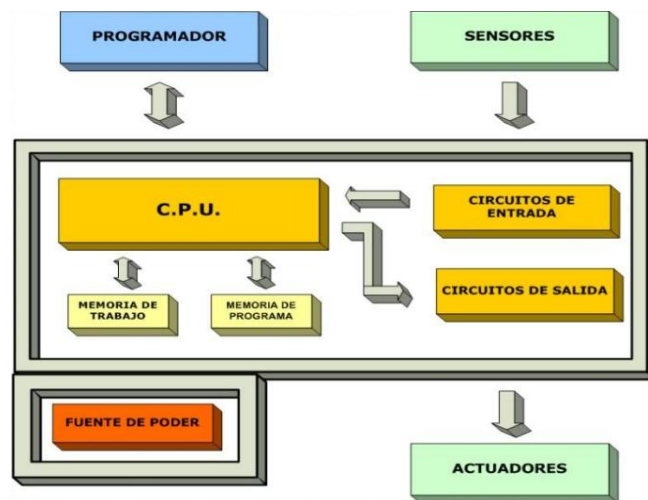
1.11.1. Partes de un PLC

En la Figura 14 se plantea un PLC con sus principales partes:

- *Programador*: es el encargado de realizar la programación para la ejecución de la tarea designada.
- *Sensor (entrada)*: son externos al PLC y son usados para la detección de las variables con la finalidad que sean usados para el cumplimiento de la tarea que fue programada.

- *CPU*: es la parte más importante del PLC, pues al ser el considerado como el cerebro de este dispositivo recibe las variables programables, las ejecuta y acciona los resultados de salida.
- *Memoria de trabajo (RAM)*: es usada por el CPU para la ejecución del programa.
- *Memoria de programa (interna)*: es el almacenamiento de los programas que han sido cargados.
- *Circuitos*: son de entrada y salida cuya conexión es interna del PLC, se encargan de recibir las señales de los sensores y actuadores para el inicio del programa y las acciones a ejecutar.
- *Fuente de poder*: o batería es la alimentación de PLC.
- *Actuadores (salida)*: son los accionadores de la tarea programada en el PLC.

Figura 14.
Partes de un PLC



Fuente: (Ramírez, 2021)

1.11.2. Ventajas y Desventajas de un PLC

Una de las ventajas más evidentes es la variedad de modelos que existen, además de que puede ser empleado en el campo industrial como domiciliario pues el espacio que ocupa es mínimo; es importante destacar que estos dispositivos pueden admitir que se hagan modificaciones

sin necesidad de un cableado y cuyo control puede ser a distancia al igual que la ejecución. Su mantenimiento resulta ser económico gracias a que no requiere de muchos materiales y su tiempo de paro son mínimos.

Sin embargo, este dispositivo presenta una desventaja claramente identificada, y corresponde a que para su adecuado funcionamiento y mantenimiento es necesario el empleo de técnicos que estén calificados en dichas tareas.

1.11.3. PLC LOGO

Este dispositivo es el más empleado a nivel industrial, pues es considerado como un módulo lógico inteligente que cuenta con varias entradas y salidas; una característica evidente es que gracias a su tamaño pueden ser instalados en un riel DIN normalizado como el ejemplo de la Figura 15: se emplean generalmente en sistemas donde se instalan procesos de control, señalización o maniobra; es decir en cualquier proceso productivo o sistematización industrial. (Pinza, A. & Vargas, J., 2022)

Figura 15.
LOGO Siemens

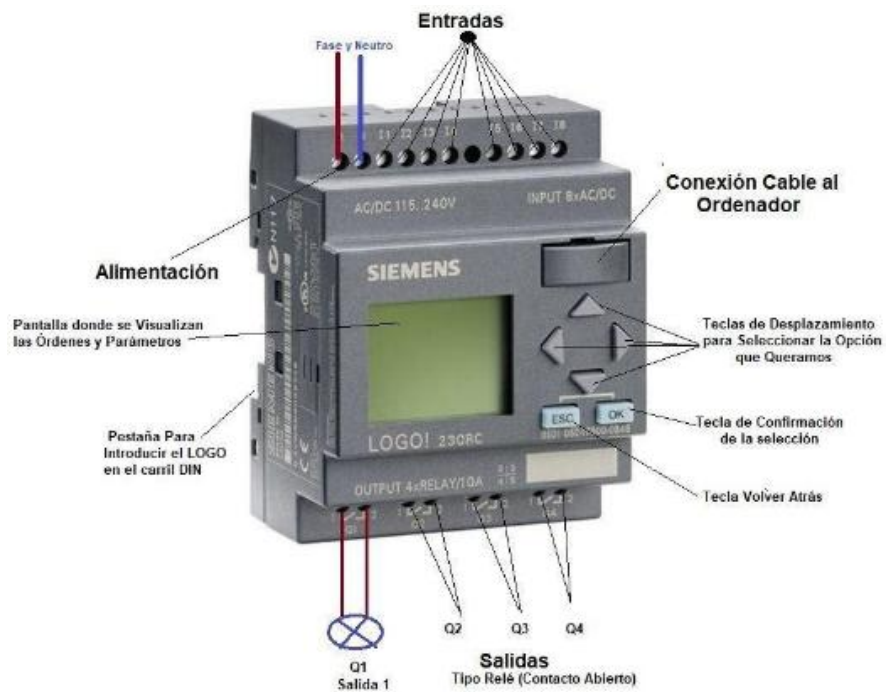


Fuente: (SIEMENS AG, 2022)

1.11.3.1. Partes de un LOGO

En la Figura 16 se ve claramente las partes que componen un LOGO, desde sus entradas y salidas, así como las conexiones y la alimentación.

Figura 16.
Partes de un LOGO



Fuente: (SIEMENS AG, 2022)

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Se trata de una investigación exploratoria caracterizada por la búsqueda de un conocimiento preliminar, pero sobre todo profundo del tema a investigarse, con la finalidad de comprender todo el contexto que engloba el proyecto para de esta manera aplicar la solución más pertinente.

En este sentido, lo primero que se verifica es la necesidad que tiene el laboratorio de neumática en relación a uno de sus módulos didácticos, para esto se recurre a la observación directa en el laboratorio, las pruebas o practicas realizadas por los estudiantes, y la revisión de bibliografía existente; dando como opción la implementación de una interfaz hombre-máquina para el mejoramiento del módulo escogido; así como también se requiere que se entienda cómo funciona la interacción que existe entre el sistema neumático actual y quienes lo operan. Para esto se recopiló información importante sobre el estado actual de modulo, las condiciones del laboratorio en cuanto a capacidad de espacio y las tecnologías que pueden adaptarse, lo que definió el diseño más favorable.

2.2. Diseño de investigación

Para el proyecto “Diseño de una interfaz hombre-máquina para el módulo didáctico del laboratorio de neumática del ISTER.”, el diseño de la investigación se trata de:

- *Diseño no experimental*: esto se debe a que no se operan variables de manera deliberada, sino que se fundamenta en la observación y el análisis real del entorno del laboratorio de neumática de ISTER; esto permite que se describa y comprenda las condiciones reales del

módulo didáctico y como es la manipulación del sistema existente por parte de los usuarios, esto facilita la fundamentación del diseño de la interfaz.

- *Diseño Transversal*: se considera también este tipo de diseño debido a que la recolección de información se lo realiza en un periodo determinado de tiempo, y la información obtenida se refleja en las fotografías del módulo.
- *Diseño Descriptivo*: esto permite que se identifique las necesidades y dificultades que presenta el módulo didáctico actual, y cómo influye la implementación de la interfaz hombre-máquina en el desarrollo de las prácticas por parte de docentes y estudiantes.

2.3.Instrumentos de recolección de datos

2.3.1. Observación directa

Esta técnica permite el registro de las condiciones actuales del módulo didáctico, y como es la interacción de los estudiantes o usuarios con el sistema neumático existente, así como también la identificación de las necesidades de actualización que requiere el módulo.

2.3.2. Revisión documental

La revisión de documentos relacionados con el proyecto, como manuales u otros trabajos sobre el diseño de las interfaces hombre-máquina, e inclusive las practicas que realizan en el laboratorio; esto permite que se tenga una referencia técnica que fundamente o validen el diseño de la interfaz a implementar.

2.4.Procedimiento de investigación

Las fases o pasos que se utiliza durante el desarrollo de la investigación permiten que de manera lógica se recopilen, analicen y se estructuren los datos e información que fundamente el diseño de la implementación de la interfaz HMI:

- *Fase 1: Revisión documental y contextual:* permite que se conozca el estado real y actual del módulo didáctico a ser intervenido, y sobre todo el entorno donde se encuentra ubicado, lo que permite especificar claramente el diseño de la interfaz. Se revisa las guías prácticas existentes y se identifica el requerimiento del laboratorio de neumática para el mejoramiento del módulo.
- *Recolección de información directa:* a través de la observación directa se evidencia la deficiencia del módulo didáctico existente en el laboratorio para el desarrollo de las prácticas o simulaciones, y los dispositivos que deben ser implementados para su mejoramiento.
- *Propuesta de diseño:* con la información obtenida se plantea el diseño de la interfaz para su implementación en el módulo didáctico de neumática existente, con base en los requerimientos del laboratorio, donde se encuentren definidas las funcionalidades, los tipos de datos, entre otros.
- *Desarrollo e implementación de la interfaz:* una vez definido el diseño se procede a la implementación del mismo, integrándolo en el módulo didáctico existente, lo que facilita la visualización de los datos en tiempo real durante la ejecución de una práctica o simulación por parte de los estudiantes o usuarios.
- *Pruebas y validación:* se realizan pruebas reales para verificar que funcione de manera correcta y de acuerdo al diseño, pero sobre todo que la interfaz resulte ser eficiente y funcional.

2.5.Estado Actual de los Módulos

Existen dos módulos que serán interconectados entre sí, para ellos es necesario en primer lugar identificar el estado actual de los mismos.

2.5.1. Módulo 1

El primer módulo posee una configuración estructural cuyas dimensiones son: alto 1.67m, largo 1.40m y ancho 0.57m; conformada por tubos cuadrados y con un mesón de melaminico, en la parte superior izquierda se ubica una lámina galvanizada donde se ubican los dispositivos eléctricos, mientras que en el lado derecho se encuentran instalados rieles de aluminio donde se ubican los componentes neumáticos.

