

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

### **CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA ELECTRONEUMÁTICA PARA EL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL Y EXPANSIÓN DE MÓDULOS LÓGICOS PROGRAMABLES**

#### **TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA**

**Boris Andrés Barros Dávila**

boris.barros@epn.edu.ec

**Kevin Richard Carrillo Cuchala**

kevin.carrillo@epn.edu.ec

**DIRECTOR: ING. ABRAHAM LOJA, MSC.**

abraham.loja@epn.edu.ec

**CODIRECTOR: ING. CARLOS ROMO, MSC.**

carlos.romo@epn.edu.ec

**Quito, enero 2021**

## CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Barros Dávila Boris Andrés y el Sr. Carrillo Cuchala Kevin Richard como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA, bajo nuestra supervisión:



---

**Ing. Abraham Ismael Loja Romero**  
**MSc.**

DIRECTOR DEL PROYECTO



---

**Ing. Carlos Orlando Romo Herrera**  
**MSc.**

CODIRECTOR DEL PROYECTO

## DECLARACIÓN

Nosotros Barros Dávila Boris Andrés con CI: 1718576190 y Carrillo Cuchala Kevin Richard con CI: 1723547376 declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 144 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación – COESC-, somos titulares de la obra en mención y otorgamos una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entregamos toda la información técnica pertinente, en caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.



---

**Boris Andrés Barros Dávila**

CI: 1718576190

Teléfono: 0962761651

Correo: boris.barros@epn.edu.ec



---

**Kevin Richard Carrillo Cuchala**

CI: 1723547376

Teléfono: 0983250245

Correo: kevin.carrillo.epn1994@gmail.com

## **AGRADECIMIENTO 1**

A nuestra familia por darme el apoyo suficiente para seguir adelante y a los consejos que me guiaron a perseverar en la vida, a mis amigos con los que inicié esta travesía de la universidad en donde compartimos momentos gratos en cada aula de la facultad.

A los ingenieros que siempre dieron su mayor esfuerzo en nuestras enseñanzas académicas para ser grandes personas y futuros profesionales graduados de la ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.

A la ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS quien nos brindó con estudio de calidad en nuestra formación personal y profesional.

Boris Andrés Barros Dávalos

## **AGRADECIMIENTO 2**

Le debo todo a mi mamá, por su ejemplo de lucha incansable, por su motivación e inspiración, gracias totales.

Agradecerle a mi familia, a todos mis profesores, amigos y compañeros que he tenido el agrado de encontrarme en este camino, gracias por brindarme su apoyo y colaboración.

Kevin Carrillo C.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción .....	1
1.1	Objetivo general .....	2
1.2	Objetivos específicos .....	2
2	Metodología .....	3
2.1	Descripción de la metodología usada .....	3
3	Resultados y Discusión.....	5
3.1	Objetivo específico 1 .....	5
	Análisis del banco de entrenamiento para Sistemas electroneumáticos .....	5
	Selección de equipos.....	7
3.2	Objetivo específico 2 .....	13
	Diseño de placas del Módulo Lógico Programable .....	13
	Diseño de placas de las electroválvulas .....	14
	Diseño de la planta electroneumática .....	14
3.3	Objetivo específico 3 .....	16
	Construcción de placas de los módulos LOGO y electroválvulas.....	16
	Montaje de la planta electroneumática.....	18
3.4	Pruebas y Análisis de Resultados.....	21
	Prueba de continuidad y cortocircuito .....	21
	Prueba de continuidad de las entradas y salidas digitales del módulo LOGO.....	22
	Prueba de conexión eléctrica y neumática.....	23
	Pruebas de funcionamiento de las plantas didácticas .....	24
3.5	Elaboración de hojas guías.....	29
3.6	Manual de Uso y Mantenimiento.....	30
4	Conclusiones y Recomendaciones .....	33
4.1	Conclusiones .....	33
4.2	Recomendaciones .....	35
5	Referencias Bibliográficas .....	37

ANEXOS.....	39
Anexo 1: Certificado de Funcionamiento.....	i
Anexo 2: Planos y Esquemas .....	iii
Anexo 3: Guías de Prácticas.....	xii
Anexo 4: Diagramas de Flujo de guías de prácticas propuestas .....	xxx

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 3.1</b>	Planta electroneumática.....	6
<b>Figura 3.2</b>	Panel neumático didáctico. ....	7
<b>Figura 3.3</b>	Módulo de expansión LOGO DM8 230R . ....	8
<b>Figura 3.4</b>	Electroválvula 4V21008CG . ....	9
<b>Figura 3.5</b>	Racor recto modelo PC6-02 . ....	11
<b>Figura 3.6</b>	Racor tipo codo modelo PL6-02 . ....	11
<b>Figura 3.7</b>	Unión te modelo PE6 [15]. ....	11
<b>Figura 3.8</b>	Silenciador universal modelo BSL-01 . ....	12
<b>Figura 3.9</b>	Tubería de poliuretano modelo US98A060040 . ....	12
<b>Figura 3.10</b>	Diseño de las placas para los módulos LOGO 230 RCE y DM8 230R. ...	13
<b>Figura 3.11</b>	Diseño de la placa de la electroválvula 4V21008CG . ....	14
<b>Figura 3.12</b>	Diseño de la planta electroneumática.....	15
<b>Figura 3.13</b>	Lámina de aleación de aluminio cortada y perforada.....	16
<b>Figura 3.14</b>	Placa de aluminio para las electroválvulas. ....	16
<b>Figura 3.15</b>	Placa de los módulos LOGO 230 RCE y DM8 230R. ....	17
<b>Figura 3.16</b>	Placa de la electroválvula 4V21008CG. ....	18
<b>Figura 3.17</b>	Estructura metálica planta electroneumática. ....	18
<b>Figura 3.18</b>	Tablero neumático. ....	19
<b>Figura 3.19</b>	Mueble con cajones. ....	19
<b>Figura 3.20</b>	Planta electroneumática.....	20
<b>Figura 3.21</b>	Prueba de continuidad y cortocircuito.....	22
<b>Figura 3.22</b>	Prueba de continuidad de las entradas y salidas digitales.....	23
<b>Figura 3.23</b>	Prueba eléctrica y neumática de los dispositivos de la planta. ....	24
<b>Figura 3.24</b>	Programación para conexión externa del variador . ....	25
<b>Figura 3.25</b>	Prueba de funcionamiento del puente elevadizo. ....	25
<b>Figura 3.26</b>	Sistema de control de nivel de agua.....	27
<b>Figura 3.27</b>	Prueba de funcionamiento de la banda transportadora. ....	28
<b>Figura 3.28</b>	Control de 3 cables para las salidas digitales del variador . ....	29
<b>Figura 3.29</b>	QR de la planta electroneumática práctica 1. ....	30
<b>Figura 3.30</b>	QR de la planta electroneumática práctica 2. ....	30
<b>Figura 3.31</b>	QR de planta didáctica banda transportadora. ....	31
<b>Figura 3.32</b>	QR de planta didáctica puente elevadizo. ....	31
<b>Figura 3.33</b>	QR de planta didáctica control de nivel. ....	31
<b>Figura 3.34</b>	QR de manual de mantenimiento de la planta.....	32

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3.1</b> Elementos y equipos de la planta electroneumática. ....	8
<b>Tabla 3.2</b> Características técnicas del módulo LOGO DM8 230R .....	9
<b>Tabla 3.3</b> Características técnicas de electroválvula 4V21008CG .....	10
<b>Tabla 3.4</b> Tabla de accesorios de electroválvula 4V21008CG.....	10
<b>Tabla 3.5</b> Pruebas de funcionamiento realizadas en la planta electroneumática. ....	21
<b>Tabla 3.6</b> Parámetros de programación del variador con los datos del motor .....	26
<b>Tabla 3.7</b> Parámetros de programación del variador con los datos del motor .....	28

## RESUMEN

En el presente proyecto se detalla el diseño, construcción e implementación de una planta electroneumática controlada por un Módulo Lógico Programable para el laboratorio de Tecnología Industrial de la Escuela de Formación de Tecnólogos. Esta planta permite realizar secuencias de control electroneumático de procesos industriales de mayor complejidad y extensión.

Para el diseño y construcción de la planta se tomaron en cuenta los lineamientos y requerimientos básicos de ergonomía y didáctica de los bancos de entrenamiento neumáticos de FESTO *didactic*. El diseño y construcción de las placas del Módulo Lógico Programable y sus expansiones se realizaron en base a los módulos de trabajo, los elementos neumáticos y las plantas didácticas disponibles en el laboratorio.

Se ampliaron las entradas y salidas digitales mediante módulos de expansión y se realizaron diferentes pruebas con el objetivo de garantizar el correcto funcionamiento de la planta.

Finalmente, se realizó un manual de uso y mantenimiento de la planta para preservar la seguridad de las personas y mejorar la eficiencia de funcionamiento de los elementos.

**PALABRAS CLAVE:** electroneumática, neumática, LOGO.

## **ABSTRACT**

The project details the design, construction, and implementation of an electropneumatic plant controlled by a Programmable Logic Module for the Industrial Technology laboratory of the Technologists Training School. This plant allows to make electropneumatic control circuits of industrial processes of greater complexity and bigger extension.

For the design and construction of the plant, the ergonomic and didactic were taken by the basic guidelines and requirements of FESTO didactic. Then, the design and construction of the Programmable Logic Module plates and their expansions were performed according to the work modules, pneumatic devices, and the available didactic plants in the laboratory.

The digital inputs and outputs were spread out by means of expansion modules and different tests were carried out to guarantee the proper operation of the plant.

Finally, a using and maintenance manual of the plant was done to preserve the safety of people and improve the operating efficiency of the devices.

**KEYWORDS:** electropneumatic, pneumatic, LOGO.

# 1 INTRODUCCIÓN

Los Módulos Lógicos Programables a lo largo de la historia, han representado un papel fundamental en el control y automatización de los procesos industriales, cumpliendo tareas específicas, reduciendo tiempos de producción, aumentando la calidad de los productos, entre otros. Los procesos industriales son cada vez más extensos y complejos, por lo tanto, requieren de una gran capacidad de almacenamiento y procesamiento por parte de estos dispositivos para poder cumplir con las tareas programadas.

En el Laboratorio de Tecnología Industrial, los estudiantes de Tecnología Electromecánica realizan prácticas de control industrial con los Módulos Lógicos Programables LOGO 230RCE y simulan los procesos de diferentes sistemas automatizados, muchos de estos procesos son implementados con un reducido número de entradas y salidas digitales (8 entradas y 4 salidas) que no permitieron controlar procesos industriales más complicados. Además, los estudiantes realizan prácticas de neumática, mediante el diseño e implementación de algoritmos de control, utilizando válvulas distribuidoras, válvulas auxiliares y pulsadores que son exclusivamente neumáticos, limitando el desarrollo de técnicas de solución a problemas de electroneumática y control industrial.

Este proyecto a través de la construcción de la planta electroneumática, la implementación de electroválvulas o válvulas solenoides y la expansión de los Módulos Lógicos Programables, logró combinar y solucionar el desarrollo de prácticas de control industrial y electroneumática con un mayor número de entradas y salidas digitales para la simulación de procesos industriales de mayor complejidad; que cumplan con las exigencias que la industria demanda a nivel nacional.

La planta electroneumática está instalada en la Escuela de Formación de Tecnólogos, en el Laboratorio de Tecnología Industrial y en ella se puede realizar prácticas de laboratorio con las diferentes plantas didácticas que el laboratorio posee, así como con las demás plantas ubicadas en el aula 33 y aula 35 de la ESFOT.

Se adjunta el certificado de funcionamiento de la planta electroneumática (Anexo 1) en el cual garantiza su correcto funcionamiento y que los usuarios puedan utilizarla con seguridad en el laboratorio.

## **1.1 Objetivo general**

- Construir una planta electroneumática para el laboratorio de tecnología industrial y expandir los Módulos Lógicos Programables.

