

## **Módulo de entrenamiento técnico profesional de neumática**

### ***Professional Pneumatic Technical Training Module***

**Danilo Cabrera <sup>1</sup>; Carlos Román <sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Instituto Tecnológico Universitario ISMAC-Carrera de Electromecánica, 170184, Quito, Ecuador

**Fecha de recepción:** febrero 2022

**Fecha de aprobación:** abril 2022

#### **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación trata sobre el diseño de un módulo didáctico profesional neumático, que permita a los estudiantes realizar prácticas de manera eficiente. Entre los elementos que componen el módulo didáctico neumático se encuentran una pantalla táctil HMI Delta, un PLC Siemens Logo, una fuente de alimentación, bornes de conexión, un disyuntor de protección eléctrica, un voltímetro, un amperímetro, luces piloto, una unidad de mantenimiento, electroválvulas, válvulas de distribución, cuatro cilindros neumáticos y mangueras neumáticas para las conexiones. El desarrollo de este módulo didáctico contribuye al fortalecimiento de las habilidades y conocimientos de los estudiantes de la carrera de electromecánica en el Instituto Tecnológico Universitario ISMAC, dado que los estudiantes tendrán la oportunidad de ganar experiencia en la realización de conexiones neumáticas, familiarizarse con los diversos tipos de actuadores neumáticos, programar secuencias de funcionamiento y establecer comunicación entre un PLC y una HMI.

**Palabras Clave:** Neumática, automatización industrial, HMI, PLC.

#### **ABSTRACT**

The present research work deals with the design of a pneumatic professional teaching module, which allows students to perform practices efficiently. Among the elements that make up the pneumatic teaching module are an HMI Delta touch screen, a Siemens Logo PLC, a power supply, connection terminals, an electrical protection circuit breaker, a voltmeter, an ammeter, pilot lights, a maintenance unit, solenoid valves, distribution valves, four pneumatic cylinders and pneumatic hoses for connections. The development of this didactic module contributes to the strengthening of the skills and knowledge of students of the electromechanical career at the ISMAC University Technological Institute, as students will have the opportunity to gain experience in performing pneumatic connections, familiarize themselves with the various types of pneumatic actuators, program operating sequences and establish communication between a PLC and an HMI.

**Key Words:** Pneumatic, industrial automation, HMI, PLC.

---

<sup>1</sup> Tecnólogo en Electromecánica, [d.cabrera@tecnologicoismac.edu.ec](mailto:d.cabrera@tecnologicoismac.edu.ec)

<sup>2</sup> Ingeniero Mecánico, [croman@tecnologicoismac.edu.ec](mailto:croman@tecnologicoismac.edu.ec)

## **1. INTRODUCCIÓN**

Cada proceso industrial automatizado implica una secuencia de máquinas, tanto simples como complejas, que combinan materia prima para lograr una transformación secuencial e integrada, con el objetivo de obtener un producto final de forma automatizada. En este contexto, un sistema de control automático se define como aquel que regula de manera continua una variable física analógica mediante la utilización de diversos tipos de actuadores de forma ordenada (Manesis & Nikolakopoulos, 2017).

Dentro del ámbito de la automatización industrial, la neumática juega un papel fundamental. Esta disciplina se basa en la utilización del aire comprimido para generar movimiento lineal o rotatorio (Barber, 1997). Por ejemplo, en sectores como la minería, el refinamiento de petróleo, la industria química, el ámbito médico, el sector automotriz, la construcción y las líneas de empaquetamiento, entre otros, se emplean diversos robots industriales. Estos robots utilizan grips neumáticos, que combinan elementos eléctricos e hidráulicos y constituyen uno de los principales tipos de grips disponibles en el mercado (Glebov et al., 2019). Además, los actuadores neumáticos representan una categoría crucial de los componentes manipulados utilizados en la automatización industrial, pudiendo ser controlados tanto electrónicamente como neumáticamente (Pastrascioiu et al., 2019).

Dada la relevancia de la neumática en la industria, surge la necesidad de comprenderla a través de un enfoque didáctico. Por esta razón, se busca desarrollar un módulo educativo que abarque los elementos neumáticos utilizados en la industria. Este módulo permitirá a los usuarios conectar válvulas a cilindros neumáticos y activarlos de diversas formas en un orden específico, simulando así un proceso industrial real.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Automatización Industrial**

La palabra automatización se deriva del griego “auto” y “matos” que es movimiento. Por lo tanto, automatización es el mecanismo que tienen los sistemas de moverse por sí mismos. Automatización es un conjunto de tecnologías que resultan en la operación de máquinas y sistemas sin la necesidad de que operadores humanos intervengan y logra tener un rendimiento óptimo superior a una operación manual (Chanchal & Senit, 2020).

### **2.2 Neumática**

La palabra neumática proviene del griego “pneuma” que significa respirar o aire, por lo que la neumática es la aplicación de aire comprimido o aire presurizado para crear movimiento en máquinas, controles o actuadores. Adicionalmente, la neumática se la define de igual manera como una rama de la mecánica de fluidos que trata con el estudio de la generación, transmisión y control de energía usando aire comprimido (Purushottam, 2020). Una de las mayores aplicaciones de los sistemas neumáticos, es en las líneas de ensamblaje en masa. Para que un sistema neumático pueda trabajar, este deberá contar con ciertos elementos mínimos y con una fuente de generación de aire comprimido (Bartlett, 2010).

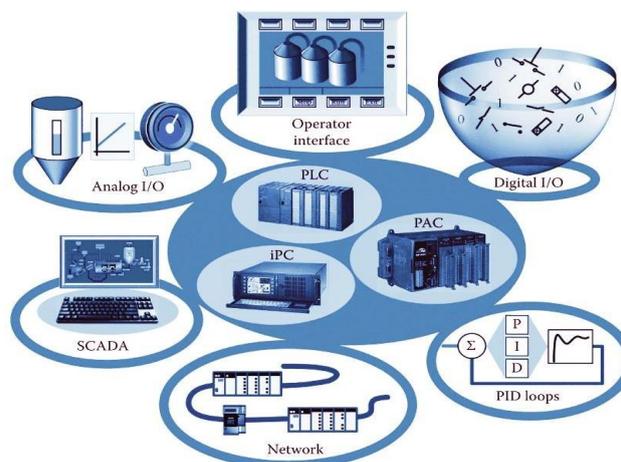
### **2.3 PLC (Controlador Lógico Programable)**

Un controlador lógico programable es una computadora modular, compacta y robusta, es diseñado en específico para control industrial y aplicaciones de automatización, se caracterizan por tener una alta durabilidad y están equipados con hardware configurable de entradas y salidas que va a depender de cada aplicación. Los PLCs proveen un software optimizado para las necesidades exactas de la automatización industrial y actualmente esta tecnología se la considera como una solución estándar en la industria, se los puede dejar desatendidos y en continua operación por décadas sin que presenten errores operativos o fallas, por esta razón los PLCs son considerados la primera opción de los Ingenieros de Automatización (Manesis & Nikolakopoulos, 2017).

## 2.4 Control industrial

La era industrial ha iniciado con los esfuerzos de automatizar las configuraciones existentes industriales, en una manera de mejorar la calidad de los productos manufacturados y del volumen de producción. Los primeros procesos de producción basaban su operación en los ojos, cerebro y manos de los trabajadores, como alternativas a lo que hoy en día se dispone como sensores, actuadores y unidades computacionales. Todas las operaciones actuales de automatización son basadas en estos tres factores, a través de los sensores, se obtienen las señales y mediciones necesarias, posteriormente, esta información es analizada por el controlador lógico que se ejecuta sobre un PLC y finalmente, se ejecutan acciones de control que interactúan con el proceso controlado a través de actuadores (Manesis & Nikolakopoulos, 2017).