Los elementos eléctricos que están instalados se detallan en la Tabla 1:

Tabla 1.
Características de los elementos eléctricos módulo 1

Elementos electrónicos		
Elemento	Cantidad	Características
LOGO	1	Marca Siemens, modelo 230 RC, 110 V, 10 A, con 8 entradas y 4 Salidas
Contactor	4	Marca CHNT, modelo NXC-09, 220 V y 10 A.
Breakers de 2 polos	6	Marca CHNT, modelo NXB-63, 110 V – 400 V y 10 A.
Relé térmico	1	Marca CHNT, modelo NXR-25, 110 V – 400 V y 10 A.
Pulsadores	3 normalmente abierto 3 normalmente cerrado 1 pulsador de emergencia tipo hongo	Marca CAMSCO, modelo BA-31, diámetro 22 mm. Marca CAMSCO, modelo BC-42, diámetro 40 mm.
Selector	1 de dos posiciones 1 de tres posiciones	Marca CAMSCO, modelo BJ-33, diámetro 22 mm.
Luz piloto	1 color rojo 1 color verde 1 color naranja	Marca CAMSCO, modelo AD22, 110 V, diámetro 22 mm.
Sensor	3 tipo final de carrera 1 fotoeléctrico	Marca XURUI, modelo XZ-8/155, 1 contacto N.O., 1 contacto N.C.
Conectores eléctricos	66	Marca SASSIN, modelo banana, diámetro 3 mm.
Cable eléctrico	40 metros	Marca electrocable, calibre 18 AWG, 600 V y 6 A.

Fuente: Los Autores

Por otra parte, en la Tabla 2 se identifican los elementos neumáticos con sus características:

Tabla 2.

Características de los Elementos neumáticos módulo 1

Elementos neumáticos		
Elemento	Cantidad	Características
Cilindros de doble efecto	3	Marca SMC, modelo CM2E32-150, diámetro 25 mm, carrera 100 mm.
Electroválvula 3/2 monoestable	2	Marca XCPC, modelo 4A210-08, 110 V, presión 0,15 – 0,18 MPa.
Electroválvula 3/2 biestable	1	Marca XCPC, modelo 4A220-08, 110 V, presión 0,15 – 0,18 MPa.
Unidad de mantenimiento	1	Marca XCPC, modelo XAL2000-02, 110 V, presión 0,05 – 0,85 MPa.
Acoples ¼”	16	Marca CONEK, modelo PC08-02, dimensión ¼”, acero inoxidable
Manguera flexible ¼”	10 metros	Marca UTAH, dimensión ¼”, poliuretano, presión 0,05-6 MPa.

Fuente: Los Autores

En el módulo uno sus componentes neumáticos tienen un consumo de caudal de los tres cilindros como lo señala la Ecuación (1):

$$Q_{total} = 3 * 3.23 = 9.69 (dm^3/min) \quad (1)$$

$$Q_{total} = 1.615 * 10^{-4} (m^3/s)$$

$$Q_{total} = 0.1615 (l/s)$$

2.5.2. Módulo 2

Este módulo se encuentra configurado con las siguientes dimensiones: 1.65m de altura, 1.20m de largo y 0.60m de ancho; su estructura es de tubo cuadrado, en cuya configuración se adapta un mesón de MDF, en su parte superior se ubica perfiles de aluminio para los componentes neumáticos y también tiene colocado una lámina de tol donde van los componentes eléctricos.

En la Tabla 3, se define los componentes eléctricos que se han ubicado en el módulo dos:

Tabla 3.
Características de los Elementos eléctricos módulo 2

Elementos electrónicos		
Elemento	Cantidad	Características
LOGO	1	Marca Siemens, modelo 24 RCE, 24 V, 4 A, con 8 entradas y 4 Salidas
Pantalla HMI	1	Marca Delta, modelo DOP-103WQ, 24 V, puerto USB Host/Cliente, entrada multilingüe.
Breakers de 2 polos	1	Marca Schneider, modelo iC60N, 110 V – 400 V, 10 A.
Pulsadores	1 normalmente abierto 1 normalmente cerrado 1 pulsador de emergencia tipo hongo	Marca CNC, modelo ZB2-BE102, diámetro 22 mm. Marca CNC, modelo ZB2-BE102, diámetro 40 mm.
Luz piloto	1 color verde	Marca CNC, modelo AD22-22DS, 110 V, diámetro 22 mm.
Voltímetro	1	Marca CNC, modelo AD16-22Dv, 110 V, diámetro 22 mm.
Sensor	6 tipo final de carrera	Marca XCPC, modelo XC-31R, 240 V, 1 contacto N.O., 1 contacto N.C.
Conectores eléctricos	148	Marca SASSIN, modelo banana, diámetro 3 mm.
Cable eléctrico	40 metros	Marca electrocables, calibre 16 AWG, 300 V, 11 A.

Fuente: Los Autores

En la Tabla 4 se exponen las características de los componentes neumáticos:

Tabla 4.
Características de los Elementos neumáticos módulo 2

Elementos neumáticos		
Elemento	Cantidad	Características
Cilindros de doble efecto	3	Marca AIRTAC, modelo MI-16X160-S, diámetro 25 mm, carrera 100 mm.
Electroválvula 3/2 monoestable	2	Marca AIRTAC, modelo 4V210-08, 110 V, presión 0,15 – 0,8 MPa.
Electroválvula 5/2 biestable	1	Marca XCPC, modelo 4V230C-08, 110 V, presión 0,15 – 0,8 MPa.
Unidad de mantenimiento	1	Marca AURITA, modelo AFRI90, presión 220 psi.
Acoples ¼"	6	Marca CONEK, modelo PC08-02, dimensión ¼", acero inoxidable
Manguera flexible ¼"	10 metros	Marca XCPC, dimensión ¼", poliuretano, presión 0,05-6 MPa.

Fuente: Los Autores

2.6.Diseño de la propuesta

En los dos módulos existentes en el laboratorio de neumática del ISTER se plantea realizar una implementación de dispositivos que amplíen su capacidad para realizar prácticas; para ello se instalarán elementos generadores de vacío y una pantalla HMI; pero sobre todo se realizará la comunicación entre los módulos, siendo este el punto clave para ampliar la funcionalidad de los módulos.

2.6.1. LOGO maestro y LOGO esclavo

2.6.1.1.LOGO maestro

Se refiere al dispositivo que tiene asignado el control principal en una red, cuando existen otros dispositivos conectados entre sí, sobre todo cuando se usa Ethernet; a esta configuración se la conoce como maestro esclavo; para este caso el módulo 2 actuará como maestro.

Dentro de las características principales del LOGO maestro se pueden describir las siguientes:

- Control centralizado: al ser maestro coordina y gestiona la comunicación que existe entre uno o más dispositivos esclavos, es decir, que envía las órdenes y recibe los datos del otro LOGO.
- Cliente/Servidor: al usar la red Ethernet el LOGO maestro adopta la posición de cliente al solicitar información, y la posición de servidor cuando proporciona la información, esto depende de la configuración que se realice en la comunicación.
- Comunicación distribuida: al comunicar más dispositivo permite que las tareas sean divididas para descentralizar los procesos, sin dejar de lado la supervisión de todos los componentes de la instalación.
- Compatibilidad: LOGO puede ser compatible con otros PLC, HMI, etc.

2.6.2.2.LOGO esclavo

Se refiere al dispositivo que se ha configurado de tal modo que su operación sea subordinada o dependa del LOGO maestro, esto siempre y cuando se encuentre en una relación maestro-esclavo, para el presente caso el módulo 1 actuará como esclavo. Sus características principales son:

- Expansión remota: el esclavo resulta ser una extensión del LOGO maestro, esto facilita que sus capacidades tanto de entrada como de salida del sistema se amplíen, sin embargo, no puede ejecutar un propio programa.
- Comunicación: su conexión con el LOGO maestro es por Ethernet, y cumple las instrucciones que son enviadas por el dispositivo principal, al mismo tiempo reporta los datos de sus entradas a la red.
- Sin programa: los esclavos no necesitan programación de forma independiente, es decir, que son controlados por completo por el dispositivo maestro por medio de Ethernet.
- Configuración: se la realiza desde el maestro, es decir sus condiciones de operación, dirección IP y cualquier parámetro requerido.

2.6.2.3.Comparación entre maestro y esclavo

Tabla 5.
Comparación entre LOGO maestro-esclavo

LOGO MAESTRO	LOGO ESCLAVO
Ejecuta el programa principal	No posee programación propia
Controla y monitorea a esclavos	Recibe órdenes y reporta entradas
Gestiona la lógica global	Actúa como expansor
Módulo 2	Módulo 1

Fuente: Los Autores

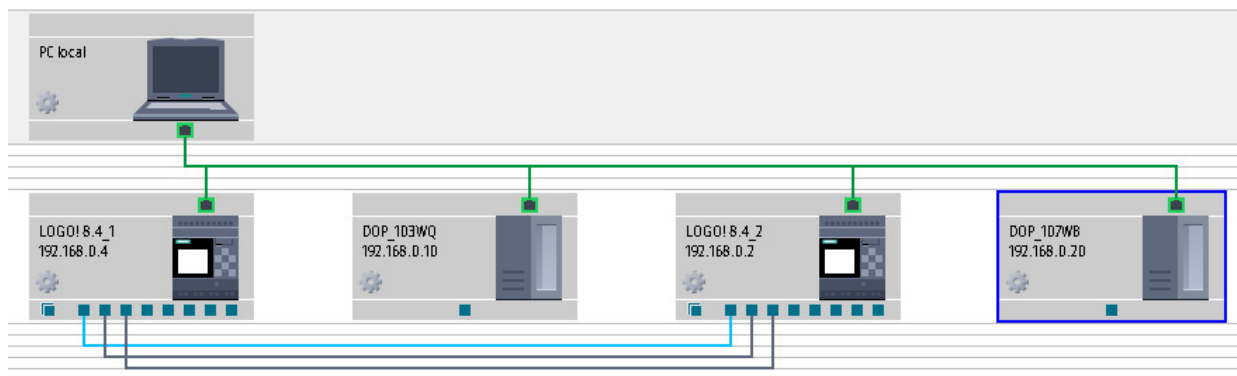
2.6.3. Comunicación entre logos (Ethernet)

Establecer una comunicación entre dos controladores lógicos programables (PLC) o LOGO a través del Ethernet, permite que exista un intercambio de datos para el control de procesos

en los diferentes sistemas de automatización en el campo industrial. Para esto se debe seguir ciertas características específicas, las mismas que se detallan a continuación:

- Requisitos:
 - Los dos LOGOS deben ser compatibles entre sí para establecer la comunicación.
 - Los cables Ethernet a utilizar debe ser estándar
 - Un switch de red, esto es indispensable cuando se conectan más de dos dispositivos
 - Software LOGO, que previamente debe estar instalado en la computadora
 - Debe existir un libre acceso a la configuración de red de los dispositivos a comunicarse
 - La configuración se evidencia en la Figura 17.