## **1.2 Objetivos específicos**

- Investigar los módulos de expansión compatibles con los Módulos Lógicos Programables y la normativa vigente de los sistemas electroneumáticos aplicables al proyecto.
- Diseñar las placas de los módulos de expansión y la planta electroneumática.
- Construir la placa con los módulos de expansión y la planta electroneumática con los elementos y dispositivos seleccionados.
- Realizar pruebas de funcionamiento.
- Elaborar las hojas guías para las prácticas de laboratorio.

## 2 METODOLOGÍA

El presente proyecto se fundamentó en la investigación aplicada la cual corresponde a la utilización de conocimientos y destrezas previamente adquiridos en el transcurso de la carrera de Tecnología en Electromecánica, con el objetivo de resolver algoritmos de control y automatización de procesos industriales relacionados a sistemas electroneumáticos y control industrial [1].

### 2.1 Descripción de la metodología usada

Para el diseño y construcción de la planta electroneumática se realizó un estudio de bancos didácticos electroneumáticos basados en dos principales parámetros: los criterios de requerimiento básicos para su diseño y las necesidades a solventar en el Laboratorio de Tecnología Industrial.

El Módulo Lógico Programable, modelo LOGO 230RCE, es el dispositivo utilizado para las respectivas prácticas de laboratorio de control industrial de la ESFOT, este dispositivo posee ocho entradas y cuatro salidas digitales en total. Por este motivo, para realizar la expansión se adquirió el catálogo y manual de usuario del Módulo LOGO 230RCE. En base a esto se seleccionaron los módulos de expansión modelo LOGO DM8 230R que poseen cuatro entradas y cuatro salidas.

Para el diseño y construcción de la planta electroneumática se recopiló información en plataformas web y en el repositorio de la Escuela Politécnica Nacional. En base a la información recopilada, se implementaron seis electroválvulas las cuales serán gobernadas por los Módulos Lógicos Programables, estos dispositivos permitirán realizar las prácticas de laboratorio en conjunto con los cilindros neumáticos, válvulas direccionales, válvulas distribuidoras y las unidades de mantenimiento disponibles en el laboratorio [2].

Mediante el esquema de las entradas y salidas digitales del Módulo Lógico Programable LOGO 230RCE y el módulo de expansión LOGO DM8 230R, se diseñó una nueva placa para obtener un total de doce entradas y ocho salidas digitales que permitan a los estudiantes implementar los circuitos y secuencias para las prácticas de laboratorio con las diferentes plantas didácticas. Además, se diseñó un esquema en el programa *FluidSIM*, en el cual se podrá conocer la estructura y el funcionamiento de dicha planta para los usuarios [3].

Una vez diseñado el esquema de las placas en el programa AutoCAD, se implementó dos Módulos Lógicos Programables junto con dos módulos de expansión, además se añadió elementos eléctricos como pulsadores e interruptores para las entradas y borneras para las salidas con su respectiva nomenclatura.

La planta electroneumática se construyó con una estructura metálica para el soporte de los elementos en conjunto con una estructura de madera para el panel didáctico neumático, las cuales sirven para ubicar los componentes necesarios y diseñar los circuitos neumáticos y electroneumáticos de acuerdo con los esquemas de conexión [4].

Una vez construidas la placa y la planta, se realizó pruebas de funcionamiento, pruebas de comunicación entre el Módulo Lógico Programable LOGO 230RCE y los dispositivos electroneumáticos, pruebas de continuidad de las conexiones eléctricas y pruebas del paso del flujo del aire comprimido entre los elementos neumáticos de la planta.

El Módulo Lógico Programable LOGO 230RCE envía señales eléctricas a los dispositivos electroneumáticos (electroválvulas o válvulas solenoides) los cuales a su vez controlan el paso del flujo del aire que se distribuirá a los pistones para su accionamiento, de esta manera cumplirá una determinada secuencia de control [5].

Se realizaron cinco hojas guías para las diversas plantas didácticas: dos para la planta electroneumática, una para la planta del sistema de control de puente elevadizo, una para la planta del sistema de banda transportadora, y una para la planta del sistema de control de nivel que tiene el Laboratorio de Tecnología Industrial.

Las hojas guías se elaboraron con las especificaciones de la planta electroneumática, en donde constarán el funcionamiento y distribución de las electroválvulas 5/2, así como sus entradas y salidas digitales del Módulo Lógico Programable LOGO 230RCE; para esto se realizó diagramas de conexión del circuito tanto de fuerza como de control y la conexión electroneumática de cada una de las plantas [6].

### **3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

A través de esta planta electroneumática los usuarios del laboratorio de Tecnología Industrial podrán realizar diferentes prácticas con el Módulo Lógico Programable LOGO 230RCE y su módulo de expansión LOGO DM8 230R, se podrá combinar las ramas de la neumática y control industrial mediante la simulación e implementación de procesos industriales más extensos y complejos [7].

#### **3.1 Objetivo específico 1**

##### **Normativa de sistemas electroneumáticos**

Mediante la norma DIN 19226, se establece los controles de mandos en un proceso industrial, en donde una magnitud de entrada influye sobre la salida conforme al proceso o sistema. Además, la norma DIN 19237 establece los criterios para poder diferenciar los mandos; según la forma de representar la información y según el procesamiento de señales [8].

En base a la normativa mencionada, la construcción e implementación de la planta electroneumática se tomó en cuenta los mandos para el procesamiento de señales digitales en donde los Módulos Lógicos Programables y las electroválvulas son los dispositivos encargados de procesar las señales para activar los actuadores neumáticos y realizar las diferentes prácticas electroneumáticas en el laboratorio de Tecnología Industrial de la ESFOT [6].

##### **Análisis del banco de entrenamiento para Sistemas electroneumáticos**

A través de la investigación realizada de bancos de entrenamiento, se determinó que FESTO *didactic* ofrece una amplia gama de soluciones a los requerimientos en sistemas electroneumáticos. Para ello, la planta electroneumática fue implementada mediante dos principales parámetros de diseño: por su ergonomía y didáctica [9].

En base a los criterios anteriormente mencionados, el diseño de la planta electroneumática cumple con los siguientes parámetros y requerimientos básicos de funcionamiento:

- Posee una estructura metálica adecuada para soportar el peso de los dispositivos eléctricos y los componentes neumáticos para el desarrollo de prácticas de control industrial y neumática.

- Los dispositivos y accesorios cumplen con las condiciones técnicas de operación y las condiciones del medio en que se desarrollan las actividades.
- La planta cuenta con Módulos Lógicos Programables y electroválvulas con entradas y salidas digitales que permiten la carga de los algoritmos de control y la fácil conexión y desconexión entre los dispositivos de los circuitos electroneumáticos.
- Permite la interconexión con otras plantas didácticas que posee el laboratorio de Tecnología Industrial [10].

### **Componentes del sistema electroneumático**

Los elementos que componen la cadena de control del sistema neumático y sistema eléctrico realizan tareas asignadas para el procesamiento y transmisión de señales. En la Figura 3.1 se muestra el diseño del banco de entrenamiento didáctico, el cual cuenta con los dispositivos, equipos y accesorios necesarios para la implementación de circuitos electroneumáticos. Su diseño se realizó mediante el programa AutoCAD [11].



**Figura 3.1** Planta electroneumática.

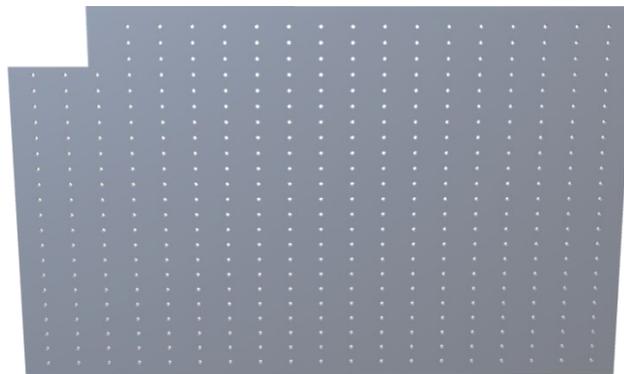
Los elementos y componentes básicos que tiene el sistema electroneumático para la activación de los actuadores son los siguientes [11]:

- Módulos Lógicos Programables (LOGO)
- Módulos de expansión

- Electroválvulas (válvulas solenoides)
- Pulsadores
- Interruptores
- Borneras
- Silenciadores universales
- Racores rectos
- Racores tipo codo
- Uniones te
- Tubería neumática

### **Panel de neumática y electroneumática**

En la Figura 3.2 se muestra el panel neumático didáctico el cual está constituido por una base de madera, este panel permite ubicar los componentes necesarios para diseñar los circuitos neumáticos y electroneumáticos de acuerdo con lo establecido en los esquemas de conexión. Su diseño muestra una gran flexibilidad de trabajo ya que se adapta a los requerimientos de los módulos de trabajo y las plantas neumáticas disponibles en el laboratorio de Tecnología Industrial de la ESFOT [12].



**Figura 3.2** Panel neumático didáctico.

### **Selección de equipos**

La selección de los elementos de la planta electroneumática se realizó de acuerdo con un análisis comparativo entre los objetivos de control industrial y neumático, y los elementos disponibles en el laboratorio; con ello se seleccionaron los siguientes elementos que se muestran en la Tabla 3.1:

**Tabla 3.1** Elementos y equipos de la planta electroneumática.

Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad
Módulo Lógico Programable	2	Tablero de madera	1
Módulo de expansión	2	Racores neumáticos (rectos)	12
Electroválvula	6	Codos neumáticos	6
Tubería de poliuretano	40 (m)	Silenciadores neumáticos	12
Pulsadores	12	Te neumático	6
Interruptores	14	Cable flexible 16	20 (m)
Borneras	72		

Para el diseño de las placas y la planta electroneumática se consideró las especificaciones y los requerimientos eléctricos del Módulo Lógico Programable y los dispositivos neumáticos (válvulas direccionales, válvulas distribuidoras, cilindros neumáticos) disponibles en el laboratorio de Tecnología Industrial [13].

#### **Módulos de expansión**

Se seleccionaron dos Módulos de expansión modelo LOGO DM8 230R. Estos dispositivos son las unidades compatibles con los Módulos Lógicos Programables LOGO 230RCE. Los módulos de expansión cuentan con 4 entradas y 4 salidas digitales tipo relé. En la Figura 3.3 se puede observar la imagen del dispositivo y en la Tabla 3.2 se detallan sus características eléctricas:



**Figura 3.3** Módulo de expansión LOGO DM8 230R [14].

**Tabla 3.2** Características técnicas del módulo LOGO DM8 230R [14].

MODELO	LOGO DM8 230R	
Denominación	Mínimo	Máximo
Voltaje	115 (V)	230 (V)
Potencia	500 (W)	1000 (W)
Frecuencia de Red	47 (Hz)	63 (Hz)
Temperatura	0 (°C)	55 (°C)
Carga Inductiva	3 (A)	
Carga Resistiva	5 (A)	
	Digitales	Analógicas
Entradas	4	X
Salidas	4	X

### Electroválvulas

Se seleccionaron las electroválvulas o válvulas solenoides de la serie 4V200, estos dispositivos permiten conectar con los actuadores de doble efecto y cuentan con dos pilotajes: uno interno y uno externo. En la Figura 3.4 se puede observar la electroválvula de 5 vías y 2 posiciones (5/2) y en la Tabla 3.3 sus características eléctricas y neumáticas [15]:



**Figura 3.4** Electroválvula 4V21008CG [15].

**Tabla 3.3** Características técnicas de electroválvula 4V21008CG [15].

MODELO	4V21008CG	
Denominación	Mínimo	Máximo
Fluido	Aire	
Accionamiento	Piloto interno y externo	
Calibre puerto	Entrada=salida=6.35 (mm) Escape=3.17 (mm)	
Calibre roscado	16 (mm <sup>2</sup> )	
Tipo	5 vías 2 posiciones	
Presión de operación	0.15 (MPa)	0.8 (MPa)
Máxima presión	1.5 (MPa)	
Temperatura	20 (°C)	70 (°C)
Material	Aleación de Aluminio	
Lubricación	No requiere	
Frecuencia máxima	5 (Hz) sin carga	
Peso	0.22 (kg)	

### Accesorios Neumáticos

Los accesorios neumáticos seleccionados van acoplados con las electroválvulas y otros sirven para la implementación de circuitos. Algunos de los accesorios seleccionados permiten la conexión y desconexión de los elementos de control neumático y el paso del flujo de aire a los diferentes elementos de la planta electroneumática.