Un sistema de control y automatización industrial se compone de una máquina o proceso a controlar y automatizar, un proceso de ingeniería, un proceso de gestión y una operación eficiente. Adicionalmente, se disponen ciertos elementos básicos cuando se habla de un sistema automático, mismos que se muestran en la figura 1.



**Figura 1.** Elementos de un proceso automatizado

### 2.4.1 Grados de automatización

Hoy en día, se puede encontrar la automatización flexible y la automatización rígida, la flexibilidad de un sistema está directamente relacionado con la producción de la planta y por la diversificación de productos. Este tipo de automatización permite realizar modificaciones

sobre el producto a fabricarse de una manera sencilla o con cambios mínimos, por lo que la línea de producción puede ser adaptada a diferentes productos (Brunete et al., 2020).

### 2.4.2 Pirámide de automatización

La pirámide de automatización muestra la representación jerárquica de los diferentes niveles que se pueden encontrar en una planta industrial. En el nivel 1 se encuentra todos los elementos de campo, como sensores, actuadores y demás elementos que están conectados directamente al proceso; en el nivel 2 se cuenta con los sistemas de control locales o individuales realizados por un PLC, un robot industrial o un controlador sencillo; en el nivel 3 se ejecuta una etapa de supervisión mediante un SCADA (Supervisory control and data acquisition), o de forma más simplificada mediante una HMI; en el nivel 4 se monitorea todo el proceso de forma global y de forma remota. Finalmente, en el nivel 5 se encuentra la supervisión, operación y control, donde la parte gerencial puede ver y controlar sus plantas industriales a nivel general (Brunete et al., 2020).



**Figura 2.** Pirámide de la automatización

## 2.5 Sistemas neumáticos

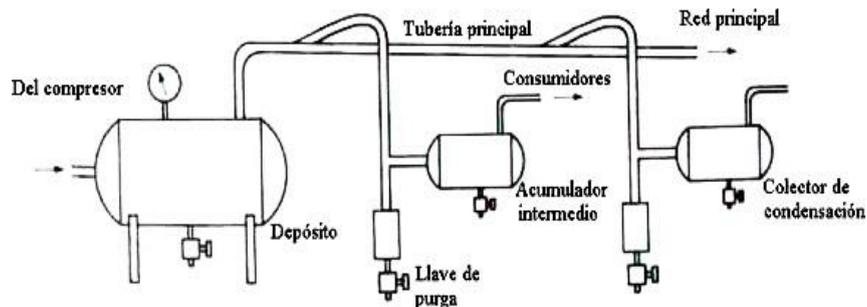
Un sistema neumático consta de diferentes ventajas que lo hacen tan popular en la mayoría de procesos industriales, una de ellas es la facilidad de su instalación y su bajo costo (Bartlett, 2010).

- Fácil transporte y almacenamiento de energía.
- Mecánicamente, no se debe instalar una línea de retorno, se puede expulsar al ambiente.
- No contamina ni es perjudicial para la salud.
- Los cambios de temperatura no lo afectan considerablemente.
- No es inflamable.

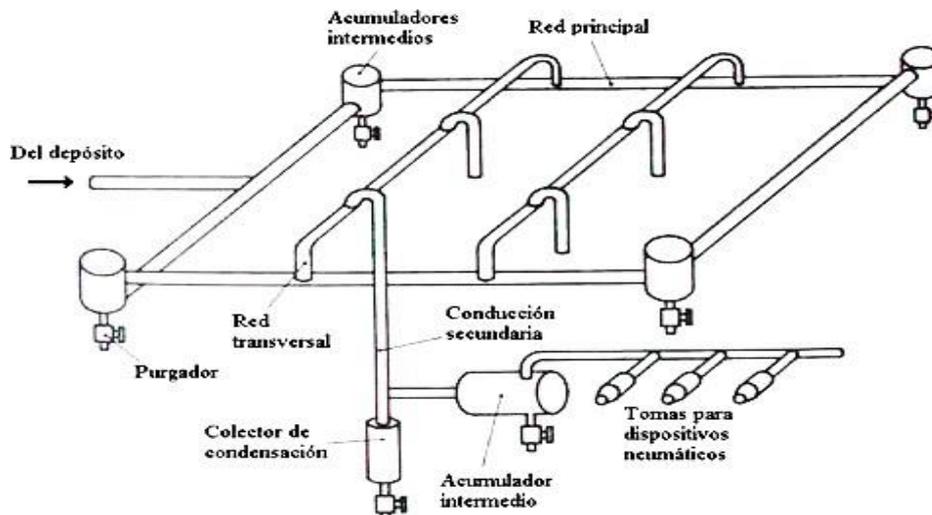
Una de las principales desventajas, es el hecho que debido a que el aire comprimido es inestable, no se logran tener velocidades constantes y que la generación de aire comprimido es costosa, adicionalmente a esto se suma las posibles fugas que no van a hacer el sistema eficiente (Creus Solé, 2011).

### 2.5.1 Redes neumáticas y elementos

Un sistema neumático requiere de un grupo de generación o un compresor, filtros de lubricación, eliminadores de agua, reguladores de presión, una red de mangueras o tuberías que permitan el transporte y los elementos finales como actuadores o equipos neumáticos consumidores (Creus Solé, 2011).



**Figura 3.** Elementos en una red neumática en la generación de aire comprimido.



**Figura 4.** Elementos en una red neumática para consumidores finales.

## 2.6 PLCs – HMIs

A nivel industrial, todo el control local de máquinas y procesos es realizado por un controlador lógico programable y el monitoreo, operación y supervisión es realizado desde las interfaces humano máquina (HMI).

### 2.6.1 Controladores lógicos programables

Los PLCs son dispositivos electrónicos compactos que controlan la operación de un proceso o de una máquina en específico. Usan funciones lógicas que posteriormente deben ser cargadas a su memoria mediante un software de programación que cada fabricante provee al Ingeniero de Automatización, en pocas palabras, un PLC es el cerebro detrás de un proceso de automatización industrial (EATON, 2022).

Se puede encontrar dos tipos de PLCs en el mercado, los PLCs modulares y los PLCs compactos, a ambos se les puede conectar módulos adicionales de entradas o de salidas, módulos de comunicación, la diferencia es que los modulares requieren de un rack de montaje,

mismo que contiene un circuito impreso en su parte posterior, los compactos solamente deben montarse sobre un riel normal que permite su agrupación (Ortiz Rosas, 2017).



**Figura 5.** PLC Delta modular para montaje en rack



**Figura 6.** PLC Delta compacto expandible

### **2.6.2 Interfaz Humano Máquina (HMI)**

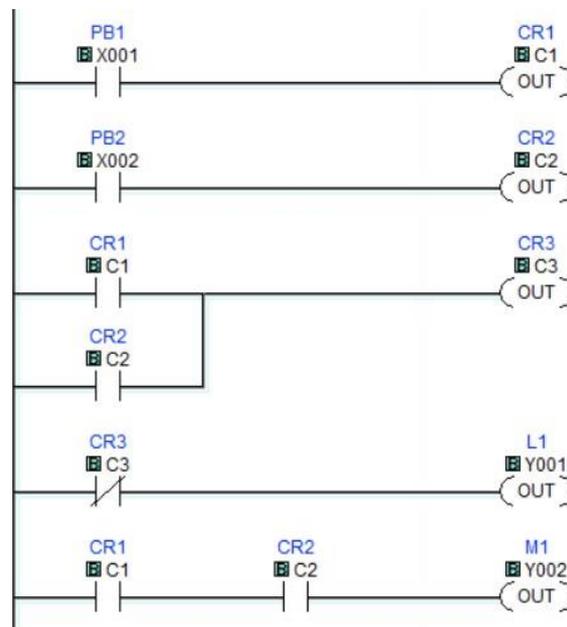
Para la operación de un proceso o máquina se requiere de una interfaz entre el operador y la máquina, esta interfaz muchas veces es una pantalla HMI como la se muestra en la figura a continuación. Esta pantalla HMI permite una fácil visualización de las variables de proceso del sistema y permite que el operador realice una adecuada maniobra de la máquina. Las HMI han probado su valor en una variedad de aplicaciones en todos los sectores industriales por muchos años (Siemens, 2020).