Figura 17.
Comunicación entre LOGOS



Fuente: (Moa, 2022)

- Conexión:
 - Ambos dispositivos LOGOS se conectarán por medio de los cables Ethernet, ya sea de manera directa o con la ayuda de un switch de red; se debe verificar que los dispositivos se encuentren energizados y que su cableado sea el correcto.
- Configuraciones de las direcciones IP:
 - Se debe asignar una dirección IP a cada uno de los LOGOS, los cuales deben encontrarse en el mismo rango de red; es importante que esta configuración se la realice

en el panel del LOGO, o en su defecto a través del software LOGO Soft Comfort que se encuentre instalado en la PC.

- Configuración del software LOGO:
 - Se creará un proyecto una vez abierto el software, donde se introducirá la configuración de cada Logo definiendo claramente su dirección IP, máscara de subred y sobre todo la puerta de enlace que le corresponde a cada dispositivo.
 - Se accederá al menú de “Conexiones Ethernet” para agregar la nueva conexión del servidor, de acuerdo a las características deseadas.
 - Finalmente se definen los parámetros de comunicación tales como el protocolo, puertos, entre otros, para que cumplan con las necesidades planteadas.
- Programación y prueba:
 - Se realizará la programación lógica para el intercambio de datos entre los LOGOS, donde debe constar palabras específicas, señales de control, entre otros; para proceder a descargar el programa en cada LOGO y constatar que exista la comunicación entre ellos. Se debe mantener desde el software LOGO Soft Comfort un monitoreo constante del estado de la red y sobre todo de los datos que se han intercambiado.

2.6.4. Elementos a implementar en la propuesta

2.6.4.1. Generador de vacío

El generador de vacío de la Figura 18, permite controlar el aire y con el vacío generado se pueda maniobrar un objeto dentro de un proceso determinado, de acuerdo a la configuración preliminar ingresada previamente. Las especificaciones técnicas del generador de vacío a ser instalado en el módulo didáctico se resumen en la Tabla 6.

Figura 18.
Generador de vacío



Fuente: (Murcia, 2024)

Tabla 6.
Especificaciones generador de vacío

Especificaciones técnicas	
Modelo	CV25-HS
PC 12-03	
Plastic muffler	

Fuente: (ZYSHTAC, 2025)

2.6.4.2.Sensor de vacío

El sensor de vacío identificado en la Figura 19, facilita el control de la presión dentro de un sistema neumático, así como también la detección y el monitoreo del nivel de vacío; las especificaciones técnicas se reflejan en la Tabla 7.

Figura 19.
Sensor de vacío



Fuente: (Murcia, 2024)

Tabla 7.
Especificaciones Sensor de vacío

Especificaciones técnicas	
Modelo	MS31C020A
Rango de presión nominal	-101.3 – 101.3 kPa
Rango de presión de visualización	-101.3 – 101.3 kPa
Ajuste de la unidad mínima	0.1 kPa
Soporte de presión	500 kPa
Tamaño del puerto	R1/8+M5

Fuente: (Chengdi, 2025)

2.6.4.3. Pantalla HMI

La pantalla HMI de la Figura 20, facilita la visualización de las diferentes simulaciones que han sido programadas previamente para el módulo didáctico, esto ayuda a comprender de mejor manera los procesos que se están ejecutando; considerando que dentro de la configuración se pueden cambiar parámetros que satisfagan las necesidades de la persona que está programando los diferentes procesos a simular.

Las especificaciones técnicas de la pantalla a instalarse en el módulo 1 se resumen en la Tabla 8.

Figura 20.
Pantalla HMI



Fuente: (DELTA, 2024)

Tabla 8.
Especificaciones Pantalla HMI

Especificaciones técnicas	
Marca	DELTA
Modelo	DOP-107WV
Tipo de pantalla	7" TFTLCD
Resolución	800x480 pixels
Puerto	USB Host
Entrada	Multilingüe

Fuente: (DELTA, 2024)

2.6.4.4. Motor ½ HP

El motor de la Figura 21, se instalará en el módulo para tener una opción de práctica, es decir, cuando una simulación requiera la intervención de un motor; el mismo que será manipulado a través del PLC, las especificaciones técnicas se reflejan en la Tabla 9.

Figura 21.
Motor 1/2 HP



Fuente: (Lupeda, 2022)

Tabla 9.
Especificaciones Motor 1/2 HP

Especificaciones técnicas	
Marca	CENTURY
Serial	202203218
Revoluciones PRM	1800R/MIN
HZ	60
WAL	220
VAC	110

Fuente: (Lupeda, 2022)

2.7.Programación de comunicación entre módulos didácticos

Se realiza el proceso de programación para complementar todos los elementos, como la pantalla HMI, el generador de vacío, el sensor de vacío y el motor ½ HP en el módulo denominado esclavo, es decir el módulo 1; así como también se procede a realizar la respectiva programación de comunicación entre módulos, para ello en el software se especifican las direcciones IP tanto para las dos pantallas HMI como para los dos Logos; tomando en consideración que dichas IP se pueden cambiar; esto permite que se puedan comunicar entre sí el módulo maestro con el módulo esclavo.

Dentro de la programación se establece dos opciones para el control de las pantallas HMI ubicadas tanto en el módulo maestro como en el módulo esclavo, tal y como se ve en la Figura 22, se podrá controlar de modo manual local y de modo manual remoto, siendo este último el que realiza los bloqueos por seguridad de los pulsadores de los módulos y su control es directamente desde la pantalla HMI del módulo maestro; la selección del tipo de control se lo realiza a través de un selector, cuya activación brinda el acceso al modo manual remoto, y su desactivación da paso al modo manual local.

Figura 22.
Opciones de Control de la pantalla HMI



Fuente: Los Autores

En la programación se ha definido las IP, para ello es necesario ingresar en el software los parámetros de identificación de cada Logos; es importante mencionar que estos parámetros se

pueden visualizar cuando se ha seleccionado como dispositivo remoto, y al desplegarse las opciones se muestra los Logos ingresados con su respectiva dirección IP, tal y como se observa en la Figura 23.

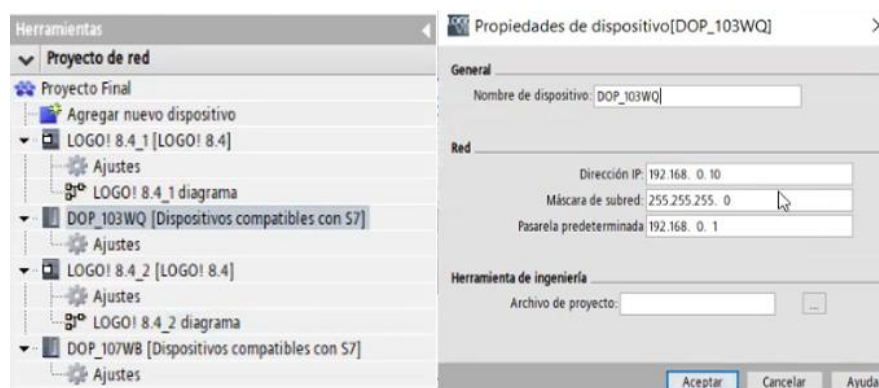
Figura 23.
Logo ingresado con dirección IP



Fuente: Los Autores

De la misma manera, para las pantallas HMI, se realiza el mismo proceso en la programación, donde se parametrizan la pantalla de 7” que se ubica en el módulo esclavo; cuando se activan las propiedades de los dispositivos se puede seleccionar cual de ellos se requiere visualizar, basta con señalarlo con el cursor y se despliega la pantalla, aquí refleja claramente la dirección IP que ha sido asignada al equipo, como el ejemplo de la Figura 24.

Figura 24.
Dirección IP de pantalla HMI

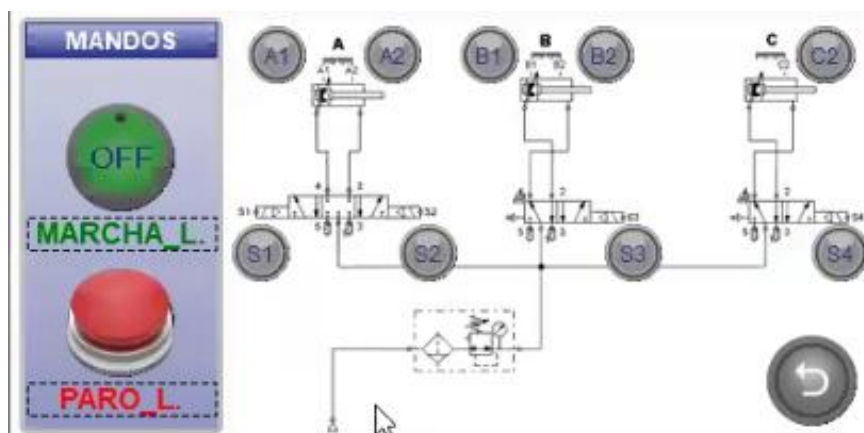


Fuente: Los Autores

2.7.1. Programación de la pantalla HMI módulo maestro

Se toma en consideración la programación que posee la pantalla HMI del módulo maestro, donde se cuenta con tres émbolos controlados por tres electroválvulas que tienen dos activaciones, S1 activación eléctrica de retorno y S2 activación eléctrica normal; adicional se cuenta con S3 y S4 que son activaciones eléctricas de retorno por muelle; tal como se observa en la Figura 25; se identifican también los sensores del vástago A1 y A2 que son las posiciones del émbolo A, B1 y B2 las posiciones del émbolo B y C2 la posición del émbolo C.