Las medidas y las especificaciones de los accesorios neumáticos se encuentran detallados en la siguiente Tabla 3.4:

**Tabla 3.4** Tabla de accesorios de electroválvula 4V21008CG.

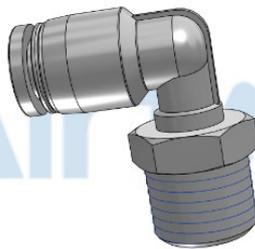
Accesorios	Cantidad	Dimensiones
Racores rectos	12	6 (mm)
Racores tipo codo	6	6 (mm)
Silenciadores	12	6 (mm)
Unión Te	6	6 (mm)
Tubería de poliuretano	40 (m)	6 (mm) diámetro externo 4 (mm) diámetro interno

Se utilizaron 12 racores rectos de la serie PC (conector macho), los cuales van conectados en las salidas de aire de las electroválvulas hacia los cilindros neumáticos. En la Figura 3.5 se observa el racor recto utilizado de un puerto de 6 (mm) de diámetro, roscado de 6.35 (mm) de diámetro y una longitud de 24.5 (mm) [16].



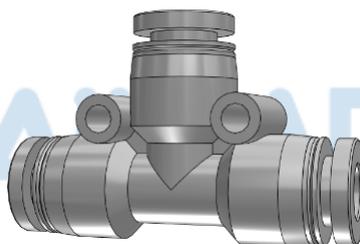
**Figura 3.5** Racor recto modelo PC6-02 [16].

Para las entradas de aire de las electroválvulas se colocaron 6 racores tipo codo de la serie PL (codo macho), estos componentes están conectados a las unidades de mantenimiento junto con el compresor para armar los circuitos electroneumáticos. En la Figura 3.6 Racor tipo codo modelo PL6-02 [16]. se visualiza el racor tipo codo de 6 (mm) y un roscado de 6.35 (mm) de diámetro [16].



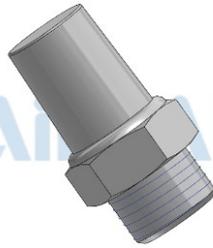
**Figura 3.6** Racor tipo codo modelo PL6-02 [16].

Para la conexión de elementos neumáticos se adquirieron 6 uniones de la serie PE, esto permitirá el paso de aire en diferentes direcciones de acuerdo con los requerimientos de las secuencias de control electroneumáticas. En la Figura 3.7 Unión te modelo PE6 [16]. se observa la unión te de 6 (mm) de diámetro para las 3 entradas de aire [16].



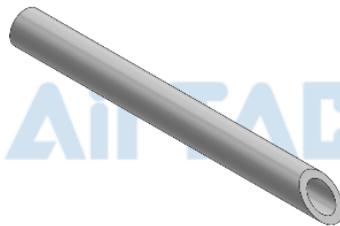
**Figura 3.7** Unión te modelo PE6 [16].

Las electroválvulas cuentan con silenciadores de bronce sinterizados de la serie BSL (silenciadores universales), estos accesorios reducen la contaminación por ruido en las instalaciones. En la Figura 3.8 se puede visualizar el silenciador universal de 3.18 (mm) de diámetro y una longitud de 24 (mm) [16].



**Figura 3.8** Silenciador universal modelo BSL-01 [16].

La tubería de poliuretano de la serie US98A (no enrollada), permite una adecuada conexión entre los dispositivos y elementos neumáticos. En la Figura 3.9 se puede observar la tubería utilizada de 6 (mm) de diámetro externo y 4 (mm) de diámetro interno [16].



**Figura 3.9** Tubería de poliuretano modelo US98A060040 [16].

## 3.2 Objetivo específico 2

### Diseño de placas del Módulo Lógico Programable

Para el diseño de las placas se estableció una lámina de aleación de aluminio como el material base para las placas de los Módulos Lógicos Programables y las electroválvulas. En el diseño de las placas de los Módulos Lógicos Programables LOGO 230 RCE y los módulos de expansión LOGO DM8 230R, se tomó en cuenta el espacio y la distribución adecuada para el montaje de los componentes eléctricos para un total de 12 entradas y 8 salidas digitales.

Las placas cuentan con un adhesivo y la nomenclatura adecuada para que los usuarios puedan identificar todos sus dispositivos y componentes. En la Figura 3.10 se presenta el diseño del adhesivo de la placa con toda su nomenclatura y permite una fácil identificación de las entradas y salidas digitales. Cabe resaltar que las dimensiones de los orificios y demás componentes en el adhesivo y en las placas son iguales. Se adjunta las dimensiones en el anexo 2 de planos y esquemas.

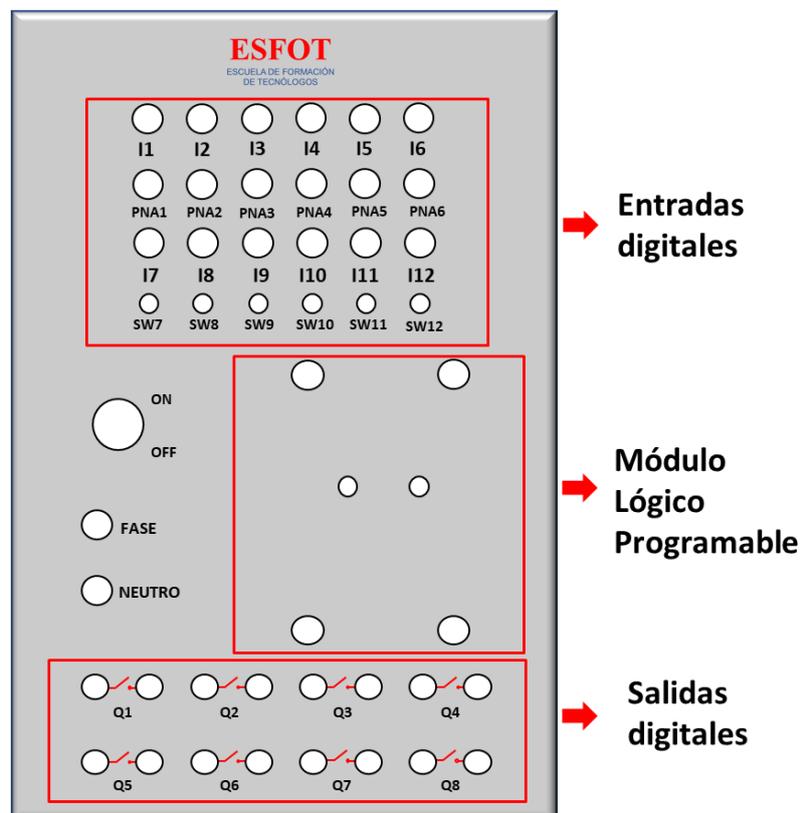
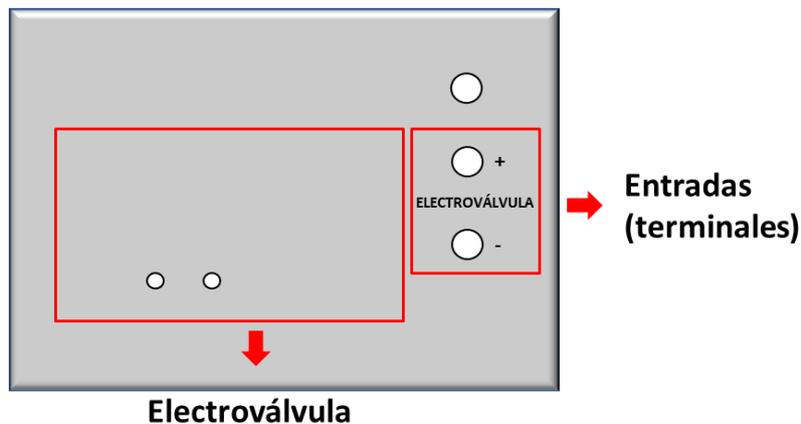


Figura 3.10 Diseño de las placas para los módulos LOGO 230 RCE y DM8 230R.

### Diseño de placas de las electroválvulas

Además, se realizó el diseño con las dimensiones de los adhesivos de las placas de aleación de aluminio para 6 electroválvulas 4V21008CG, estos dispositivos forman parte de la sección de control eléctrico en conjunto con las placas de los Módulos Lógicos Programables. En la Figura 3.11 se puede visualizar el diseño del adhesivo con toda su nomenclatura. Al igual que en el diseño de la placa del módulo LOGO, las dimensiones de los orificios en el adhesivo y en las placas son iguales. Se adjunta las dimensiones en el anexo 2 de planos y esquemas.



**Figura 3.11** Diseño de la placa de la electroválvula 4V21008CG [15].

### Diseño de la planta electroneumática

Las dimensiones del banco de entrenamiento neumático se encuentran diseñadas bajo los requerimientos básicos del laboratorio. La planta electroneumática posee una parte de control eléctrico (Módulos Lógicos Programables) y otra de control neumático (válvulas solenoides, cilindros neumáticos) [10].

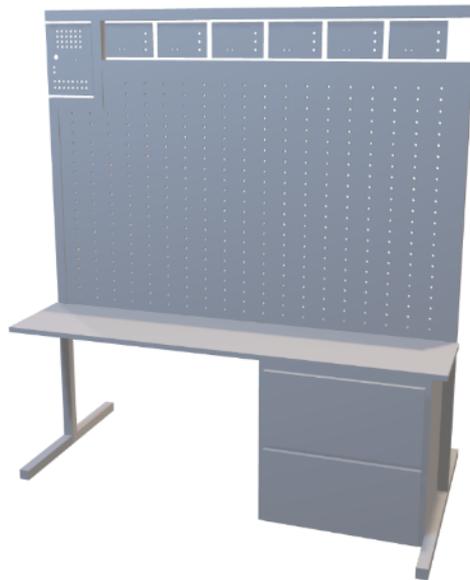
Para el diseño de la planta se empleó un sistema corredizo de las placas en donde los usuarios pueden colocar y retirar las placas del Módulo Lógico Programable y las electroválvulas de acuerdo con la exigencia de conexión de los algoritmos electroneumáticos.

Además, se empleó tubos cuadrangulares metálicos para la base de la estructura; ya que este material brinda versatilidad y un mejor soporte del peso de todos los dispositivos eléctricos y neumáticos que conforman la planta [9].

Para el panel neumático se realizó una adaptación en su diseño de acuerdo con los requerimientos que posee el laboratorio. El panel neumático está constituido por un sistema de acople y encaje entre el panel y los elementos neumáticos que se utilizan

continuamente para las prácticas de neumática. El material del panel neumático y del mueble se estableció con una base de madera de densidad media con las siguientes medidas: 1.50 (m) de ancho, 1.15 (m) de alto y 1.5 (cm) de profundidad.

Finalmente, se diseñó un mueble de 2 cajones con un amplio espacio y de fácil acceso a los usuarios que sirve para el almacenamiento de los dispositivos, materiales y accesorios neumáticos. Además, este mueble está acoplado con un tablero cuadrangular el cual sirve de soporte de los elementos eléctricos y neumáticos que sean necesarios para realizar las respectivas conexiones de los circuitos. En la Figura 3.12 se puede observar el diseño general de la planta electroneumática. Se adjuntan las dimensiones en el anexo 2 de planos y esquemas [10].



**Figura 3.12** Diseño de la planta electroneumática.

### 3.3 Objetivo específico 3

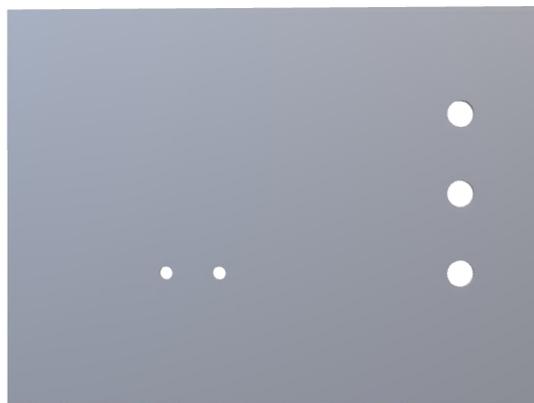
#### Construcción de placas de los módulos LOGO y electroválvulas

Para su construcción, se realizaron los cortes y los orificios en dos láminas de aleación de aluminio para la implementación de los Módulos Lógicos Programables y sus expansiones, de acuerdo con las medidas establecidas en el diseño como se observa en la Figura 3.13.