**Figura 7.** Pantalla HMI touch screen de la marca IDEC

Una HMI por lo tanto ofrece al usuario una interfaz, misma que es programada por el Ingeniero de automatización, una sola HMI puede disponer de varias pantallas internamente, con el fin de desplegar la información necesaria, se pueden colocar imágenes, botones, diagramas, históricos, sonidos y colores, con el fin de representar las diferentes condiciones de operación (Automation Direct, 2018). Las HMI tienen la capacidad de comunicarse con el PLC mediante un protocolo e interfaz de comunicación compatible entre ambos (Siemens, 2020).

- Programación y técnicas de control
- Programación de PLCs en Ladder



**Figura 8.** Programación de PLCs en Ladder

## 6.7 Sistemas de control neumático

Los sistemas de control neumático en la industria se basan para dotar de movimiento a herramientas manuales para los operadores, para procesos de elevación o para grapado o tapado de productos durante operaciones de máquina. La bomba del compresor o el motor del pistón del compresor puede estar comandado por un motor eléctrico o por un motor portátil de combustión. Una vez que el aire ha sido comprimido, este debe ser acondicionado antes de ir a los consumidores finales, primero se debe remover la suciedad y la humedad, esto se lo consigue con el uso de un filtro de aire con una trampa de condensado y drenaje. Finalmente, la presión de aire del sistema neumático debe ser ajustada a un rango específico por una válvula reguladora (Dare R & Stephen W, 2009).

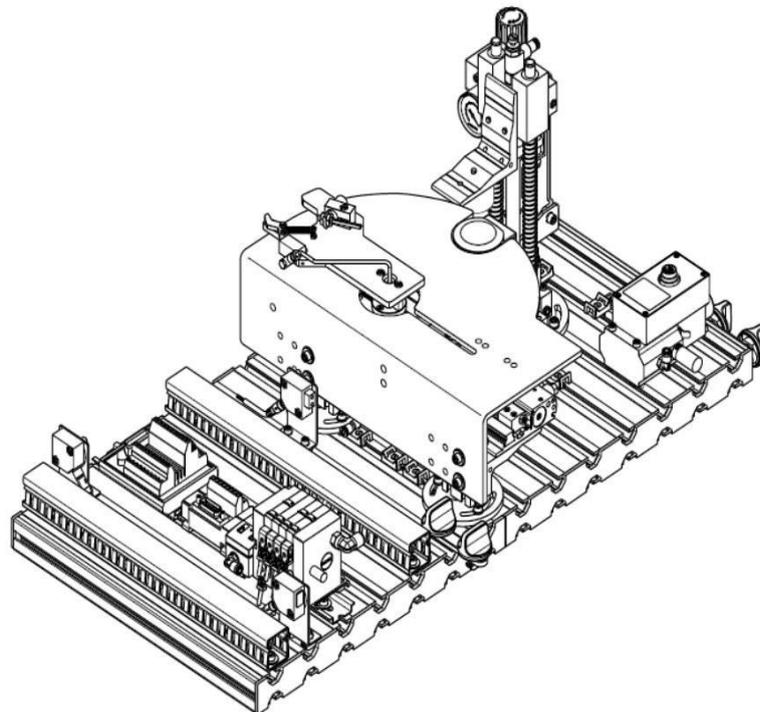
Las aplicaciones modernas industriales y médicas requieren actuadores miniatura que sean capaces de generar grandes pulsaciones sin el riesgo de dañar el ambiente que lo rodea, los actuadores flexibles son algo muy interesante para este tipo de aplicaciones, los autores (Gorissen et al., 2013) realizan la investigación y desarrollo de un actuador neumático flexible que permite tener una deformación tipo torcedura a 0.13MPa de presión de entrada de aire sobre el mismo. Logran obtener un ángulo de giro de 6.5 grados por milímetro de largo a una presión de 178kPa para un actuador de 7mm y un espesor de 0.65mm, resultando en un total de 72 grados de torcedura para un actuador de 11mm.

## 6.8 Sistemas de control con PLC y HMI

Un sistema SCADA es usado para permitir al operador proveer conocimiento inmediato del sistema con la ayuda de una HMI. En base a los autores (Hadi, 2019), desarrollan una investigación con el fin de mejorar el rendimiento, la eficiencia y la seguridad del sistema, así como también cuando un error ocurra, el sistema SCADA mostrará la falla actual al operador para reducir el número de trabajos para dar mantenimiento y quitar el tiempo de paro de la producción. Los autores diseñan e implementan un sistema SCADA a la línea de producción del sistema neumático, esta línea de producción automática puede alimentar, transportar y seleccionar, fue desarrollada y simulada en Factory IO, posteriormente se la implementó en un PLC Siemens S7-1200 y con la integración de LabVIEW para crear la interfaz humano-máquina.

El diseño, implementación y programación de una estación didáctica neumática de un músculo es presentado por (Paucar & Quinllay, 2013), implementan un sistema de monitorización que ayuda a determinar el deterioro o daño en los elementos controlados, y de igual manera se puede visualizar en tiempo real el estado del proceso de prensado. El control se lo realiza desde un PLC Modicon M340 y el prensado realizado por un músculo neumático es eficiente y genera la presión y fuerza suficiente sobre la pieza a prensar, de forma que esto se podría aplicar procesos industriales reales.

Por otro lado, (Soltero, 2021) realiza el diseño de una estación didáctica neumática con un PLC y una HMI presentada en la estación dispone de pulsadores, selectores de llave, sensores de color, fines de carrera, amplificadores y módulos que permiten una fácil conexión para el estudiante. Esta estación permite la clasificación de piezas por color, por lo que el estudiante deberá ser capaz de integrar todos los conocimientos de programación, señales discretas, tipos de válvulas de distribución, entre otros.



**Figura 9.** Estación didáctica de prensado con músculo neumático

### 3. METODOLOGÍA

La investigación se basó en un enfoque metodológico cuantitativo, que combinó una investigación de campo con una técnica de recolección de datos específica. Esta estrategia se empleó con el fin de obtener información precisa y objetiva sobre el tema en estudio.

Los datos fueron recolectados directamente en el entorno donde surgió la problemática bajo investigación. El foco del estudio reside en abordar la necesidad de un módulo didáctico particular dentro del Instituto Tecnológico Universitario ISMAC, otorgando una atención especial a la carrera de tecnología en electromecánica.

Esta metodología permitió una comprensión más profunda de las demandas específicas y los requisitos únicos tanto de la institución como de los estudiantes implicados. Al situar la recolección de datos en el contexto mismo de la problemática, se garantizó una alineación estrecha entre las soluciones propuestas y las necesidades identificadas en el terreno, asegurando así una intervención efectiva y relevante.