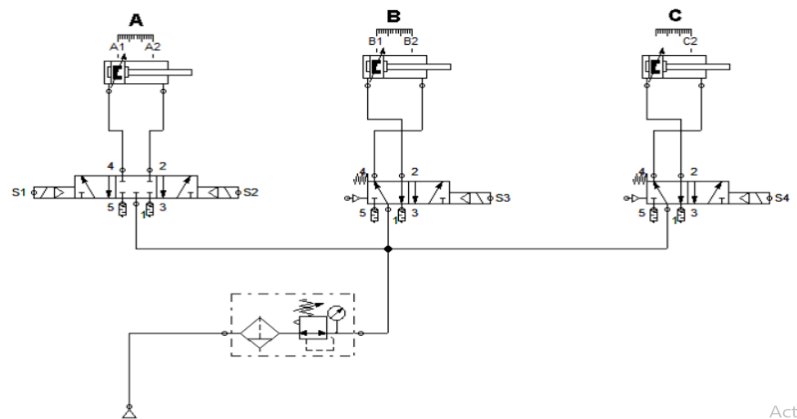
Figura 25.
Programación de la pantalla HMI Módulo Maestro



Fuente: Los Autores

Esta programación se visualiza al accionar el control manual local, donde se permite maniobrar y parar la secuencia del módulo esclavo, la secuencia se fundamenta en la salida del vástago A de la posición A1 hasta la A2, una vez cumplido esto se acciona el vástago B desde la posición B1 hasta la B2, para finalmente accionarse el vástago C hasta la posición C2; y finaliza cuando los vástagos vuelven a su posición inicial partiendo desde el vástago C. En el control manual local se puede mandar desde la pantalla HMI y también desde las entradas físicas I1 e I4. En la Figura 26 se representa el proceso electroneumático establecido en la pantalla HMI del módulo maestro.

Figura 26.
Diagrama proceso electroneumático

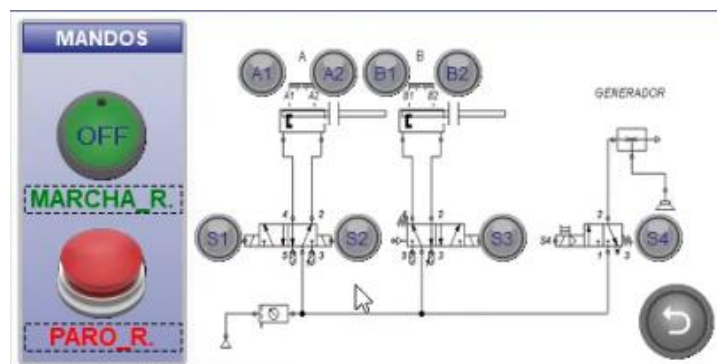


Fuente: Los Autores

2.7.2. Programación de la pantalla HMI Módulo Esclavo

La pantalla HMI del módulo esclavo tiene una programación establecida con dos émbolos A y B, con sus respectivos sensores de vástago denominados A1 y A2 que son las posiciones del émbolo A, B1 y B2 posiciones del émbolo B; así como también sus electroválvulas S1 activación eléctrica de retorno y S2 activación eléctrica normal para el embolo A y S3 activación eléctrica de retorno por muelle para el embolo B. Dentro de esta programación se incluye un generador de vacío que cuenta con su electroválvula de activación eléctrica de retorno por muelle denominada S4; como se detalla en la Figura 27.

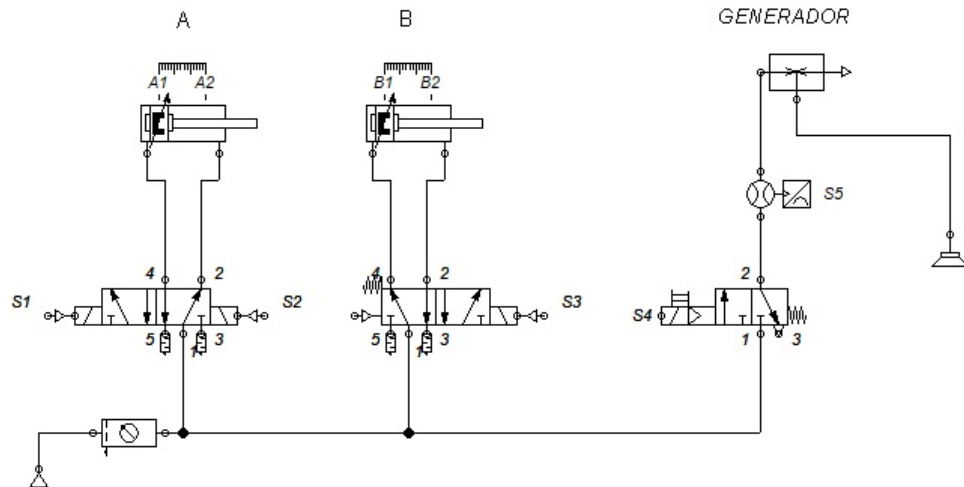
Figura 27.
Programación de la pantalla HMI Módulo Esclavo



Fuente: Los Autores

Se visualiza la presente programación cuando se acciona el control manual remoto, y es aquí donde desde la pantalla HMI del módulo maestro se acciona la secuencia en el Logo del módulo esclavo; que para este caso se acciona el vástago del embolo A desde la posición A1 hasta A2, seguido del vástago del embolo B desde la posición B1 hasta B2 y finalmente se acciona el generador de vacío por el tiempo establecido durante la práctica. Una vez que finaliza el tiempo señalado se procede a desactiva el generador de vacío, y los vástagos regresan a su posición inicial considerando que en primer lugar sería el B y finalmente el A; según lo señalado en la Figura 28.

Figura 28.
Programación módulo esclavo



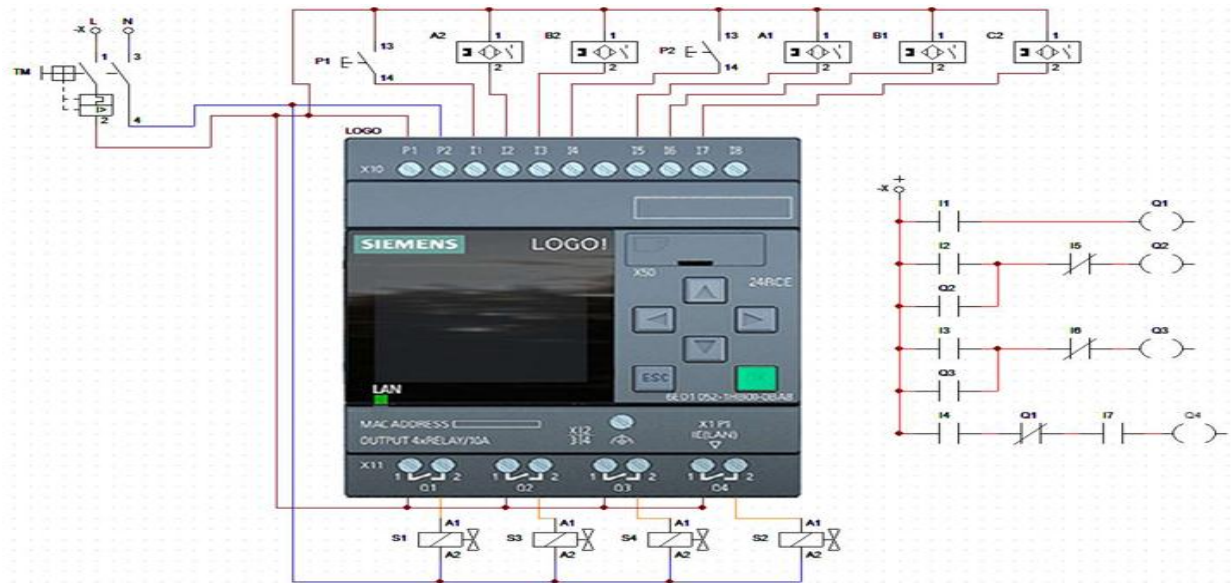
Fuente: Los Autores

2.7.3. Programación del Logo módulo maestro

En la programación del Logo identificada en la Figura 29 se encuentra especificado cada componente con su nombre, como por ejemplo el pulsante de marcha de la secuencia 1 en físico identificada como I1, la función de este pulsante es dar la marcha a la secuencia siempre y cuando se encuentre en control manual local. Esta programación se activa de tres formas diferentes; la primera desde el pulsante de marcha físico, la segunda desde el pulsante remoto que está ubicado

en la pantalla HMI del módulo maestro, y la tercera desde el pulsante de marcha de la secuencia 1 ubicado en la pantalla.