**Figura 3.13** Lámina de aleación de aluminio cortada y perforada.

Además, se realizaron los cortes y los orificios en la lámina de aleación de aluminio para seis electroválvulas conforme al diseño establecido en los planos. En la Figura 3.14 se observa la placa de las electroválvulas previamente a ser instalada con las electroválvulas y sus elementos.



**Figura 3.14** Placa de aluminio para las electroválvulas.

Luego se colocó una lámina adhesiva con su respectiva nomenclatura en cada una de las placas de los Módulos Lógicos Programables y las electroválvulas. Estas láminas sirven para la identificación de las entradas y salidas digitales, así como de sus componentes.

Posteriormente, se implementaron los Módulos Lógicos Programables LOGO 230 RCE, sus expansiones LOGO DM8 230R y los componentes eléctricos restantes (pulsadores, interruptores y borneras). Además, para el cableado de la parte posterior de la placa se utilizó cable flexible (AWG) # 16. En la Figura 3.15 se puede visualizar la instalación de los componentes en la placa de 29.6 (cm) de largo, 19 (cm) de ancho y 1.8 (mm) de espesor.



**Figura 3.15** Placa de los módulos LOGO 230 RCE y DM8 230R.

Luego, se realizó el mismo procedimiento para la implementación de las placas con las electroválvulas 4V21008CG, a través de la colocación de un adhesivo con la nomenclatura adecuada y la instalación de la electroválvula en la placa. En la Figura 3.16 se muestra la placa con todos sus elementos instalados.



**Figura 3.16** Placa de la electroválvula 4V21008CG.

### **Montaje de la planta electroneumática**

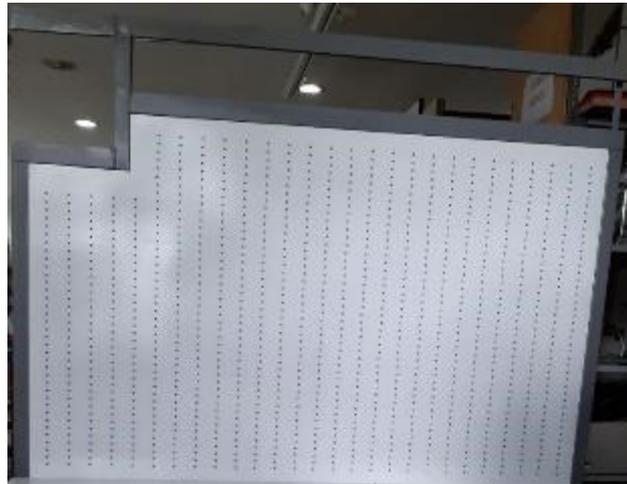
En la Figura 3.17 se puede observar el ensamble de las piezas de la estructura metálica de acuerdo con sus dimensiones establecidas en el diseño. La planta electroneumática fue construida con tubos metálicos cuadrangulares de 4 (cm) y 1.8 (mm) de espesor. Luego, se procedió con la unión y ensamble de sus piezas a través de soldadura GMAW (*Gas Metal Arc Welding*), esta soldadura posee algunas ventajas ya que requiere de una menor limpieza de las piezas y brinda la capacidad de soldar cualquier tipo de material de manera rápida y sencilla.



**Figura 3.17** Estructura metálica planta electroneumática.

En el panel neumático se realizaron los cortes obteniendo un tablero de 1.52 (m) de largo, 0.97 (m) de ancho y 1.5 (cm) de espesor. Además, se perforaron todos los orificios

de acuerdo con las dimensiones de los componentes utilizados en el laboratorio. Posteriormente, se colocó tubería de poliuretano de 6 (mm) en cada uno de los orificios para el acople entre los elementos neumáticos y el tablero. En la Figura 3.18 se puede observar el panel neumático con la tubería de poliuretano instalado en la estructura metálica.



**Figura 3.18** Tablero neumático.

Como se observa en la Figura 3.19, se construyó un mueble de madera con cajones para el almacenamiento de equipos y accesorios neumáticos para el complemento de la planta. El mueble tiene unas medidas de 0.60 (m) de alto, 0.38 (m) de ancho y 0.48 (m) de profundidad. Además, se colocó un tablero de madera unido con el mueble para el soporte y apoyo de los elementos cuando se realicen prácticas electroneumáticas.



**Figura 3.19** Mueble con cajones.

En la Figura 3.20 se puede observar la planta electroneumática totalmente terminada, acoplada e instalada en el laboratorio de Tecnología Industrial. Esta planta cuenta con dos placas con los módulos LOGO 230 RCE y DM8 230R, 6 electroválvulas

4V21008CG, 20 (m) de tubería de poliuretano de 6 (mm) y los accesorios adicionales necesarios (uniones T, codos). Con ello, los estudiantes realizarán prácticas de electroneumática y control industrial, además, posee la flexibilidad de trabajar con otras plantas didácticas del laboratorio.



**Figura 3.20** Planta electroneumática.

### 3.4 Pruebas y Análisis de Resultados

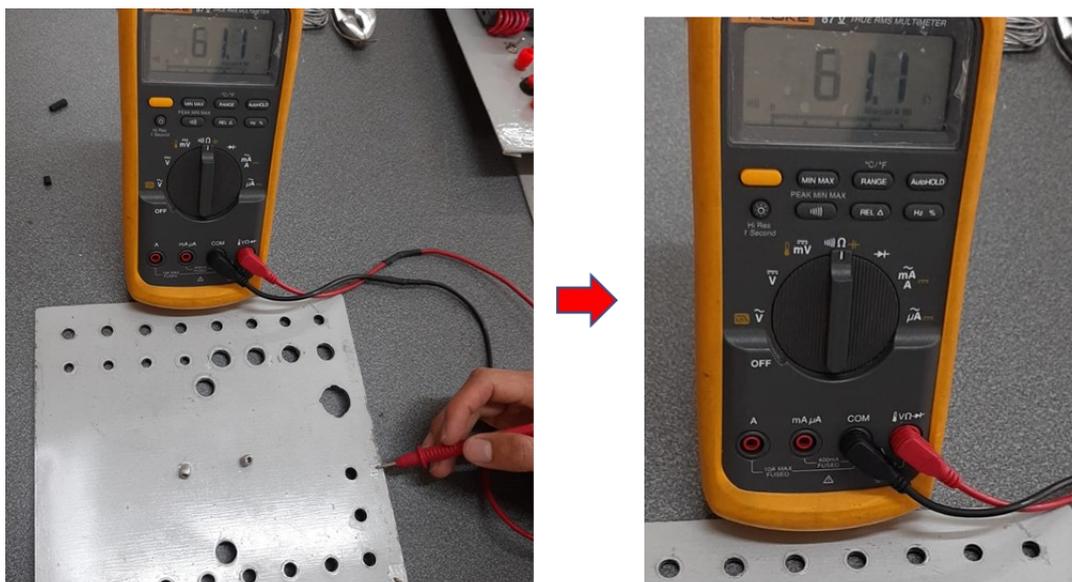
**Tabla 3.5** Pruebas de funcionamiento realizadas en la planta electroneumática.

Pruebas	Placas		Módulos LOGO y expansiones		Electroválvulas
	Módulos LOGO	Electroválvulas	Entradas digitales	Salidas digitales	Terminales (borneras)
Continuidad y cortocircuito	✓	✓	No aplica	No aplica	No aplica
Continuidad de las entradas y salidas digitales del módulo LOGO	No aplica	No aplica	✓	✓	✓
Conexión eléctrica y neumática	No aplica	No aplica	✓	✓	✓
Funcionamiento de las plantas didácticas	✓	✓	✓	✓	✓

#### Prueba de continuidad y cortocircuito

Es importante realizar esta prueba antes de armar las conexiones eléctricas ya que ello puede evitar un posible cortocircuito que provoque algún daño a los usuarios y/o a los dispositivos de la planta.

La prueba consiste en verificar a través de un multímetro la continuidad o resistencia que exista entre las placas de aleación de aluminio y los componentes eléctricos. Si existe continuidad representa que las placas y los elementos tienen resistencia eléctrica baja y están en cortocircuito. En la Figura 3.21 se puede observar el procedimiento realizado con el multímetro y las placas.



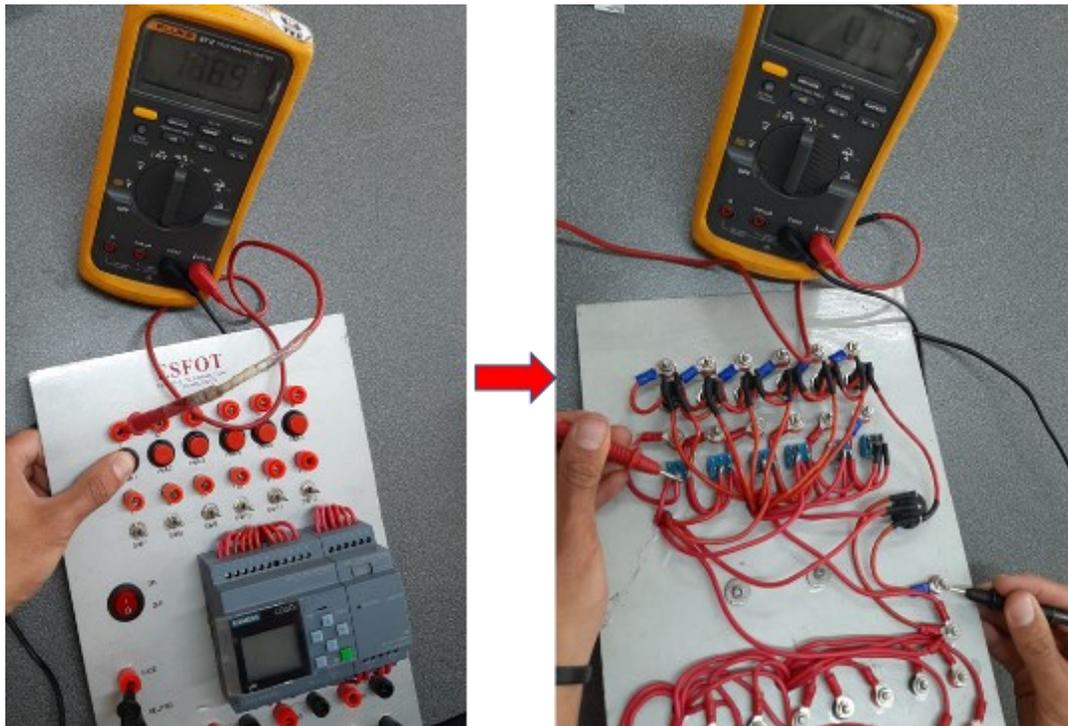
**Figura 3.21** Prueba de continuidad y cortocircuito.

Para corregir este problema se colocó un papel aislante en cada una de las caras tanto en la parte frontal como en la parte posterior de las placas. Con ello se evita posibles fallos por cortocircuitos cuando se realicen prácticas de control y electroneumática, precautelando la seguridad de los usuarios y los dispositivos.

### **Prueba de continuidad de las entradas y salidas digitales del módulo LOGO**

Esta prueba se realiza con el objetivo de determinar el correcto funcionamiento del cableado para el envío y recepción de señales eléctricas en los terminales (borneras), tanto en las entradas como en las salidas digitales de los Módulos Lógicos Programables LOGO 230 RCE y las expansiones LOGO DM8 230R.

La prueba consiste en verificar a través de un multímetro la continuidad en base a la resistencia eléctrica del cable entre las borneras de los módulos LOGO 230 RCE, las expansiones LOGO DM8 230R y todos los terminales de las placas. Para ello se coloca un terminal del multímetro en las borneras de cada entrada y salida digital de las placas y el segundo terminal en las borneras del módulo LOGO y su expansión. En la Figura 3.22 se puede observar la medición de resistencia del cableado de las placas del módulo LOGO y sus expansiones. Además, en las borneras de las entradas, el multímetro debe medir continuidad cuando se activen los pulsadores e interruptores.