### 4. RESULTADOS

#### 4.1 Diseño mecánico

Para el diseño se utiliza el software FluidSim diseñado por Festo, una herramienta informática que permite realizar un diseño completo de un circuito neumático o hidráulico, además de la simulación del circuito, con el cual se puede detectar fallas en el diseño antes de su implementación.

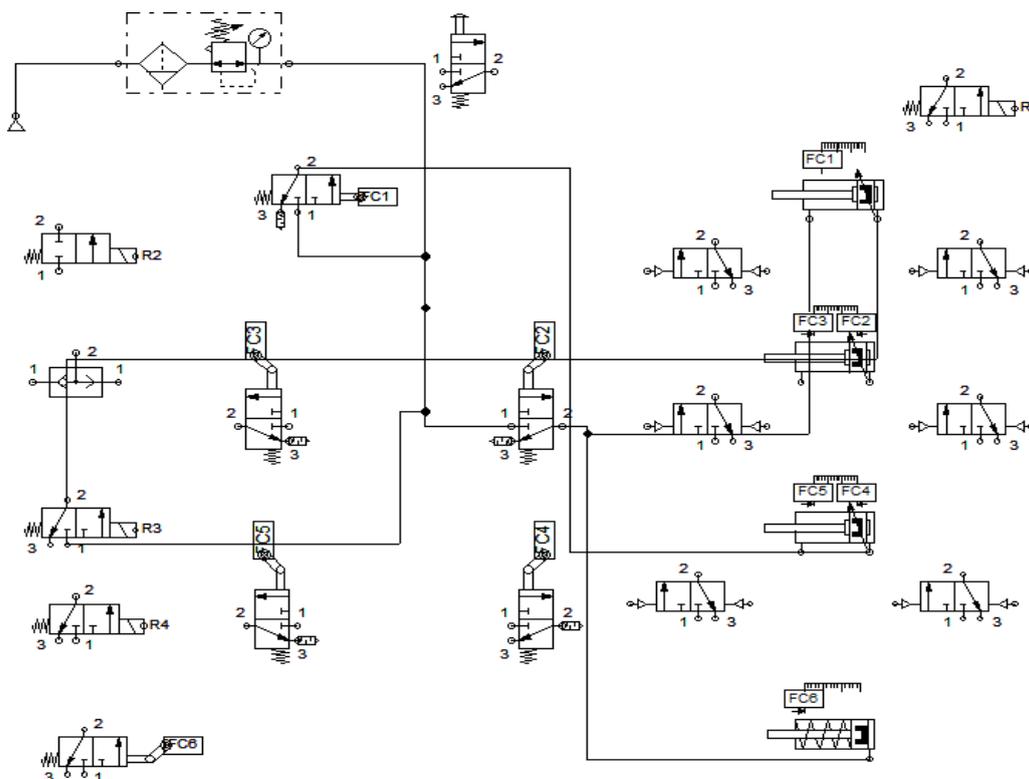
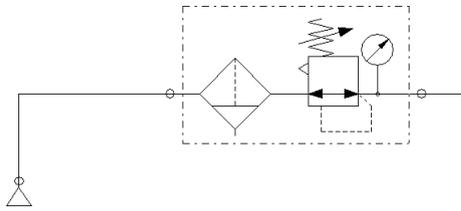
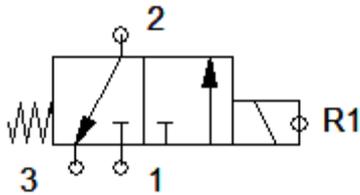


Figura 10. Diagrama neumático del módulo didáctico

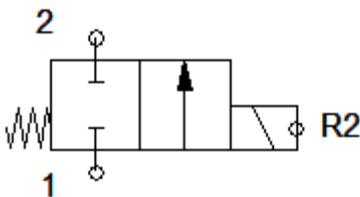
Donde se presentan los siguientes elementos:



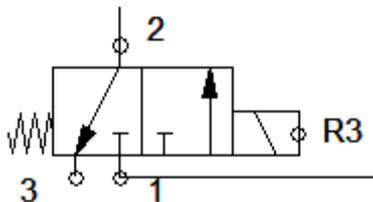
Un regulador de aire con filtro



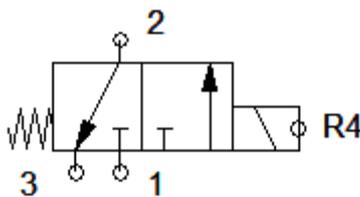
Válvula de dos posiciones y tres vías 3/2 comandada por el relé 1 (R1) y retorno mecánico por muelle



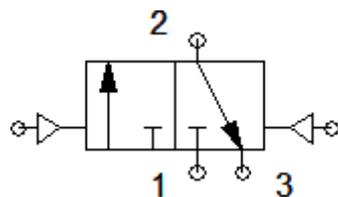
Válvula de dos posiciones y dos vías 2/2 comandada por el relé 2 (R2) y retorno mecánico por muelle



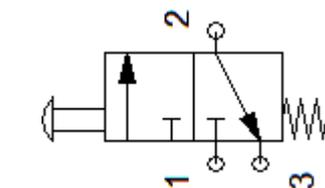
Válvula de dos posiciones y tres vías 3/2 comandada por el relé 3 (R3) y retorno mecánico por muelle



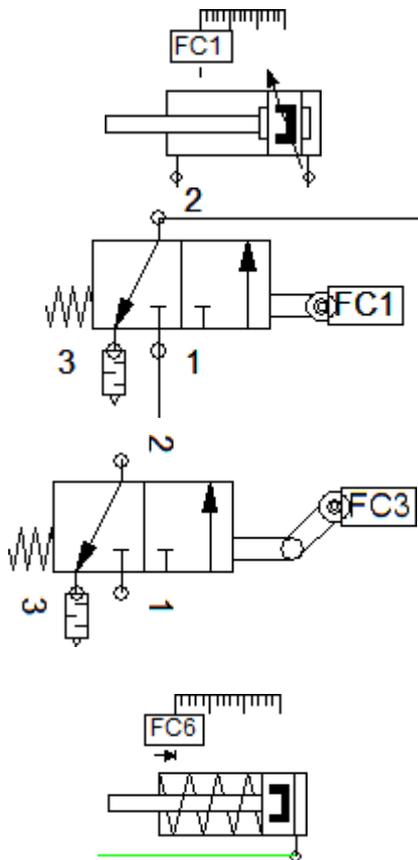
Válvula de dos posiciones y tres vías 3/2 comandada por el relé 4 (R4) y retorno mecánico por muelle



Válvula de dos posiciones y tres vías 3/2 comandadas por presión



Válvula de dos posiciones y tres vías 3/2 comandada por un botón pulsador y retorno mecánico por muelle



Tres cilindros de doble efecto

Una válvula de dos posiciones y tres vías accionado por un rodillo palpador y retorno mecánico por muelle con silenciador en la salida 3

Cuatro válvulas de dos posiciones y tres vías accionado por un rodillo escamoteable y retorno mecánico por muelle con silenciador en la salida 3

Cilindro de simple efecto con retorno por muelle NC

A continuación, se presentan los materiales necesarios para la implementación del circuito neumático.