Figura 29.
Diagrama de conexión de entradas y salidas del Logo

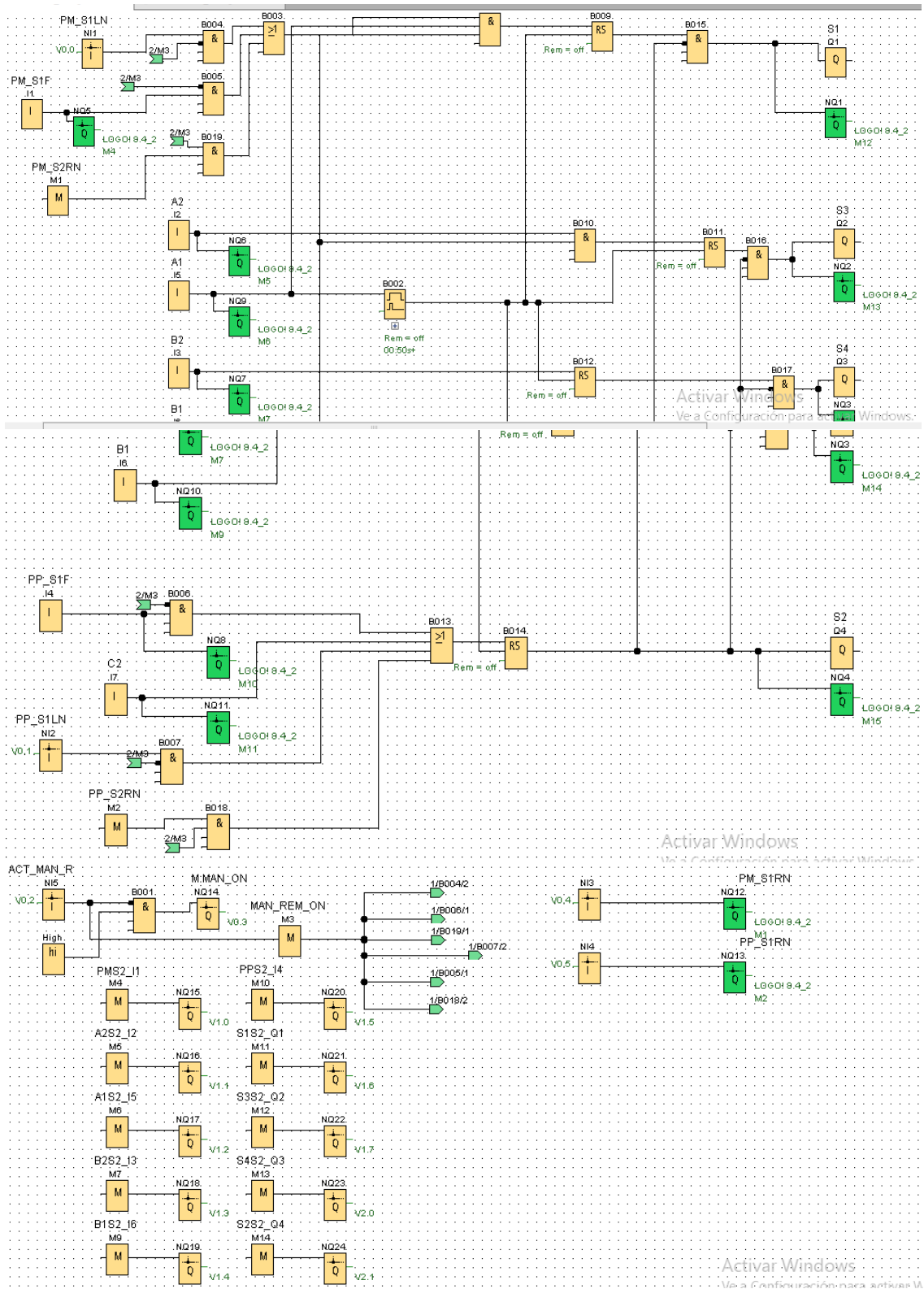


Fuente: Los Autores

Esto es básicamente el inicio de la secuencia, donde se activa la bobina Q1, que acciona la salida del vástago S1 hasta la posición A2, realizada esta acción inmediatamente se activa el S3 cuyo vástago B debe llegar a la posición I3; inmediatamente se activa el vástago de la salida S4, que activa el vástago C hasta que llegue a la posición de C2, y C2 está dado por esta entrada I7. Una vez que se llega a la posición I7 se hace el reset de toda la secuencia de manera ordenada, iniciando con el reseteo de S4, luego S3, hasta que llegue a la posición 1.

En la posición 1, hay un tiempo de 50 milisegundos para el reinicio de todos los timers o bobinas con la finalidad de que se pueda repetir la secuencia, cabe mencionar que los relés de auto enclavamiento se activan al ser pulsar el inicio de la secuencia y se desactivan cuando se realiza el reset. La programación extraída del software Logo Soft Comfort se visualiza en la Figura 30.

Figura 30.
Programación del Logo Maestro



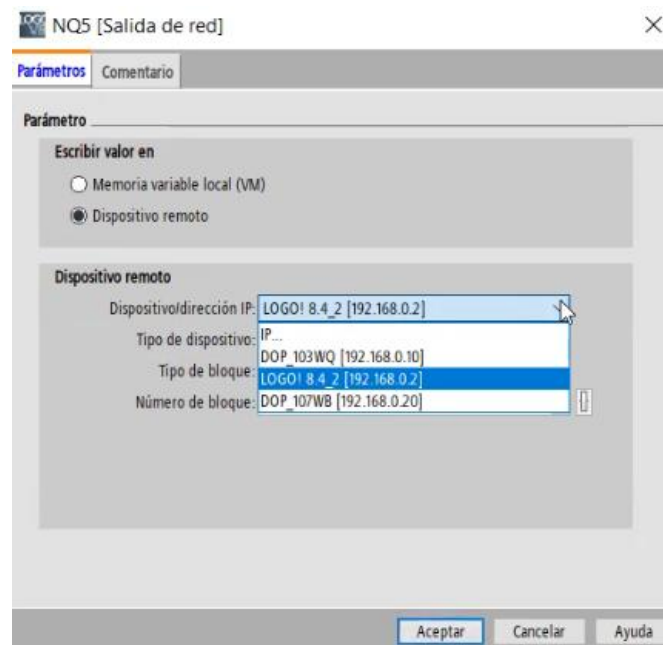
Fuente: Los Autores

2.7.3.1. Comunicación entre Logos

Para la comunicación entre Logos se ha incluido salidas de red denominadas Q identificadas con el color verde, las mismas que permiten dar indicaciones en el tablero, siempre y cuando se encuentre en el modo manual remoto, para que se pueda visualizar en la pantalla HMI del módulo esclavo lo que está pasando en la pantalla HMI del módulo maestro; es decir que el proceso que está realizando en el primer HMI, se ve en la segunda pantalla.

Por ejemplo, para que se lea la entrada I1 que es el pulsante físico, se activa la salida de red (Q), es decir, que la salida de red es empleada para activar una marca que no se encuentra en el PLC del módulo maestro, sino del PLC que está en el módulo esclavo, para parametrizar la acción, se da doble clic sobre la salida de red y se verifica que la acción se ejecute en un dispositivo remoto; esto se puede corroborar de acuerdo a la Figura 31, al desplegar la pestaña y verificar todo lo que está programado en el esquema de red del proyecto de red.

Figura 31.
Programación de comunicación

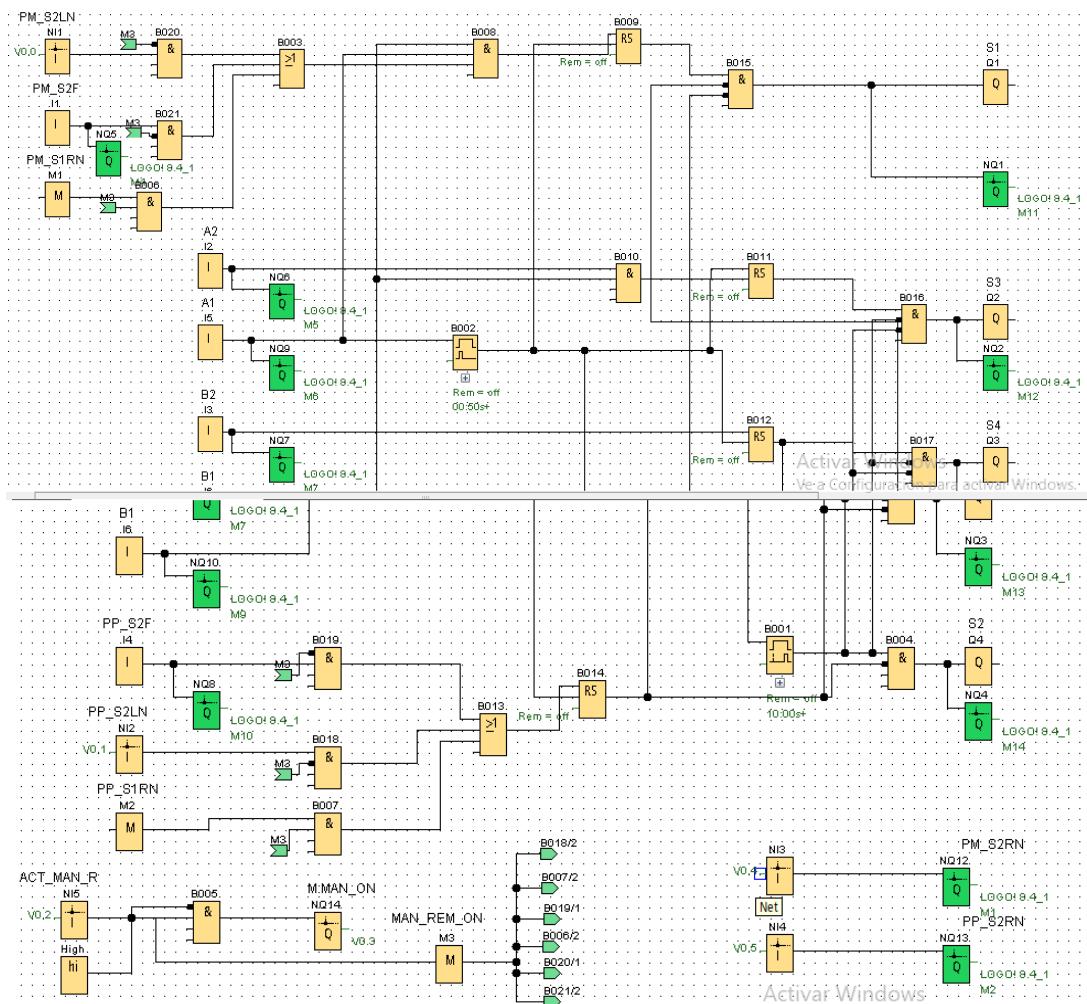


Fuente: Software LOGO! Soft Comfort

En esta ventana se pueden activar varias cosas del Logo del módulo esclavo como, por ejemplo, la entrada, la salida, la marca, la variable, un bit variable, o una variable de tipo real; se ha dispuesto de las marcas bajo la denominación de M4 hasta la M15, las mismas que activan las salidas de red de la memoria local del Logo del módulo esclavo y al mismo tiempo las posiciones de memoria son leídas desde el HMI.