**Figura 3.22** Prueba de continuidad de las entradas y salidas digitales.

Si se presenta algún caso en el cual el multímetro no muestre valores de resistencia entre los terminales de las placas, se debe revisar los puntos de conexión de los cables y/o la soldadura para corregirla posteriormente.

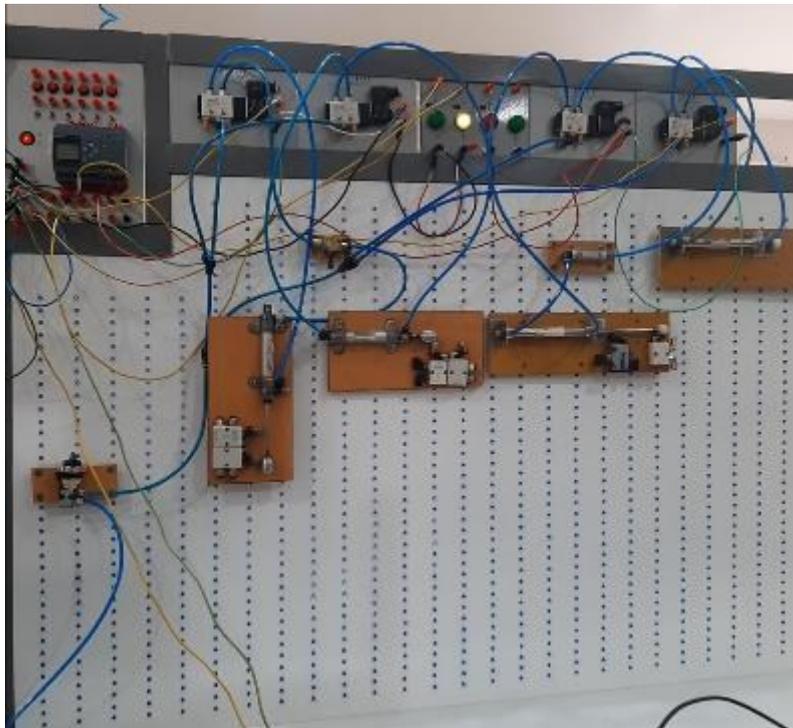
En esta prueba se verificó que 2 pulsadores, 2 interruptores y 10 borneras no funcionaban adecuadamente. Para ello se reemplazaron los elementos averiados por unos nuevos y se soldaron nuevamente.

### **Prueba de conexión eléctrica y neumática**

Por medio de esta prueba se verifica el funcionamiento de la sección de control en conjunto con la sección de neumática de todos los dispositivos que componen la planta electroneumática. En esta prueba se estableció la comunicación entre el LOGO 230 RCE y la computadora a través del programa LOGO *Soft Comfort* mediante el cable de ethernet.

Primero, se realizó un algoritmo de control de prueba en la cual se utilice todas las entradas y salidas digitales. Luego, se conectaron los cables eléctricos entre las entradas y salidas del módulo LOGO y las electroválvulas. Tercero, se conectaron las mangueras de poliuretano de 6 (mm) en las entradas y salidas de aire comprimido a una presión de 8 bares entre las electroválvulas y la unidad de mantenimiento (filtro, regulador, lubricador). Finalmente, se verificó el funcionamiento de las conexiones a

través de un control local y remoto de todas las entradas y salidas digitales. En la Figura 3.23 se visualiza el procedimiento realizado a través de los terminales del multímetro en las entradas y salidas digitales y través de los manómetros del compresor y la unidad de mantenimiento.



**Figura 3.23** Prueba eléctrica y neumática de los dispositivos de la planta.

En la prueba se verificó que la salida de una electroválvula no estaba procesando la señal eléctrica del módulo LOGO. Para corregir este fallo fue necesario realizar un pilotaje externo de la electroválvula y revisar continuidad de los cables de conexión por medio del multímetro. Se determinó que 2 cables eléctricos estaban averiados y se reemplazaron por unos nuevos inmediatamente.

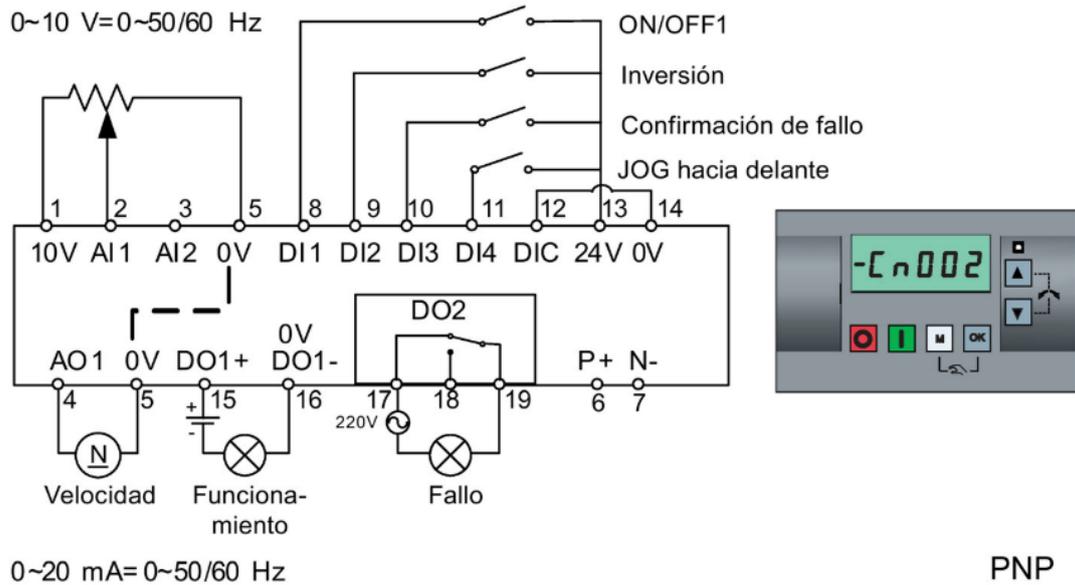
### **Pruebas de funcionamiento de las plantas didácticas**

Se realizaron pruebas para verificar el correcto funcionamiento de la planta electroneumática y los módulos Lógicos Programables en conjunto con las 3 plantas didácticas del sistema de la banda transportadora, del puente elevadizo y el control de nivel de agua. Para realizar estas pruebas se diseñaron los algoritmos de control de los preparatorios propuestos de las guías de prácticas del anexo 3.

#### **Puente elevadizo**

Se establecieron diferentes modos de funcionamiento de acuerdo con los criterios de aplicación del puente elevadizo con el objetivo de realizar un control de modo manual y

automático. En la Figura 3.24 se observa la configuración del variador de frecuencia modelo SINAMICS V20 y en la Tabla 3.6 se detalla los datos del motor trifásico de la planta junto con su código de programación. En la prueba del sistema del puente elevadizo de la Figura 3.25, se configuró el variador de frecuencia de acuerdo con los valores nominales del motor trifásico instalado para que se active el motor y realice la inversión de giro a una velocidad moderada.



**Figura 3.24** Programación para conexión externa del variador [17].



**Figura 3.25** Prueba de funcionamiento del puente elevadizo.

**Tabla 3.6** Parámetros de programación del variador con los datos del motor [17].

Código		Especificación	Datos del motor
Parámetro	Indicador		
P0100	2	Selección unidades de Potencia en (kW)	No aplica
P0304	220	Registro del voltaje	220 (V)
P0305	3.0	Registro de la Corriente	3 (A)
P0307	0.75	Registro de la Potencia	0.75 (kW)
P0310	60	Registro frecuencia nominal	60 (Hz)
P0700	2	Selección de mando (borneras del variador)	No aplica
P0701	1	Habilitación entrada DI1	No aplica
P0702	1	Habilitación entrada DI2	No aplica
P1000	2	Selección de frecuencia (por panel)	5 (Hz)
P1900	2	Selección identificación del motor	No aplica
Cn002	-	Control de terminales externa (PNP)	No aplica
AP030	-	Carga de todos los parámetros ingresados	No aplica
P1080	5	Selección frecuencia mínima	5 (Hz)
P1082	60	Selección frecuencia máxima	60 (Hz)

La velocidad de giro del motor se estableció en una frecuencia igual a 5 (Hz) a través de la botonera del variador con el código P1000 que se muestra en la Tabla 3.6, este valor se determinó después de realizar algunas pruebas previas en la cual se evaluó el torque, peso de los elementos y el tiempo en que el motor tarda en elevar y bajar el puente.

Además, se reemplazaron 2 finales de carrera eléctricos que no trabajaban adecuadamente, enviando la señal eléctrica de control cuando el motor giraba en sentido horario y antihorario para elevar y bajar el puente.

### **Control de nivel**

En esta planta se verificó el funcionamiento de un sistema de control de nivel de agua, a través del diseño de un algoritmo de control que gobierne la apertura y cierre de las electroválvulas hidráulicas para llenar y vaciar un tanque de trabajo y un tanque de reserva respectivamente.

En la Figura 3.26 se puede observar el funcionamiento de la planta controlada a través del Módulo Lógico Programable, en el cual, se utilizaron todas las salidas y las entradas

digitales del módulo LOGO 230 RCE y su expansión LOGO DM8 230R. Se creó un algoritmo de control de 2 modos de funcionamiento: modo manual y automático. Se colocaron cuatro luces piloto, 2 luces que indican el modo de funcionamiento y dos que indican si el nivel del tanque es bajo o alto, además, se implementó un motor trifásico, que simula una turbina instalada dentro del tanque de trabajo. Cada uno de los modos realiza el llenado y vaciado del tanque de trabajo y de reserva.

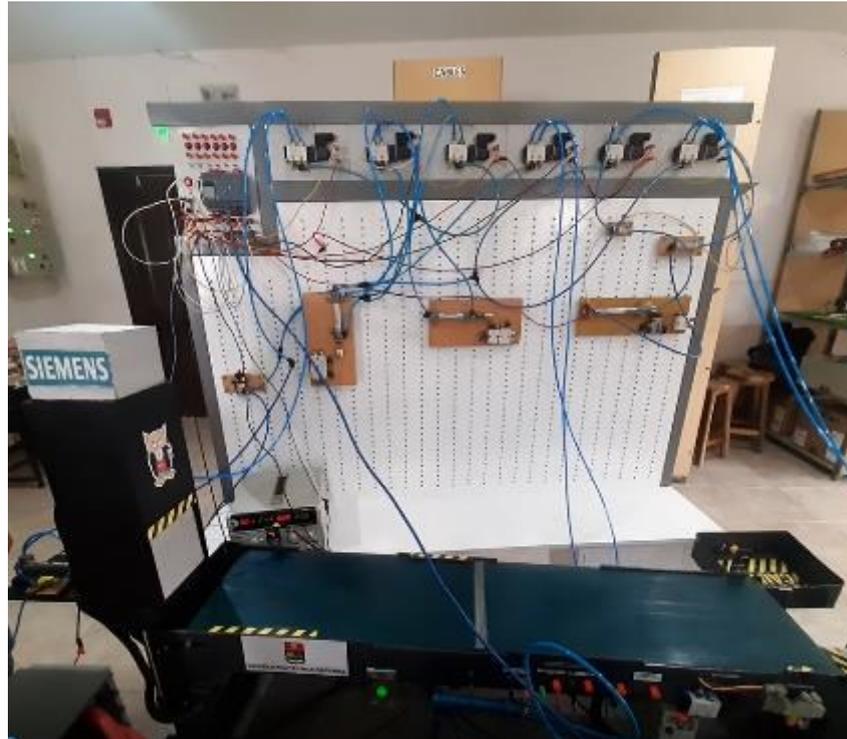


**Figura 3.26** Sistema de control de nivel de agua.

Las entradas analógicas que indican el nivel del tanque de esta planta fueron reemplazadas en el algoritmo de control por el mando de dos luces piloto que simulan el nivel del tanque (bajo y alto), esto se realizó debido a que todo el proceso está gobernado por señales digitales.