**Tabla 1.** Materiales para la implementación del circuito neumático



Electroválvula Modelo: 4V110-06  
5/2 Puertos de 1/8"



4A110-06 Válvula neumática 5/2,  
Puertos de 1/8" Simple Pilotaje



3V110-06 Electroválvula neumática 3/2, Puertos de 1/8" NC / NO



JM-07 Válvula neumática de accionamiento mecánico por rodillo 3/2, Puerto de 1/4"



JM-06 Válvula neumática de accionamiento mecánico por botón tipo hongo con enclavamiento 3/2, Puerto de 1/4"



Válvula selectora serie ST



Válvula de fin de carrera Tipo rodillo

**110:** Serie 100

**210:** serie 200

**R:** Tipo Rodillo

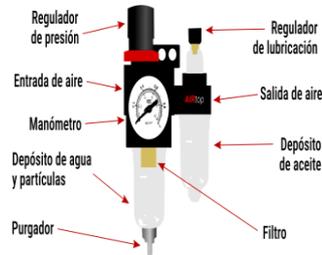
**Medidas de Roscas:** M5, 1/8, 1/4  
3/2 (3 PUERTOS 2 POSICIONES)

**Temperatura:** -20~70 °C

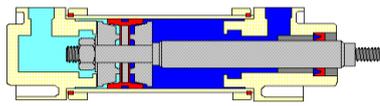
**Presión:** 0-145 PSI

**Material de cuerpo:** Aleación de Aluminio

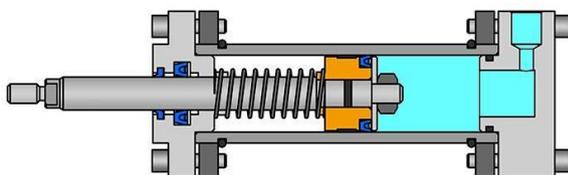
Unidad de mantenimiento neumática, contiene el regulador y el filtro de aire



Cilindro de doble efecto



	Diámetro (mm)	electros	20	25	32
patrón de movimiento			Acción doble o acción simple		
Medio de trabajo			Aire		
Tipo fijo			Normal Tipo LB/Tipo FA/Tipo SDB/Tipo U/Tipo		
Rango de voltaje de funcionamiento			0.1-0.9MPa		
Resistencia a la presión asegurada			1.35MPa		
Rango de temperatura de funcionamiento			-5-70°C		
Rango de velocidad de funcionamiento			50-800 mm/s		
Tipo de búfer	Tipo estándar		Cojin antichoque		
	Tipo de amortiguación			Cojin ajustable	
Tamaño de la tubería		M5x0.8		G1/8"	



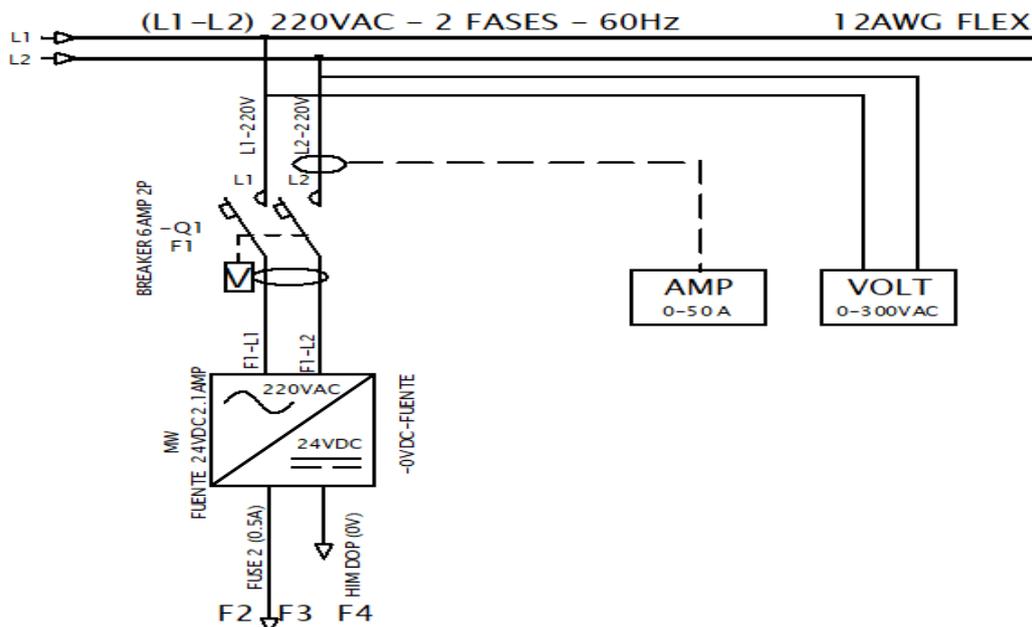
Cilindro de simple efecto con retorno por muelle NC

## 4.2 Diseño eléctrico

Para el controlador lógico programable se opta por el uso del controlador LOGO por su facilidad de implementación, lenguaje de bloques y bajo costo, lo que lo usa una buena opción para este tipo de trabajos, permite una fácil implementación con otros dispositivos como pantallas de interfaz HMI, módulos de la marca SIEMENS ya que cuenta con un puerto ethernet que permite comunicarse con otros dispositivos además de la computadora.

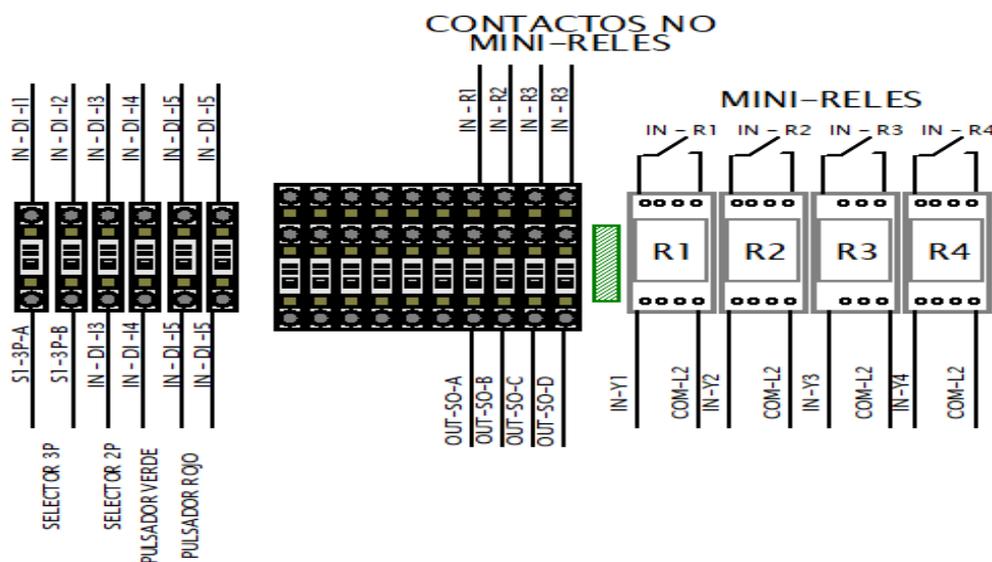
### 4.2.1 Diagrama eléctrico

El diseño se lo realizará mediante la herramienta PROFICAD, ya que es un software que nos permite realizar el diseño eléctrico en forma de dibujo técnico, además de que permite mezclar simbología de diagramas eléctricos de fuerza y control, dando la facilidad de poder diseñar el circuito de forma más visual.