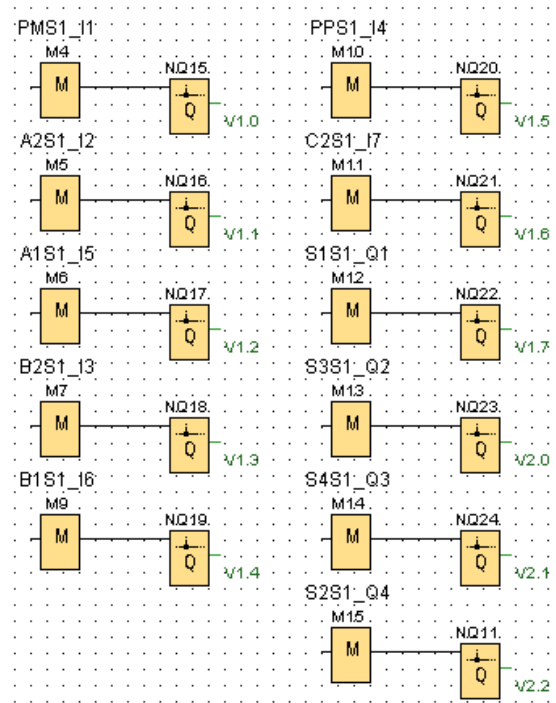
En la Figura 32 se evidencia la programación del Logo del módulo esclavo y en la Figura 33 se observan las marcas señaladas anteriormente:

Figura 32.
Programación Logo del módulo esclavo



Fuente: Los Autores

Figura 33.
Marcas de activación de las salidas de red



Fuente: Los Autores

Cabe mencionar que en la opción de comunicación se puede verificar con que Logo se está realizando esta acción, adicional a ello se visualiza el tipo de comunicación implementada que corresponde a la S7, que es un protocolo específico de Siemens, que se llama ISO sobre TCP; también en la opción Localhost se observa toda la información local de red de la pantalla; esta configuración se realiza en el puerto Ethernet de la pantalla. En el Logo del módulo esclavo se han incluido variables que son leídas por el Logo del módulo maestro, a través del cruce de memorias entre sí, para ello se utilizan memorias variables.

2.8. Diagrama de Flujo

A continuación, en la Figura 34, se presenta el diagrama de flujo de todo el proceso de actuación de los módulos cuando están intercomunicados, con base en las programaciones ingresadas previamente en los dispositivos. Cabe mencionar que se debe considerar lo siguiente:

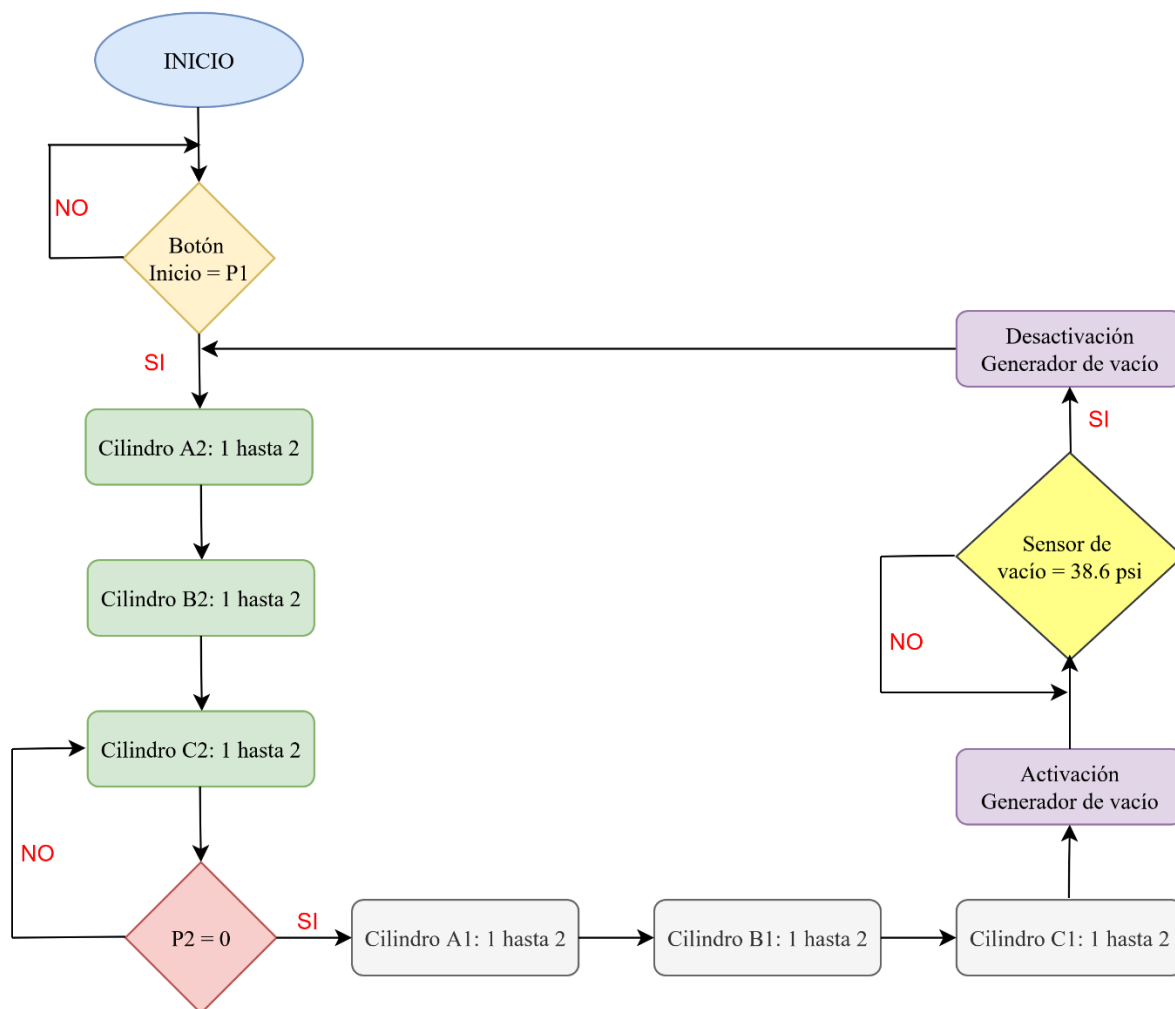
A2 – B2 – C2: Cilindros del módulo maestro

A1 – B1 – C1: Cilindros del módulo esclavo

P1: Pulsante de inicio

P2: Pulsante de paro

Figura 34.
Diagrama de Flujo del proceso de intercomunicación de los módulos



Fuente: Los Autores

2.9.Tabla de entradas y salidas de los Logos

En la Tabla 10 se identifican la parte digital y analógica de los logos ubicados tanto en el módulo maestro como en el módulo esclavo, dicha instalación se realiza de la misma manera para

los dos logos; cabe mencionar que la parte analógica es reconocida con la letra Q, mientras que la parte digital con la letra I: este proceso permite que se conecte tanto en las entradas como en las salidas de cada uno de los logos.

Tabla 10.
Entradas y salidas de los Logos

Conexiones Logos							
Módulo maestro				Módulo esclavo			
Parte Digital		Parte Analógica		Parte Digital		Parte Analógica	
I1	Pulsante de inicio	Q1	Bobina S1	I1	Pulsante de inicio	Q1	Bobina S1
I2	Final de carrera A2	Q2	Bobina S3	I2	Final de carrera A2	Q2	Bobina S3
I3	Final de carrera B2	Q3	Bobina S4	I3	Final de carrera B2	Q3	Bobina S4
I4	Pulsante de paro	Q4	Bobina S2	I4	Pulsante de paro	Q4	Bobina S2
I5	Final de carrera A1			I5	Final de carrera A1		
I6	Final de carrera B1			I6	Final de carrera B1		
I7	Final de carrera C2			I7	Sensor de vacío		

Fuente: Los Autores

CAPÍTULO III

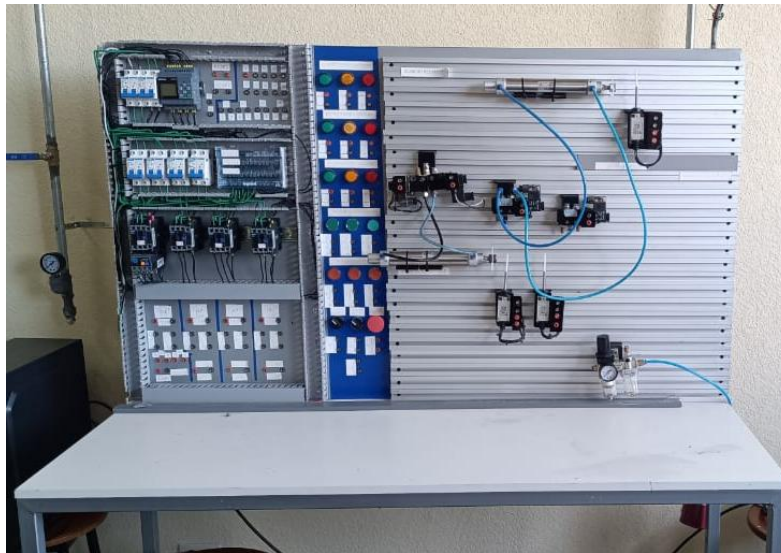
PROPUESTA DEL DESARROLLO DEL PROYECTO TÉCNICO

3.1.Implementación de dispositivos en el módulo esclavo

Los dispositivos que se implementaron en el módulo esclavo, que corresponde al módulo 1, el mismo que de acuerdo con la Figura 35 requería una mejora tecnológica para cumplir con el objetivo para el que fue diseñado; para esto se realiza la instalación de los equipos con sus respectivas pruebas de funcionamiento.

Figura 35.

Estado actual del módulo esclavo



Fuente: Los Autores

Previamente se realiza un mantenimiento preventivo a los dos módulos debido a que presentaban ciertas fallas; para ello fue necesario realizar una limpieza general sobre todo en los finales de carrera tal y como se ve en la Figura 36; en cuanto al Módulo 1 conocido como el módulo esclavo adicional a la limpieza se realiza la reubicación de los equipos que se hallaban instalados, esto se lo hace con la finalidad de crear el espacio correspondiente para la instalación de los nuevos equipos a instalarse.