### **Banda transportadora**

Para el sistema de la banda transportadora se creó un algoritmo de control de dos modos de funcionamiento: modo manual y automático. Este algoritmo controla la banda para simular un proceso de empaclado y sellado de cajas. Como se observa en la Figura 3.27, se utilizaron seis cilindros de doble efecto, seis electroválvulas, una luz piloto, doce entradas y ocho salidas digitales, seis válvulas reguladoras, un selector neumático y un variador de frecuencia modelo VDF007L21A.



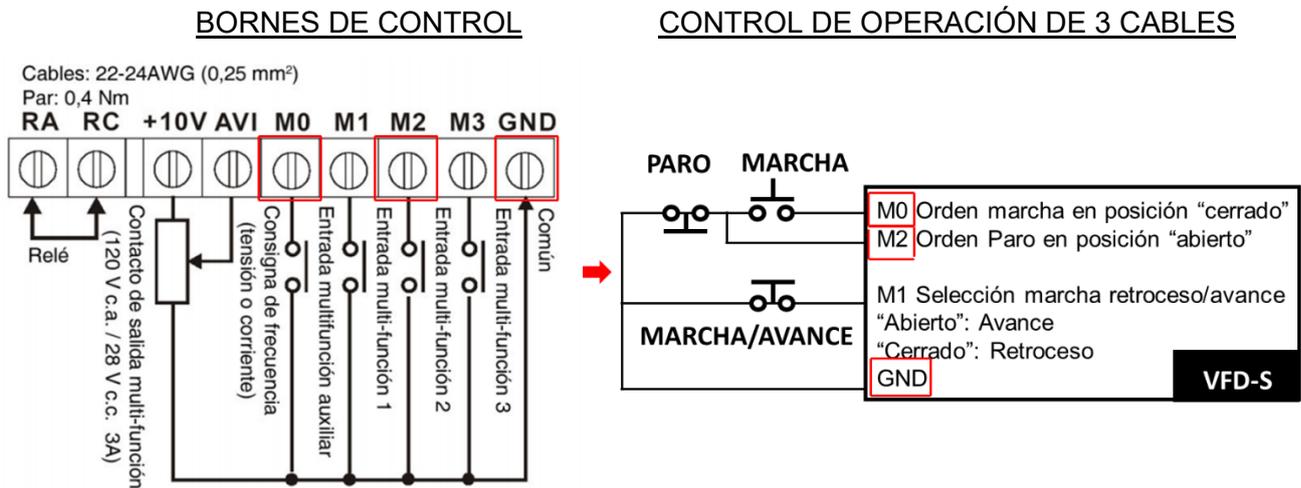
**Figura 3.27** Prueba de funcionamiento de la banda transportadora.

El variador de frecuencia permitió regular la frecuencia bajo los parámetros eléctricos del motor para que la banda transporte las cajas a una velocidad moderada. Los códigos del variador y características eléctricas del motor se muestran detallados en la Tabla 3.7:

**Tabla 3.7** Parámetros de programación del variador con los datos del motor [18].

Código		Especificación	Datos del motor
Parámetro	Indicador		
0-00	d 6	Código de identificación para motores AC	3.5 (HP)
1-00	d 60	Máxima frecuencia de salida	60 (Hz)
1-02	d 230	Máximo voltaje de salida	230 (V)
1-05	d 5	Mínima frecuencia de salida	5 (Hz)
2-00	d 0	Comando de la frecuencia (por panel)	15 (Hz)
2-01	d 1	Comando de operación (por panel)	No aplica
4-04	d 3	Habilitación operación de 3 cables	No aplica
4-05	d 6	Habilitación reinicio externo (M2)	No aplica
5-03	d 2	Ejecución continua de ciclos de programa	No aplica

Los códigos se establecieron en base a la utilización de las salidas digitales del variador, para ello se seleccionó el sistema de comando por tres cables como se muestra en la Figura 3.28, en donde la conexión de los pulsadores normalmente abiertos y cerrados en M0 y M2 controlan la activación y desactivación del motor de la banda de acuerdo con la programación del algoritmo de control.



**Figura 3.28** Control de 3 cables para las salidas digitales del variador [18].

Se configuró la presión del sistema de la planta a un valor aproximado de 8 bares. Cada una de las etapas programadas del proceso industrial requieren un movimiento moderado de los actuadores, por este motivo las válvulas reguladoras se modificaron con el objetivo de obtener un avance y retorno pausado de los cilindros de doble efecto.

Adicionalmente, en la planta de la banda transportadora se colocó una luz piloto en los terminales de expansión, esta luz sirve para indicar el estado de funcionamiento del proceso industrial.

### 3.5 Elaboración de hojas guías

Las siguientes guías de prácticas ayudarán a los estudiantes a un mejor desarrollo teórico práctico de los temas estudiados en electroneumática y control industrial. Para ello se plantearon cinco guías de prácticas; dos guías de prácticas electroneumáticas para el desarrollo de secuencias con cilindros de doble efecto y aplicación de sistemas electroneumáticos. También se planteó 3 guías prácticas para las plantas didácticas disponibles en el laboratorio de los siguientes sistemas: banda transportadora, control de nivel y puente elevadizo.

Se adjunta las hojas guías de prácticas electroneumáticas en el anexo 3.

### 3.6 Manual de Uso y Mantenimiento

En el manual de usuario de la planta electroneumática se identifica las principales características de los dispositivos que conforman el sistema electroneumático con el fin de comprobar el correcto y óptimo funcionamiento de la planta. Además, se agrega las acciones necesarias a tomar en cuenta para su respectivo mantenimiento.

Finalmente, se crearon videos demostrativos de la implementación de las guías de prácticas en donde se detallan los componentes utilizados y el funcionamiento de cada una de las plantas didácticas del laboratorio. A continuación, se adjunta los códigos QR de los videos demostrativos del funcionamiento de las diferentes plantas.

Video 1:



**Figura 3.29** QR de la planta electroneumática práctica 1.

Video 2:



**Figura 3.30** QR de la planta electroneumática práctica 2.

Video 3:



**Figura 3.31** QR de planta didáctica banda transportadora.

Video 4:



**Figura 3.32** QR de planta didáctica puente elevadizo.

Video 5:



**Figura 3.33** QR de planta didáctica control de nivel.

Video 6:



**Figura 3.34** QR de manual de mantenimiento de la planta.

## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- El proyecto de titulación cumple con el principal objetivo, el cual consiste en la construcción de una planta electroneumática y expansión de dos Módulos Lógicos Programables 230 RCE, mediante dos expansiones LOGO DM8 230R de entradas y salidas digitales conforme a la normativa de los sistemas electroneumáticos.
- Se modificó el diseño de dos placas para incrementar entradas y salidas digitales, se diseñó la placa para que se deslice dentro del riel que tiene la estructura de la planta electroneumática, la placa del módulo también se puede ubicar en las estructuras que tiene el Laboratorio de Tecnología Industrial ya que tiene las mismas dimensiones ancho que la placa original.
- Para evitar que se produzca problemas de cortocircuito en las placas se colocó un adhesivo en la parte trasera de la placa, en donde se ubican todas las conexiones de las entradas y salidas del módulo y su expansión, se comprobó las conexiones y las pruebas de conectividad entre las electroválvulas y los cilindros neumáticos mediante algoritmos de control con la ayuda del programa LOGO *Soft Comfort*.
- Para la planta de nivel se utilizó luces piloto para reemplazar los sensores de nivel por el motivo que el módulo y la expansión solo tiene entradas y salidas digitales y realizando la programación se puede observar cómo funciona el estado del nivel alto y bajo con la luz piloto.
- Se realizó la programación de dos variadores de frecuencias, en primer lugar, para la planta del puente elevadizo para que el motor gire en sentido horario y antihorario mediante pulsos externos comandados por las entradas digitales (pulsadores) del módulo LOGO, en segundo lugar, para la banda transportadora para que el motor avance en sentido horario, mediante pulsos externos (pulsadores).
- La ampliación de las salidas y entradas digitales de los Módulos Lógicos Programables LOGO 230 RCE, permiten a los usuarios la implementación de procesos industriales más complejos y extensos, a través del control de un mayor número de actuadores en el campo de los sistemas electroneumáticos.
- El montaje de los módulos de expansión se realizó de acuerdo con el manual de usuario SIEMENS. La interconexión de estos dispositivos se establece mediante

la conexión eléctrica desde la línea monofásica hasta el Módulo Lógico Programable y el módulo de expansión, sin necesidad de una activación mediante una computadora.

- El diseño y construcción de las placas de los Módulos Lógicos Programables LOGO 230 RCE y sus expansiones LOGO DM8 230R cumplen con los objetivos específicos, las cuales se adaptan a los requerimientos básicos de uso y seguridad en el laboratorio, así como los criterios de ergonomía.
- Las electroválvulas pueden activarse por un control local y remoto mediante la activación de las señales digitales provenientes del módulo LOGO 230 RCE.
- La planta electroneumática permite la carga de diferentes algoritmos de control con lo cual se puede cumplir con varios ciclos de funcionamiento sin que exista una caída de presión considerable (15%). Esto permite un mejor desarrollo de las prácticas de neumática y control industrial.
- La alimentación de las electroválvulas no necesita el uso de fuentes de voltaje o el acondicionamiento de señales externas para su funcionamiento.
- La planta electroneumática posee la flexibilidad para conectarse con las diferentes plantas didácticas del laboratorio y los requerimientos de su aplicación dependerá del proceso a estudiar.
- La planta electroneumática permite el estudio e implementación de diferentes sistemas electroneumáticos enfocados en la automatización de procesos industriales con el objetivo de reforzar los conocimientos teóricos prácticos de los estudiantes de Tecnología Electromecánica.

## 4.2 Recomendaciones

- Al realizar la compra de los elementos para la planta se debe verificar en el catálogo su voltaje, corriente, serie del dispositivo y compatibilidad para realizar la conexión con los dispositivos del Laboratorio Tecnología Industrial.
- Revisar si tiene continuidad los cables que se utiliza en el proceso de conexión con la planta y con las diferentes plantas a utilizar del laboratorio de control industrial.
- Es necesario regular la velocidad del aire comprimido que va a circular por el circuito neumático a las electroválvulas y a los cilindros neumáticos, tener precaución al momento de la conexión de las mangueras neumáticas ya que si estas se colocan de una forma errónea pueden generar latigazos y causar daño al estudiante.
- Para realizar las prácticas que se adjunta como hojas guías para los estudiantes, antes de iniciar la conexión se debe realizar la comprobación, de cables que tengan continuidad, mangueras que no tengas daños, orificios, revisar las electroválvulas, y cualquier otro elemento a utilizar como luces pilotos.
- Revisar las características técnicas de los equipos y los diagramas de conexión en el manual de usuario antes de realizar cualquier tipo de conexión para evitar posibles fallos de los equipos y preservar la integridad de los usuarios.
- Si se cambian o se realizan nuevos algoritmos de control con relación a los propuestos en este proyecto, revisar que los parámetros de alimentación de voltaje y conexión de los demás equipos sean los adecuados de acuerdo con sus características eléctricas y neumáticas.
- Respetar los valores máximos admisibles de conexión de las variables del sistema eléctrico, ya que esto puede evitar posibles sobrecargas y cortocircuitos en el sistema de la planta electroneumática.
- Revisar continuamente la luz piloto o luz indicadora de encendido de las electroválvulas, ya que éstas son activadas mediante un circuito integrado interno que posee una alta sensibilidad.
- Revisar el correcto estado de los accesorios y elementos tales como racores, codos, conectores, mangueras, entre otros para un mejor desempeño y durabilidad de la planta electroneumática.
- Calibrar la unidad de mantenimiento a la presión nominal para que los equipos del sistema neumático y los cilindros de doble efecto no realicen movimientos bruscos que provoquen daños a los operadores y/o a los dispositivos.

- La planta electroneumática puede conectarse con otras plantas didácticas, por ello, se recomienda realizar un manual de usuario de los convertidores o variadores de frecuencia modelo VFD-L y el modelo SINAMICS V20 con los parámetros básicos de programación para la utilización de entradas/salidas digitales y analógicas.
- Si se realiza futuras expansiones del sistema eléctrico o neumático, tomar en cuenta el espacio a utilizar y los parámetros electroneumáticos que la planta exige de acuerdo con sus características técnicas.