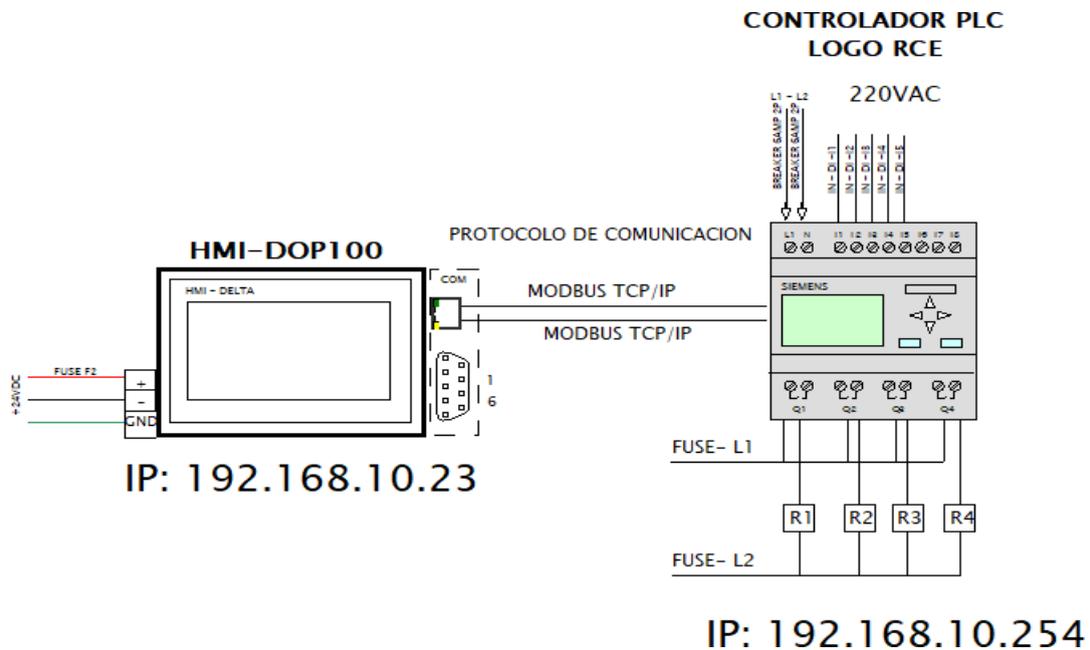
**Figura 11.** Alimentación del circuito eléctrico

Se puede apreciar que la alimentación se lo realiza a través de dos líneas de 127 VAC este alimenta una fuente de 24VDC, esto para alimentar a la pantalla HMI, antes de la fuente de 24VDC se coloca un braker bifásico de 6 Amp y luego se lleva los alambres de 24 VDC a la pantalla HMI.



**Figura 12.** Distribución de Borneras y relés en el módulo

Se aprecia la distribución de las borneras y los relés que accionaran las válvulas del módulo. Los relés se activan con 220VAC donde las salidas IN-Y1 hasta Y4 son las salidas del controlador LOGO tipo relé, en la parte de la izquierda se aprecia cómo serán conectados los pulsadores y los selectores que serán conectados a las entradas del controlador LOGO con el código IN-DI-I1 hasta I5. Por último, en la mitad se observa las borneras que permiten la interconexión de las salidas de los relés normalmente abiertos (NO) hacia los selenoides de las válvulas neumáticas.



**Figura 13.** Conexión del controlador LOGO y pantalla HMI

Se puede observar la conexión del controlador LOGO conectado a las borneras mencionadas anteriormente y también la conexión a la pantalla HMI, cada dispositivo tiene su dirección IP, conectados a la misma red, esto se debe tomar en cuenta al momento de conectar la computadora y realizar la programación del mismo. A continuación, se presentan los elementos a utilizar en el trabajo.

### 3.2.2 Pantalla HMI



**Figura 14.** Pantalla HMI

La pantalla HMI es de la marca DELTA con el número de serie DOP-103WQ es una pantalla LCD (display de cristal líquido), tiene una RAM de memoria volátil que almacena temporalmente los archivos con los que se está trabajando y otra memoria ROM que almacena las instrucciones para su computadora, contiene las siguientes características técnicas.

- Pantalla de 4.3” (480\*272) 65536 colores TFT
- CPU cortex-A8 de 800MHZ
- 512 MB de RAM
- 256MB de ROM
- Puerto Ethernet incorporado
- 1 conjunto de puertos COM/ 1 puerto de extensión
- Puerto USB

### 3.2.3 Fuente de poder

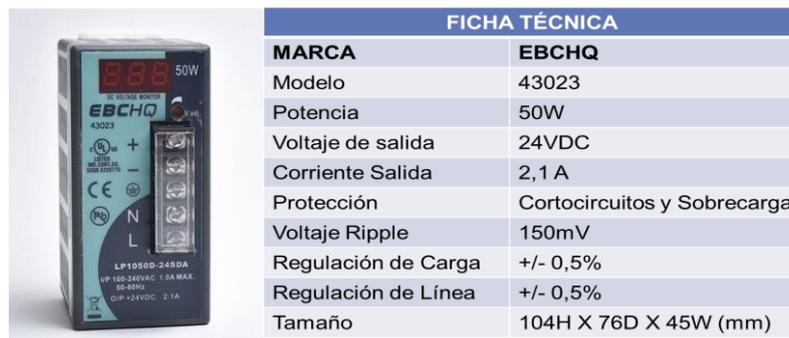


Figura 15. Fuente de poder

### 3.2.4 Controlador LOGO

El controlador LOGO es de la Marca SIEMENS, es un módulo lógico universal cuyas características son funciones básicas y especiales, lógica matemática, marcas digitales y analógicas entradas y salidas digitales y analógicas, WEB serve editor y una pantalla de visualización.

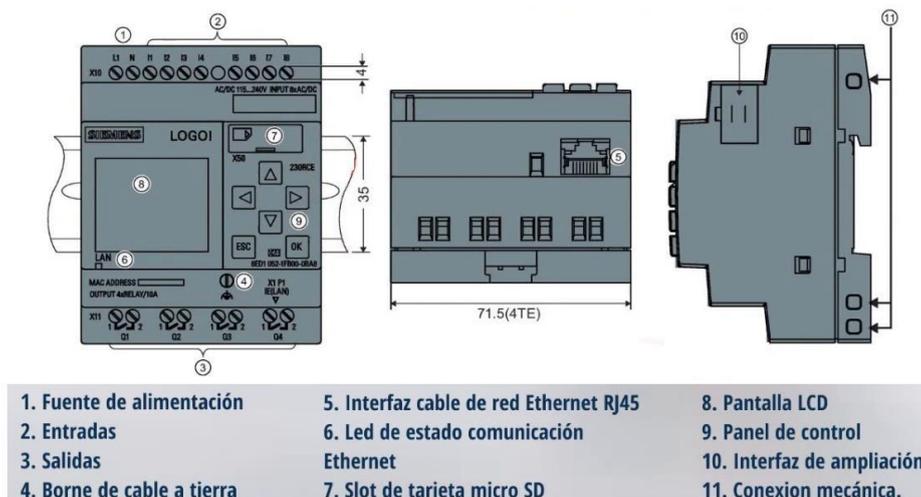


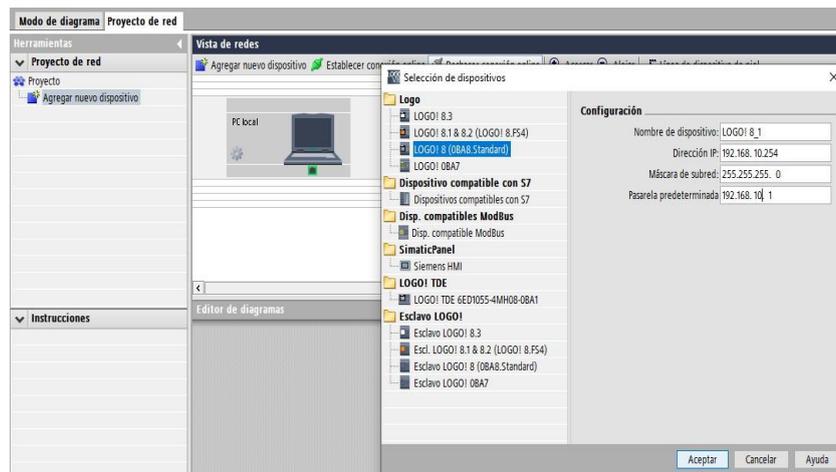
Figura 16. Dimensiones y especificaciones del controlador LOGO!