Figura 36.
Mantenimiento de finales de carrera



Fuente: Los Autores

3.1.1 Instalación y prueba de pantalla HMI

Para la instalación de la pantalla HMI de 7" se procedió a realizar unos soportes metálicos de ángulo de 1.5mm, dando la forma adecuada para que sostenga la pantalla y que al mismo tiempo se acople de manera firme y segura en el tablero del módulo esclavo, tal como se identifica en la Figura 37.

Figura 37.
Instalación pantalla HMI 7"



Fuente: Los Autores

Una vez instalada la pantalla se procede a verificar que su funcionamiento sea el correcto, para esto, se realiza el encendido de la misma como se ve en la Figura 38.

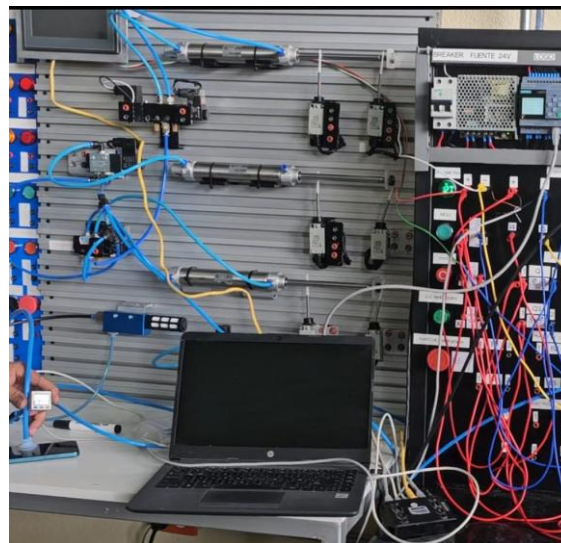
Figura 38.
Funcionamiento de la pantalla HMI 7"



Fuente: Los Autores

Una vez que se ha verificado el encendido, se realiza la comunicación de las pantallas y logos al computador como se observa en la Figura 39, con la finalidad de realizar la descarga de las programaciones, para el funcionamiento de los circuitos.

Figura 39.
Comunicación de pantallas y logos al computador



Fuente: Los Autores

Para establecer la intercomunicación entre Logos y pantallas HMI que se ubican en el módulo, previamente se designaron direcciones IP a cada uno de estos dispositivos, para que su

identificación dentro de las programaciones sea más fácil; en la Tabla 11 se describe estas direcciones IP.

Tabla 11.
Direcciones IP de Logos y Pantallas HMI

Direcciones IP			
Módulo maestro		Módulo esclavo	
Logo	Pantalla HMI	Logo	Pantalla HMI
LOGO 8.4_1 192.168.0.4	Pantalla 4" 192.168.0.10	LOGO 8.4_2 191.168.0.2	Pantalla 7" 192.168.0.20

Fuente: Los Autores

Es importante mencionar que para realizar las comunicaciones del computador con los Logos y pantallas HMI de cada módulo, se tuvo que usar un switch, debido a que no se disponía de todos los puertos necesarios para su conexión; esto se refleja en la Figura 40.

Figura 40.
Utilización de switch por falta de puertos

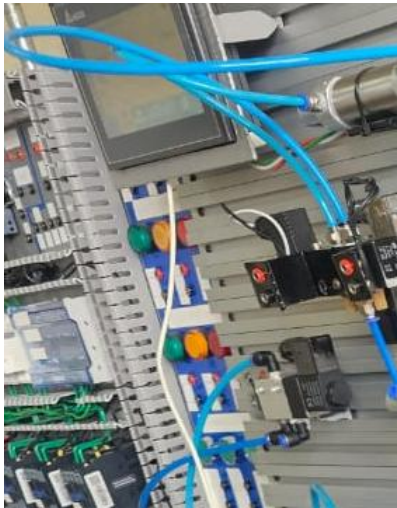


Fuente: Los Autores

3.1.2 Instalación y prueba de electroválvula 5-2

La electroválvula se instaló en el tablero del módulo esclavo por medio de un soporte metálico tal y como lo muestra en la Figura 41, el mismo que facilito que su anclaje sea seguro; para que al momento de realizar la prueba de funcionamiento no exista ningún inconveniente. Esta válvula entra en funcionamiento en conjunto con los demás dispositivos del tablero, tales como los finales de carrera.

Figura 41.
Instalación de electroválvula 5-2

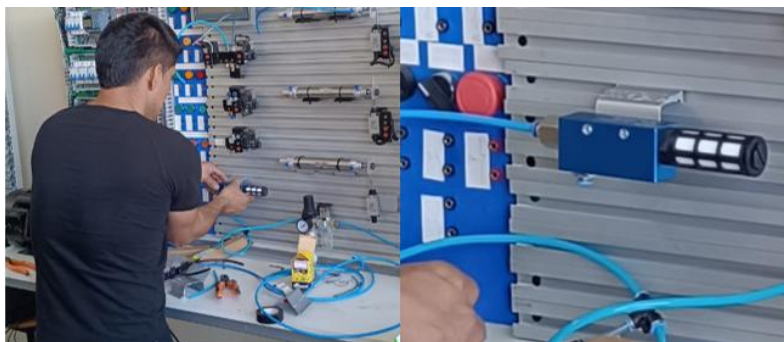


Fuente: Los Autores

3.1.3 Instalación y prueba del generador y sensor de vacío

Para el generador y sensor de vacío, de igual manera se realizaron soportes con un ángulo de 1.5mm, gracias a esto se pudo instalar en el tablero del módulo esclavo, quedando estos equipos de manera firme y sobre todo estables como se observa en la Figura 42, para que al momento de realizar las pruebas no existan problemas. Cabe mencionar que la ubicación de estos dispositivos se lo hizo en la parte inferior del tablero, de modo que su funcionamiento no intervenga con el funcionamiento de los finales de carrera.

Figura 42.
Instalación del Generador y Sensor de vacío



Fuente: Los Autores

Para realizar las pruebas de funcionamiento de estos equipos tal y como se evidencia en la Figura 43, en primer lugar, se debe aclarar que depende directamente del Logo, pues comanda las acciones a través de la pantalla HMI; para esta prueba se acciona la electroválvula 5-2 que da paso al aire, el mismo que hace que funcione el generador de vacío y posteriormente alimenta de aire al sensor de vacío; la función principal de ese sensor es emitir una señal de encendido o apagado de la succión del generador de vacío.

Adicional la prueba de funcionamiento total del sensor, consiste en la evaluación del circuito que se implementó y sobre todo que la comunicación establecida entre los módulos funciona correctamente.

Figura 43.
Pruebas de funcionamiento de Generador y Sensor de vacío



Fuente: Los Autores

3.1.4 Instalación del motor ½ HP

En el caso del motor ½ HP como se plantea en la Figura 44, su instalación se la hace en la mesa del módulo esclavo, a través de soportes que sujetan a la mesa por medio de pernos, esto con la finalidad de proporcionarle estabilidad durante la ejecución de las practicas, evitando de esta manera que la vibración causada genere un mal funcionamiento del motor.

Figura 44.
Instalación de motor 1/2 HP



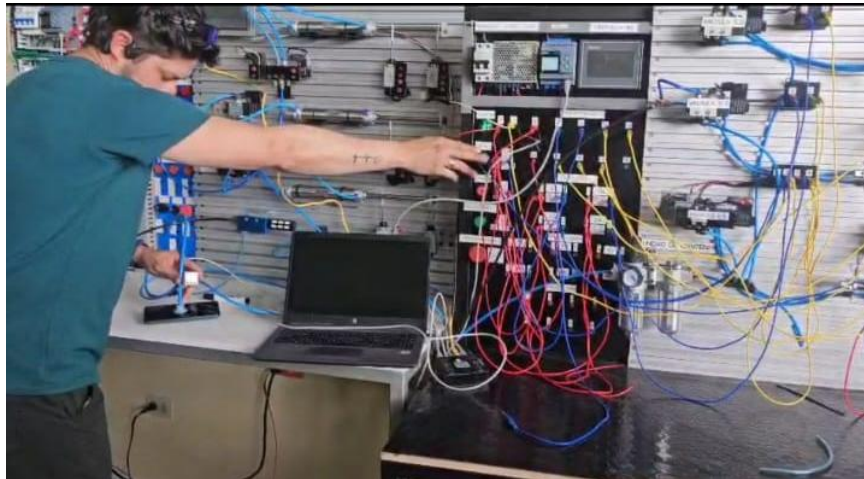
Fuente: Los Autores

Para la prueba de funcionamiento del motor se usó un contactor del módulo esclavo, el mismo que a través del circuito de fuerza alimenta al motor a 220 V; para que el contactor funcione es necesario que un extremo de la bobina del contactor se conecte a un común, mientras que el otro extremo se conecta a un pulsante; es importante mencionar que la prueba del motor fue directa para comprobar su correcto funcionamiento.

3.1.5 Prueba del sistema completo

Una vez que se realizó el mantenimiento preventivo a los dos módulos, así como también la instalación de los nuevos dispositivos en el módulo esclavo, se procede a realizar la interconexión de los módulos, tal como se observa en la Figura 45, para que a través de un computador revisar las conexiones, las programaciones y sobre todo que las asignaciones de las direcciones IP de los Logos y Pantallas HMI sean las correctas, para que al momento de accionar el sistema funcione de manera óptima.