## 5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Z. R. Vargas Cordero, "LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER LAS REALIDADES CON EVIDENCIA CIENTÍFICA," 1st ed., San Pedro: Educación, 2009, pp. 155–165.
- [2] K. M. Fabara López, "Diseño de un laboratorio de mandos neumáticos para la facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional," Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2017.
- [3] G. R. Pilataxi Alulema and C. M. Chimarro Galarza, "Diseño e implementación de dos módulos educacionales basados en dispositivos de maniobra y relé programable (LOGO)," Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2019.
- [4] A. G. Cárdenas Anchatipán and S. F. Suárez López, "Diseño y construcción de un módulo de entrenamiento electroneumático para el laboratorio de automatización industrial de procesos mecánicos (LAIPM)," Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2018.
- [5] "Logo: simplemente distinto, simplemente genial." Quito, 2010, [Online]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9273>.
- [6] G. M. Guzmán Toro and S. A. Villavicencio Garzón, "Diseño y construcción de un panel didáctico multifuncional electro neumático utilizando elementos de última generación y desarrollo de una guía para prácticas de capacitación para la empresa Ecuainsetec," Escuela Politécnica Nacional, 2010.
- [7] F. Ebel, S. Idler, G. Prede, and D. Scholz, "Neumática y Electroneumática, Fundamentos," in *FESTO*, Denkendorf, 2010.
- [8] FESTO DIDACTIC, "Introducción a la Técnica de Mando." <https://es.slideshare.net/lorepcruz7/neumatica-tecnicas-de-mando>.
- [9] FESTO 2013, "Tecnología para formación y ciencias La gama actual de productos de Festo Didactic," 2013. [Online]. Available: [https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/didactic\\_katalog\\_2013\\_es\\_small.pdf](https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/didactic_katalog_2013_es_small.pdf).
- [10] W. A. Pérez Albuja, "Módulo didáctico de electroneumática para el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica de La Universidad Técnica del Norte," Universidad Técnica del Norte, 2017.
- [11] D. X. Bonilla Panimboza and C. P. Noriega Flores, "Diseño, construcción e

implementación de un banco didáctico electroneumático para laboratorio de neumática de la Escuela de Ingeniería Mecánica.,” ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, 2014.

- [12] P. Hannifin, “Parker Training Tecnología Neumática e Hidráulica a su Alcance,” *Tecnología Neumática e Hidráulica a su Alcance*. [https://www.parker.com/literature/Brazil/1003\\_5\\_br\\_e.pdf](https://www.parker.com/literature/Brazil/1003_5_br_e.pdf) (accessed Jan. 01, 2021).
- [13] C. A. Caticuago Farinango and S. M. Perugachi Urresti, “Construcción de un módulo didáctico para aplicaciones de control industrial con un relé programable.,” Escuela Politécnica Nacional, 2019.
- [14] SIEMENS, “LOGO! DM8 230R expansion module,” 2020.
- [15] AIRTAC, “Válvula Solenoide Series 4V200,” 2020.
- [16] AirTAC, “AirTAC-Productos,” 2021.
- [17] SIEMENS, “SINAMICS V20 Instrucciones de servicio,” pp. 72–224, 2021.
- [18] Mantenimiento reparaciones y operaciones del sur mroSUR, “Convertidor frecuencia Serie VFD-L,” 2021. <https://mrosur.jimdofree.com/productos/convertidor-frecuencia/>.

## **ANEXOS**

## **ANEXO 1: CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO**



# ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

Campus Politécnico "J. Rubén Orellana R

Quito, 12 de febrero de 2021

## CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE PROYECTO DE TITULACIÓN

Yo, *Abraham Ismael Loja Romero*, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como director de este trabajo de titulación, certifico que he constatado el correcto funcionamiento de la planta electroneumática para el Laboratorio de Tecnología Industrial y expansión de módulos lógicos programables, los cuales fueron implementados por los estudiantes Kevin Carrillo y Boris Barros.

El proyecto cumple con los requerimientos de diseño y parámetros necesarios para que los usuarios de la ESFOT puedan usar las instalaciones con seguridad para los equipos y las personas.

---

**DIRECTOR**

Ing. Abraham Ismael Loja Romero, Msc.

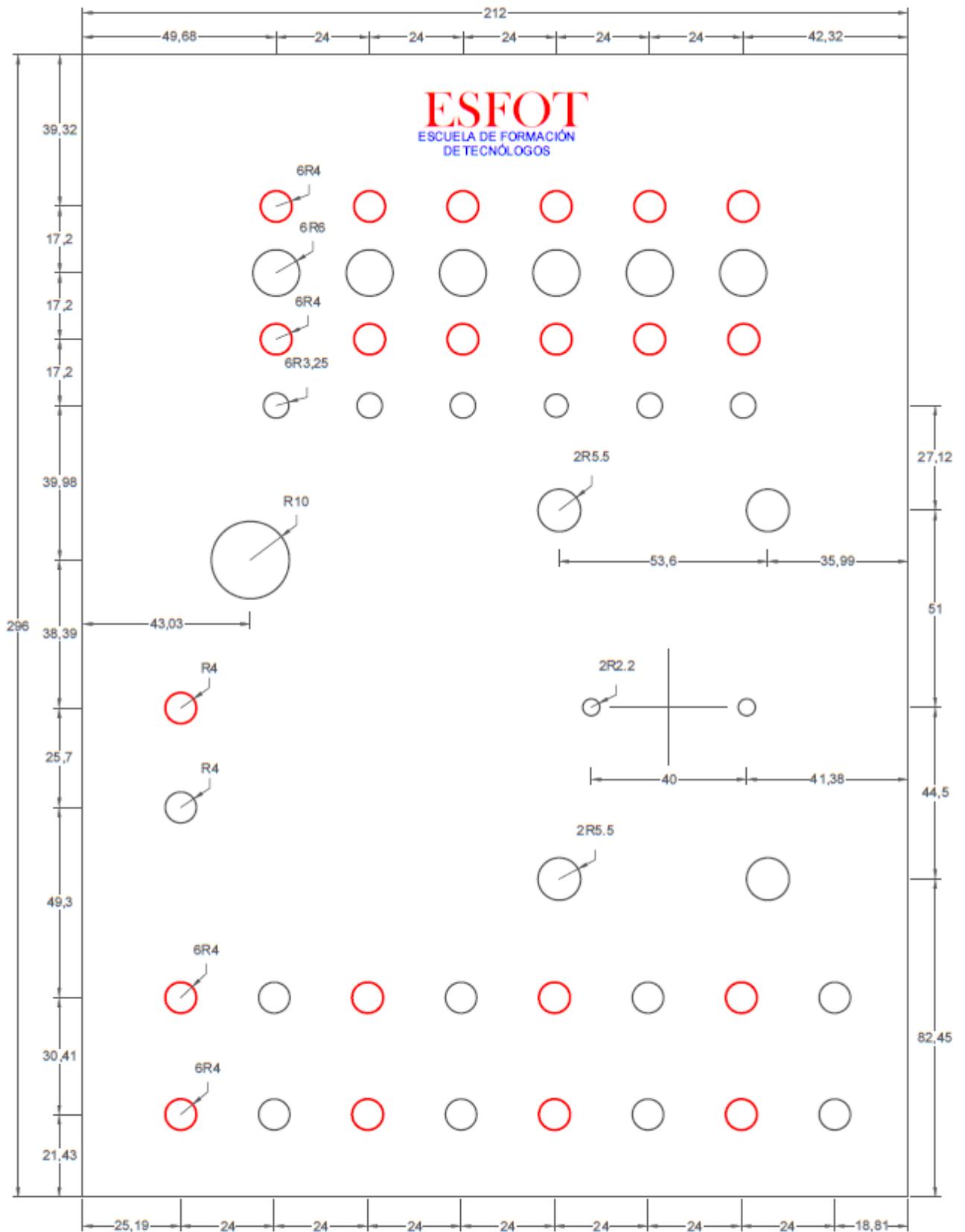
---

Ladrón de Guevara E11-253, Escuela de Formación de Tecnólogos, Oficina 3. EXT: 2726

email: [abraham.loja@epn.edu.ec](mailto:abraham.loja@epn.edu.ec)

Quito-Ecuador

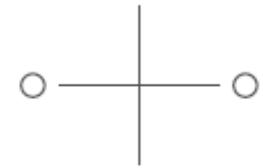
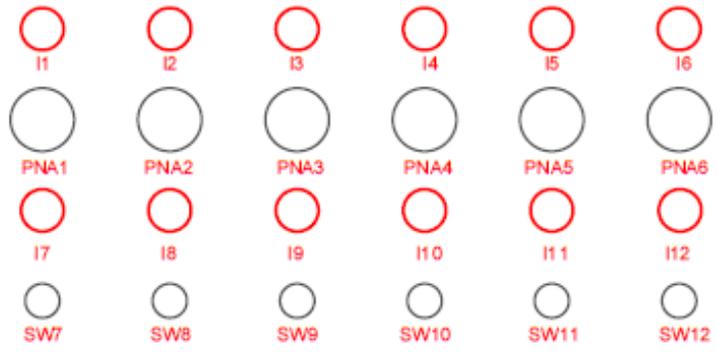
## **ANEXO 2: PLANOS Y ESQUEMAS**



	<b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> <b>ESCUELA FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS</b>		ESCALA 1:1
	PLANO DE LA PLACA DIDÁCTICA DEL MÓDULO		FECHA 01/05/2021
	DIB DIS REV	BORIS BARROS, KEVIN CARRILLO BORIS BARROS, KEVIN CARRILLO ING. ABRAHAM LOJA	