Tensión de alimentación	
115 V DC	Sí
230 V DC	Sí
Rango admisible, límite inferior (DC)	100 V
Rango admisible, límite superior (DC)	253 V
115 V AC	Sí
230 V AC	Sí
Entradas digitales	
Nº de entradas digitales	8
Salidas digitales	
Número de salidas	4; Relé
Protección contra cortocircuito	No; requiere protección externa
Salidas de relé	
Poder de corte de los contactos	
— con carga inductiva, máx.	3 A
— Con carga resistiva, máx.	10 A
CEM	
Emisión de radiointerferencias según EN 55 011	
• Clase de límite B, para aplicación en el ámbito residencial	Sí
Grado de protección y clase de protección	
Grado de protección según EN 60529	
• IP20	Sí
Normas, homologaciones, certificados	
Homologación CSA	Sí
Homologación UL	Sí
Homologación FM	Sí
desarrollado conforme a IEC 61131	Sí
Homologaciones navales	
• Homologaciones navales	Sí
Condiciones ambientales	
Temperatura de empleo	
• mín.	0 °C
• máx.	55 °C
Dimensiones	
Ancho	71,5 mm
Alto	90 mm
Profundidad	60 mm
Última modificación:	13.10.2014

**Figura 17.** Especificaciones técnicas del controlador LOGO!

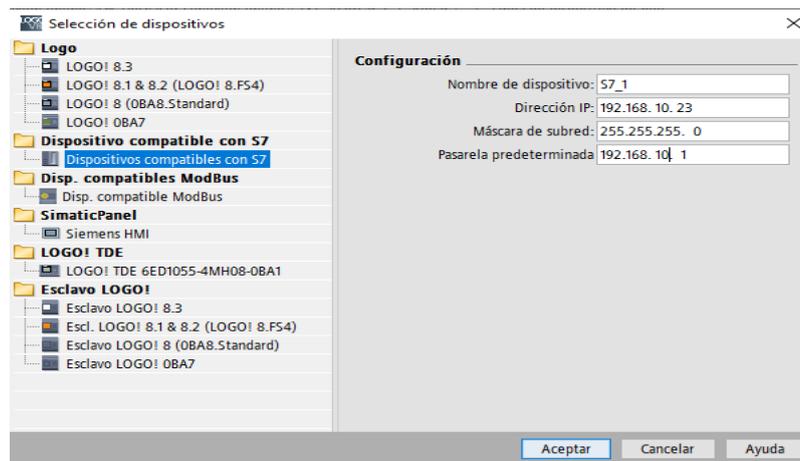
**Configuración del controlador.** Estos dispositivos se comunican mediante comunicación digital, en este caso usan el protocolo MODBUS TCP. La arquitectura de estos dos elementos se basa en la comunicación maestro-esclavo donde el HMI será el maestro y el PLC LOGO el esclavo, se conectarán mediante un cable de red ETHERNET usando el protocolo MODBUS, que sirve para transmitir información entre dispositivos electrónicos.

El software a utilizar es el propio proporcionado por SIEMENS llamado LOGOSoft Comfort, una vez instalado, se abre un nuevo proyecto, nos dirigimos a la pestaña proyectos de red, se escoge la opción agregar nuevo dispositivo y se escoge el controlador LOGO en este caso es LOGO 8 estandar y se coloca las direcciones de red.



**Figura 18.** Configuración del controlador LOGO

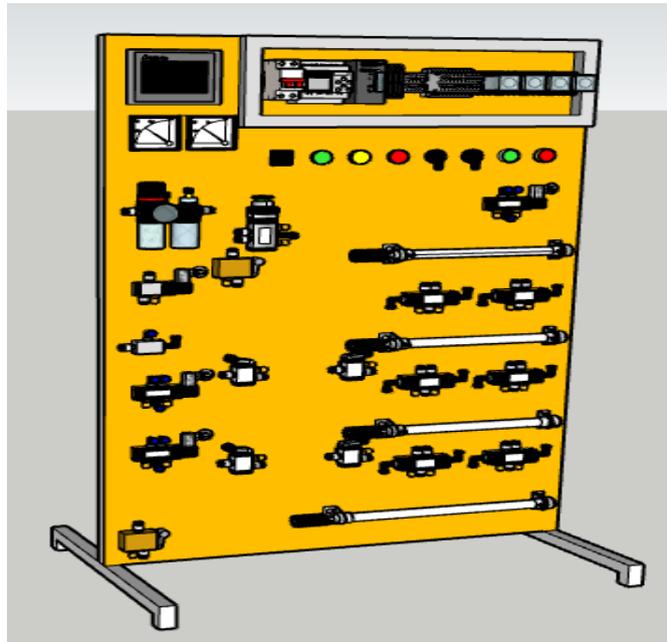
Una vez aceptado se agregará el controlador al proyecto con un diagrama de funciones. Luego agregaremos el HMI siguiendo el mismo procedimiento, solo que esta vez se selecciona como dispositivo 'Dispositivos compatibles con S7' y se agrega las direcciones de red.



**Figura 19.** Configuración del HMI

### 4.3 Funcionamiento

El diseño del módulo se lo implementó mediante el software Skecthup 2018, esta herramienta permite el modelado 3D gratuito, también permite realizar el modelado 3D desde el navegador web. El diseño del modelo del módulo se aprecia en la figura 20.



**Figura 20.** Modelado 3D del módulo neumático

Como resumen del módulo se presenta la ficha técnica del trabajo.

Datos:

Voltaje de alimentación	100-240VAC
Voltaje de control	24VDC 3.1 AMP
Voltaje de fuerza	24VDC / 100 - 240VAC

Contiene:

- HMI: DOP-100 4"
- PLC: LOGO! 8
- FUENTE: 24VDC 2.1A
- Breaker control 6 Amp. 2P
- Luces de señalización
- Switch mini ON/OFF tipo palanca
- Bornes y espaciadores
- Cilindros neumáticos XCPC
- Electroválvulas neumáticas XCPC
- Válvulas neumáticas XCPC
- Estructura metálica
- Finales de carrera AIRTAC
- Unidad de mantenimiento FRL

Para construcción del módulo se utilizaron los siguientes materiales.

Tubos de acero negro para la estructura, norma de fabricación NTE INEN 2415

Medidas:

Ancho: 750 mm

Alto: 1205 mm

Largo: 500 mm

Materiales:

Tubo INOX 25\*25\*2 mm

## 5. DISCUSIÓN

Se resalta la importancia de la neumática en diversos sectores industriales, como la minería, el refinamiento de petróleo, la industria química, la medicina, la automoción, la construcción y el empaquetamiento. La versatilidad de la neumática se evidencia en la utilización de robots industriales con grips neumáticos, que combinan elementos eléctricos e hidráulicos, así como en los actuadores neumáticos que son componentes esenciales en la automatización industrial.

Es importante reconocer la necesidad de comprender la neumática mediante un enfoque didáctico y sugiere la creación de un módulo específico para este propósito en la formación técnica. Esta aproximación educativa posibilitaría a los estudiantes adquirir habilidades prácticas en el manejo y programación de dispositivos como el HMI y el PLC, los cuales son fundamentales en la integración de la automatización industrial.