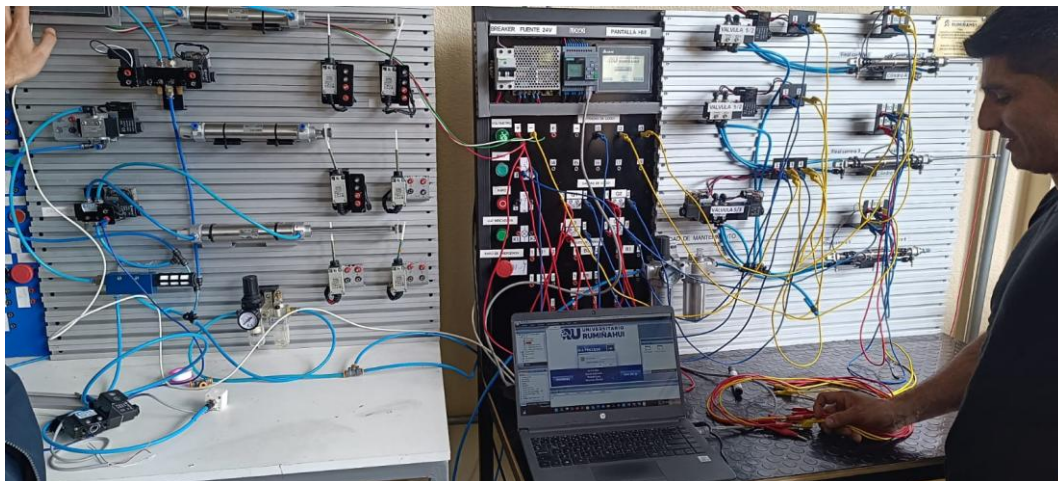
Figura 45.
Comunicación de Logos, pantallas HMI con el computador



Fuente: Los Autores

Se verifica el correcto funcionamiento de los equipos implementados, así como también de los equipos instalados anteriormente, es decir, de manera conjunta se verifican los dos módulos, de la misma manera se corrobora que las programaciones asignadas se ejecuten correctamente. Comprobando que la programación funciona, con lo que se evidencia que la intercomunicación de los módulos es efectiva, tal y como se muestra en la Figura 46, donde los dos módulos funcionando de acuerdo a su posición, es decir, como maestro y como esclavo.

Figura 46.
Funcionamiento del sistema completo



Fuente: Los Autores

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1.Conclusiones

Se concluye que con la correspondiente actualización tecnológica del módulo didáctico 1 se genera una automatización del mismo, gracias a la implementación de la interfaz hombre-máquina (HMI), es decir que se ha creado una modernización del sistema actual acoplándolo a los avances tecnológicos que se manejan en la industria hoy en día, por lo tanto, permite que la enseñanza que se imparte durante las horas de prácticas sea de alta relevancia y sobre todo actualizada.

Con el diseño de la interfaz y la actualización del módulo didáctico 1 con los nuevos equipos instalados, se ha dado un fortalecimiento en el desarrollo de las habilidades tanto técnicas como prácticas de los estudiantes, lo que significa que su preparación académica se ha fortalecido para enfrentar los desafíos en el ámbito laboral en automatización y control de procesos, en otras palabras, los estudiantes son más competitivos.

Con la instalación de nuevos dispositivos tecnológicos se logró ampliar las funciones del módulo didáctico 1, lo que posibilita que se realicen procesos de simulación con mayor complejidad que se asemejen a la realidad laboral industrial; siendo esta una estrategia efectiva de fortalecimiento académico y formativos que satisfagan la demanda laboral industrial de la actualidad.

La actualización del módulo didáctico 1, pero sobre todo la comunicación que se logró entre los dos módulos a través de la interfaz HMI, es uno de los impulsos innovadores más representativos en el ámbito académico, pues esto permite que las practicas que se realicen por

parte de los estudiantes obtengan resultados que puedan ser aplicados en el área industrial una vez que ejerzan su capacidad laboral.

4.2. Recomendaciones

Es recomendable que el personal que esté a cargo del manejo de los módulos didácticos y la comunicación entre ellos, tengan la debida capacitación sobre la actualización del módulo, así como también el funcionamiento de los diferentes equipos que fueron instalados, de esta manera se garantiza el correcto funcionamiento de los dispositivos, así como también que existe una guía adecuada y efectiva hacia los estudiantes durante la ejecución de sus prácticas.

Se recomienda que exista un adecuado mantenimiento preventivo y correctivo hacia los módulos, y que se realicen evaluaciones periódicamente, esto permite que se detecten e identifiquen a tiempo los correctivos que deben realizarse y permita a su vez el mejoramiento de los módulos; esto permite que ambos tableros se encuentren funcionales y sobre todo actualizados con los desafíos de la industria.

Es recomendable que la utilización de los módulos sea una manera de fomentar proyectos donde se incluyan la intervención de las diferentes áreas en las que se especializa el ISTER, es decir, electricidad, neumática y programación, esto hace que se fortalezcan las competencias técnicas de los estudiantes, pero sobre todo que se fomente la innovación en el Instituto.

Bibliografía

- Castillo R. (2022). Montaje y Reparacion de sistemas neumáticos e hifdráulicos. Obtenido de <https://www.google.com.ec/books/>
- Chengdi. (2025). *Sensor de vacío*.
- Cuenca, D. & Delgado, J. (2021). *Diseño e implementación de un Módulo didáctico para procesos industriales electro neumáticos, mediante un PLC S7-1200 e interfaz HMI*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21964>
- DELTA. (18 de febrero de 2024). *Pantalla HMI*. Obtenido de <https://motorreductores.mx/wp-content/uploads/2023/06/HMI-DOP-Series.pdf>
- Dombor. (7 de agosto de 2023). *Símbolos de válvulas: guía completa para entender los distintos tipos*. Obtenido de <https://www.dombor.com/es/comprender-los-distintos-tipos-de-simbolos-de-las-valvulas/>
- Electrostore. (septiembre de 2024). *Feunte de voltaje 220/110V a 24 V*. Obtenido de <https://grupoelectrostore.com/shop/fuentes-cargadores-y-adaptadores-de-voltaje/fuente-de-poder-voltaje-220-110v-a-24v-10a/>
- FESTO. (15 de octubre de 2019). *Detectores y sensores*. Obtenido de https://www.cats.es/doc/pdf/festo/Detectores_y_sensores_festo.pdf
- GEYA. (11 de noviembre de 2023). *Descifrando la mecánica: ¿Cómo funciona un vacío neumático?* Obtenido de https://pneumaticmfg-com.translate.goog/blog/how-does-a-pneumatic-valve-work/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc

- Guailacela, A. & Pérez, D. (2021). *Diseño e implementación de un módulo didáctico para la simulación de aplicaciones con SERVOMOTOR, PLC y HMI INVT*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21819>
- HNSA Didactic. (5 de Febrero de 2019). *HNSA INGENIEROS S.A*. Obtenido de <http://www.hnsa.com.co/bancos->
- I+D Electrónica. (15 de abril de 2024). *Cable con plug tipo banana*. Obtenido de <https://www.didacticaselectronicas.com/shop/ca-ban2g-2mt-cable-banana-banana-4mm-verde-2m-cal-14-9863#attr=>
- Lara, R., Santander, C. & Tulcanazo, H. (2024). *Desarrollo de un módulo didáctico para neumática*. Sangolqui: ISTER.
- Lupeda. (12 de marzo de 2022). *Motor 1/2 hp*. Obtenido de <https://www.ludepa.ec/productos/bombas-electricas/bomba-a-motor/motor-1-2hp-1720rpm-abierto-110-220v-1720-monofasico-weg/>
- Miranda, A. & Ruiz, D. (2022). *Diseño e implementación de un módulo educativo controlado mediante PLC S7-1200 con interfaz HMI, para simulación de procesos industriales neumáticos y electroneumáticos*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24091>
- Moa, J. (2022). *Comunicación Ethernet entre dos LOGOS*. Lima: CIFP COIA.
- Moreno, F. (15 de marzo de 2019). *Válvulas hidráulicas*. Obtenido de <https://javiermk.blogspot.com/2015/03/valvulas-hidraulicas.html>
- Murcia, R. (20 de noviembre de 2024). *¿Qué hace un generador de vacío?* Obtenido de <https://repuestosmurcia.com/que-hace-un-generador-de-vacio/>

- Paez D & Pruna L. (2021). *Diseño e implementación de un Banco de Pruebas para Control Neumático*. UTC, Latacunga. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec>
- Pardo, J. (15 de diciembre de 2022). *Aplicaciones de la neumática en la industria*. Obtenido de https://suministrointec.com/blog/aplicaciones-neumatica-industria/?srsltid=AfmBOOpU_ep0SSfGexGwH4_O9gcnvrnvLrmOOtpK3MxueiTJFTHJovtb
- Pinza, A. & Vargas, J. (2022). *Implementación de un módulo didáctico de electro-neumática para prácticas de la carrera de electromecánica en la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión "La Maná"*. La Maná: UTC. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8467>
- Ramírez, C. (2021). *Controlador lógico programable - PLC-*. Buenos Aires: Universidad Nacional de la Plata.
- SIEMENS AG. (2022). *LOGO!* Nuernberg. Obtenido de <https://www.siemens.com/logo/>
- Vélez, L. (7 de Enero de 2019). *Cilindro de doble efecto y Válvula 5/2 accionada neumáticamente*. Obtenido de <https://makinandovelez.wordpress.com/2019/01/07/cilindro-de-doble-efecto/>
- Villón, E. & Ganchozo, G. (2023). *Implementación de interfaz hombre-máquina para planta didáctica FESTO MPS - 500*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26397>
- ZYSHTAC. (2025). *Generador de vacío*.

Anexos

ANEXO A: Acta de recepción

Sangolquí, 17 de Agosto de 2025

Acta Entrega

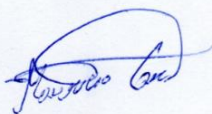
En el instituto Universitario Rumiñahui de Sangolquí, a los 17 días del mes de agosto del 2025, en las instalaciones se constituye la presente acta de donación de bienes por parte de los Señores estudiantes:

- García Cevallos Ángelo Mauricio
- Lara Zambrano Ronald Robinson
- Miranda Calero Danilo Rolando

Hacia el Instituto Universitario Rumiñahui, quien realiza la entrega correspondiente, que se detalla a continuación:

Item	Equipo	Costo
1	Motor Century de 0.5 Hp 220v	\$ 650
2	Hmi Delta DPO-170WV	
3	Generador de Vacío CV25-HS	
4	Sensor de Vacío MS31C020A	
5	Válvula neumática 3V210-08-NC 3/2	
6	Ventosas	\$ 650
Total		

Los bienes que se transfieren en perfectas condiciones para uso exclusivo de su actividad, cualquier cambio o novedad sobre los bienes, informar de manera inmediata al responsable. Para constancia firman los señores estudiantes.



García Cevallos Ángelo
Mauricio



Lara Zambrano Ronald
Robinson



Miranda Calero Danilo
Rolando