Además, se analiza cómo este módulo de entrenamiento técnico profesional puede cerrar una brecha importante en la formación de los estudiantes de la carrera de Electromecánica, preparándolos para abordar los desafíos tecnológicos actuales y futuros en el ámbito de la neumática industrial.

## 6. CONCLUSIONES

Se realizó la construcción del módulo neumático para el laboratorio del Instituto Tecnológico Universitario ISMAC.

Se desarrolló e implementó con éxito un sistema de control eléctrico destinado a supervisar un circuito neumático propuesto, caracterizado por su fácil comprensión y programación intuitiva.

Se verificó que el PLC LOGO es capaz de integrar diversos tipos de periféricos, incluyendo entradas y salidas digitales, así como facilitar la comunicación digital para controlar la pantalla HMI. Esta comunicación se realiza a través de cable ethernet, lo que demuestra la eficacia y versatilidad del sistema en la gestión y control del circuito neumático propuesto.

## REFERENCIAS

1. Automation Direct. (2014). PLC Handbook.
2. Automation Direct. (2018). HMI HANDBOOK Practical Guide to HMI HANDBOOK. 1–81.
3. Baquero, G. (2021). Definición de módulos neumáticos y eléctricos para prácticas de laboratorio de automatización de la Universidad de los Andes. In Universidad de los Andes. <https://doi.org/10.31819/9783968690124-toc>
4. Barber, A. (1997). Pneumatic handbook. 8th edition. In Pneumatic handbook. 8th edition (Issue December).
5. Bartlett, T. (2010). Industrial Automated Systems: Instrumentation and Motion Control.
6. Bliesener, R., Ebel, F., Löffler, C., Plagemann, B., Regber, H., Terzi, E.V., & Winter, A. (2002). Programmable Logic Controllers Basic Level B-II. 40–43.
7. Brunete, A., San Segundo, P., & Herrero, R. (2020). Introducción a la Automatización Industrial. Universidad Politécnica de Madrid. [https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/)

8. Carneiro, J. F., & de Almeida, F. G. (2012). A high-accuracy trajectory following controller for pneumatic devices. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 61(1–4), 253–267. <https://doi.org/10.1007/s00170-011-3695-6>
9. Cienciasfera. (2016). Distribución de aire comprimido. [http://cienciasfera.com/materiales/tecnologia/tecno02/tema05/23\\_distribucion\\_de\\_aire\\_comprimido.html](http://cienciasfera.com/materiales/tecnologia/tecno02/tema05/23_distribucion_de_aire_comprimido.html)
10. Chanchal, D., & Senit, K. (2020). Industrial Automation Technologies. In *Syria Studies* (Vol. 7, Issue 1).
11. Creus Solé, A. (2011). *Neumática e Hidráulica* (2da Edición). MARCOMBO, S.A. [https://books.google.com.ec/books/about/Neumatica\\_e\\_hidraulica.html?id=V\\_RjOrxMEw4C&printsec=frontcover&source=kp\\_read\\_button&hl=es&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books/about/Neumatica_e_hidraulica.html?id=V_RjOrxMEw4C&printsec=frontcover&source=kp_read_button&hl=es&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
12. Dare R, P., & Stephen W, F. (2009). Industrial process control systems. In *Syria Studies* (Second edi, Vol. 7, Issue 1). <http://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0024806.pdf>
13. EATON. (2022). Programmable logic controllers (PLC). <https://www.eaton.com/us/en-us/products/controls-drives-automation-sensors/programmable-logic-controllers.html>
14. Delta Electronics. (2017). PLCs (Controladores Lógicos Programables). <https://deltaelectronicsdistribuidor.mx/plcs-delta/>
15. Fak-Orn, P., Yomkurd, U., Punfong, N., & Thanaon, M. (2016). The construction and efficiency validation of an educational module of pneumatics robotics arm controlled by programmable logic controller (PLC). *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 345, 509–514. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-17314-6\\_65](https://doi.org/10.1007/978-3-319-17314-6_65)
16. Glebov, N., Kruglova, T., & Shoshiashvili, M. (2019). Intelligent Electro-pneumatic Module for Industrial Robots. 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2019, 2017–2020. <https://doi.org/10.1109/FarEastCon.2019.8934864>
17. Gorissen, B., Chishiro, T., Shimomura, S., de Volder, M., Reynaerts, D., & Konishi, S. (2013). Flexible pneumatic twisting actuators. 2013 Transducers and Eurosensors XXVII: The 17th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems, TRANSDUCERS and EUROSENSORS 2013, June, 1687–1690. <https://doi.org/10.1109/Transducers.2013.6627110>
18. Hadi, H. H. (2019). Pneumatic Control System of Automatic Production Line Using SCADA Implement PLC. 4th Scientific International Conference Najaf, SICN 2019, 37–42.
19. Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). Metodología de la Investigación. In *Syria Studies* (Quinta edi, Vol. 7, Issue 1). McGRAW-HILL.
20. IDEC Corporation. (2019). IDEC Corporation adds 15-inch HMI touch screen. <https://www.automationmag.com/9461-idec-corporation-adds-15-inch-hmi-touch-screen-with-iiot-capability/>
21. Kothapalli, G., & Hassan, M. Y. (2008). Design of a Neural Network Based Intelligent PI Controller for a Pneumatic System. *IAENG International Journal of Computer Science*, May.
22. Malakanagouda, B., & Harisha, S. (2017). PLC based Automation of Test Rig for Brake Actuators. 1–7.
23. Manesis, S., & Nikolakopoulos, G. (2017). *Introduction to Industrial Automation* (Vol. 66).

24. Ortiz Rosas, A. (2017). Programación de PLC, HMI y comunicaciones en la industria (Vol. 15, Issue 2).
25. Pastrascioiu, C., Popescu, M., & Stamatescu, S. (2019). Teaching System for Pneumatic Actuators. Proceedings of the 10th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence, ECAI 2018, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ECAI.2018.8679081>
26. Paucar, J., & Quinllay, G. (2013). Diseño, dimensionamiento e implementación de una estación didáctica de presionado con músculo neumático. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
27. Purushottam, B. (2020). Industrial Hydraulics and Pneumatics. [https://books.google.com.ec/books?id=z\\_boDwAAQBAJ&pg=PA6&dq=pneumatics+definition&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiir6FoML5AhX8s4QIHXYjD18Q6AF6B-AgIEAI#v=onepage&q=pneumatics+definition&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=z_boDwAAQBAJ&pg=PA6&dq=pneumatics+definition&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiir6FoML5AhX8s4QIHXYjD18Q6AF6B-AgIEAI#v=onepage&q=pneumatics+definition&f=false)
28. Santhosh, K. v., Shenoy, V., & Navada, B. R. (2016). Fault identification and isolation in pneumatic valve using image processing. 2016 IEEE International Conference on Distributed Computing, VLSI, Electrical Circuits and Robotics, DISCOVER 2016 - Proceedings, 205–210. <https://doi.org/10.1109/DISCOVER.2016.7806219>
29. Selltiz, C. (1980). Métodos de investigación en las relaciones sociales.
30. Siemens. (2020). Human Machine Interface Systems. In 09/20/2010. <http://www.pddnet.com/articles/2010/09/human-machine-interface-systems>
31. Sivaraman, I. (2017). Introduction to Hydraulics and Pneumatics (Third Edit). [https://books.google.com.ec/books?id=3REuDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=pneumatics&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=pneumatics&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=3REuDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=pneumatics&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=pneumatics&f=false)
32. Soltero, A. (2021). Aplicación de metodología de diseño de producto para el desarrollo de una estación didáctica (Vol. 15, Issue 2). Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.