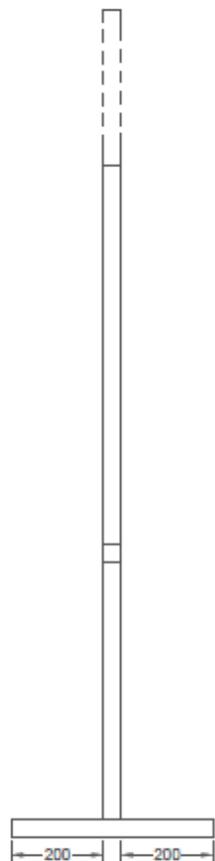
# ESFOT

ESCUELA DE FORMACIÓN  
DE TECNÓLOGOS

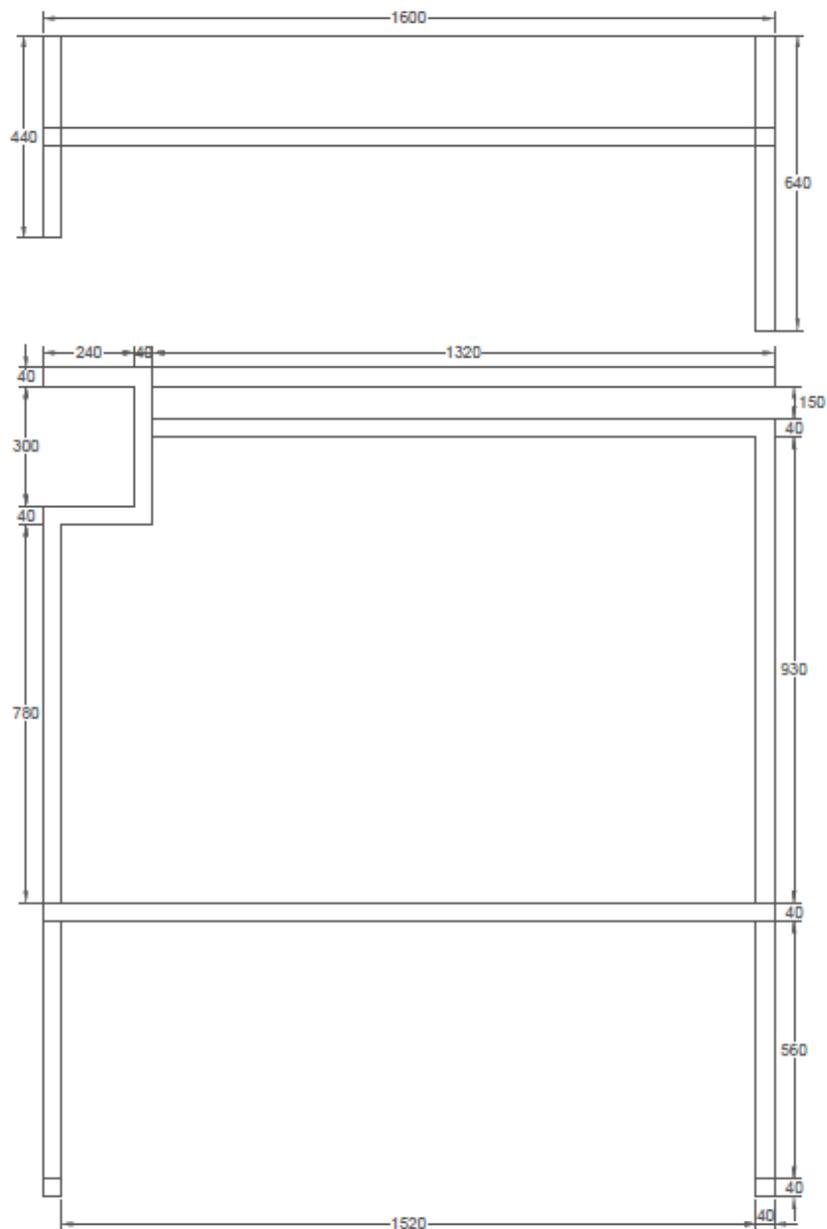


	<b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> <b>ESCUELA FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS</b>		ESCALA 1:1
	ADHESIVO DE LA PLACA DEL MÓDULO		FECHA 01/05/2021
	DIB DIS REV	BORIS BARROS, KEVIN CARRILLO BORIS BARROS, KEVIN CARRILLO ING. ABRAHAM LOJA	

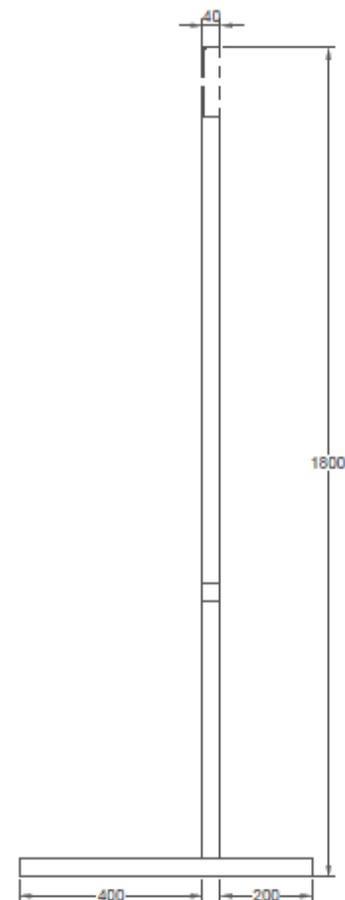
VLI



VS



VLD



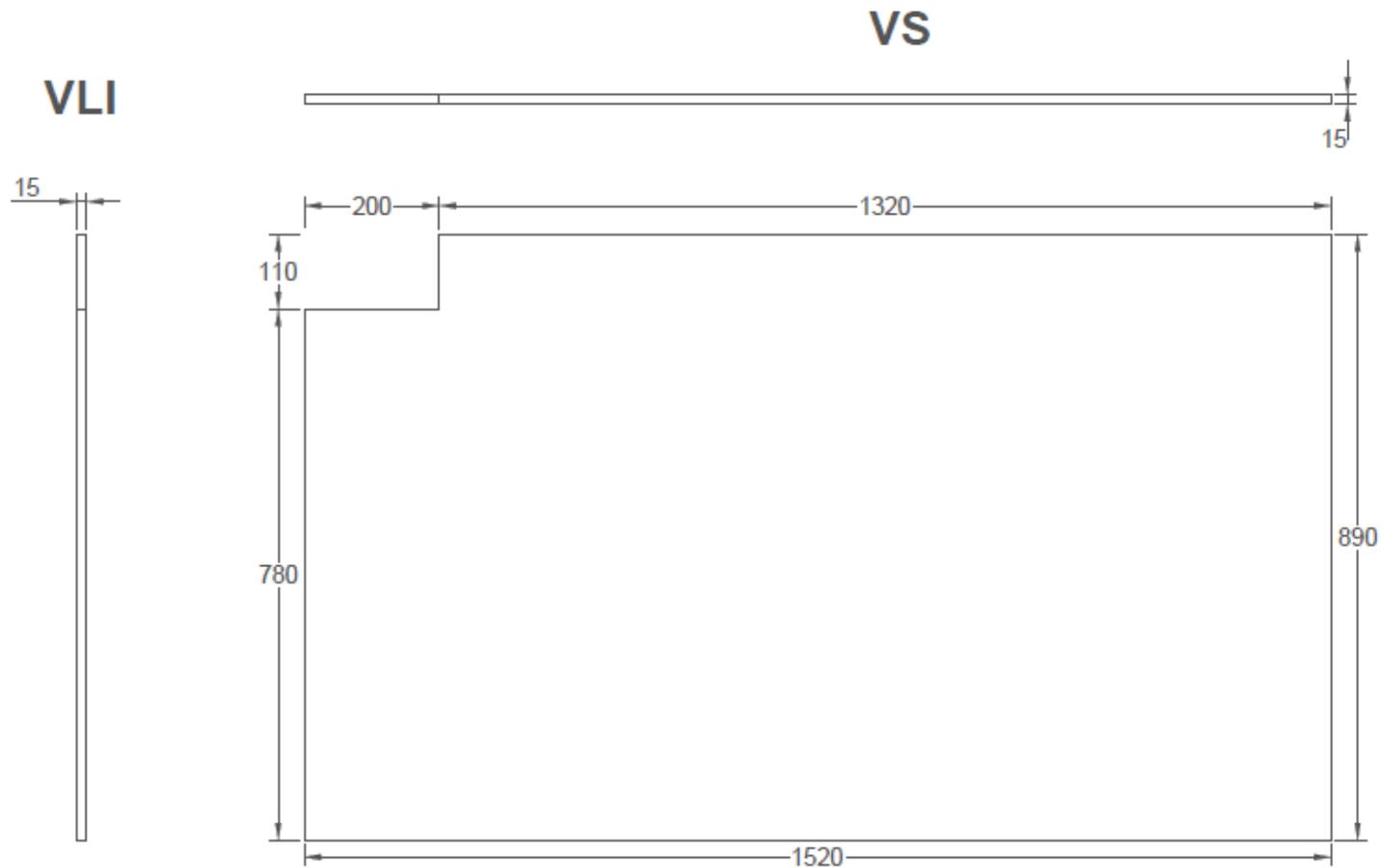
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
ESCUELA FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

PLANO DE LA PLANTA  
ELECTRONEUMÁTICA

DIB	BORIS BARROS, KEVIN CARRILLO
DIS	BORIS BARROS, KEVIN CARRILLO
REV	ING. ABRAHAM LOJA

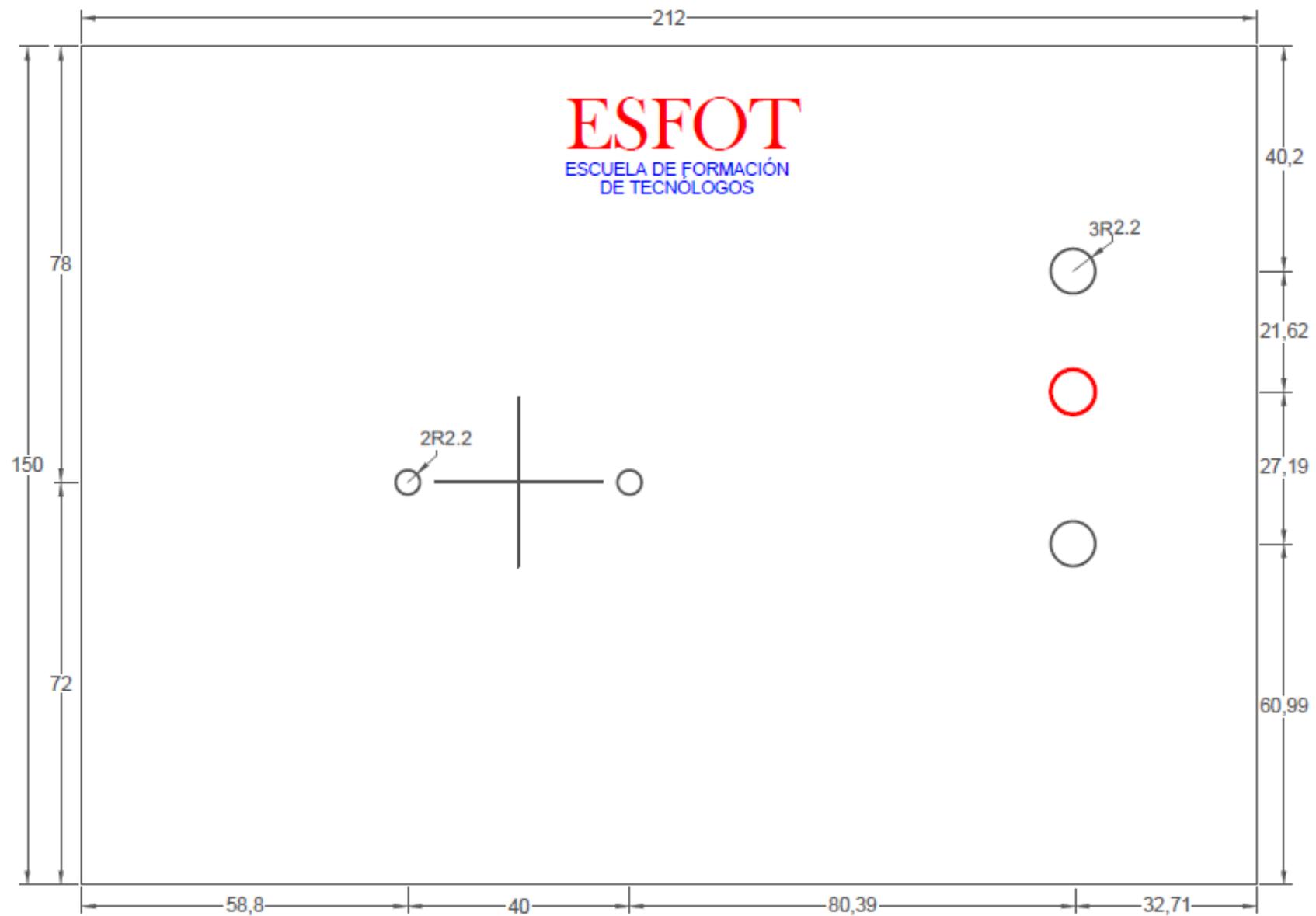
ESCALA  
1:1

FECHA  
01/05/2021



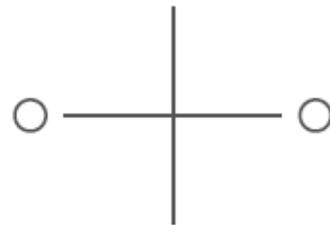
	<b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> <b>ESCUELA FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS</b>		ESCALA 1:1	
	PLANO DEL TABLERO DE LA PLANTA ELECTRONEUMÁTICA	DIB	BORIS BARROS, KEVIN CARRILLO	FECHA 01/05/2021
		DIS	BORIS BARROS, KEVIN CARRILLO	
REV	ING. ABRAHAM LOJA			





	<b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> <b>ESCUELA FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS</b>		ESCALA 1:1
	PLANO DE LA PLACA DIDÁCTICA DE LAS ELECTROVÁVULAS		FECHA 01/05/2021
	DIB DIS REV	BORIS BARROS, KEVIN CARRILLO BORIS BARROS, KEVIN CARRILLO ING. ABRAHAM LOJA	

**ESFOT**  
ESCUELA DE FORMACIÓN  
DE TECNÓLOGOS



ELECTROVÁVULA



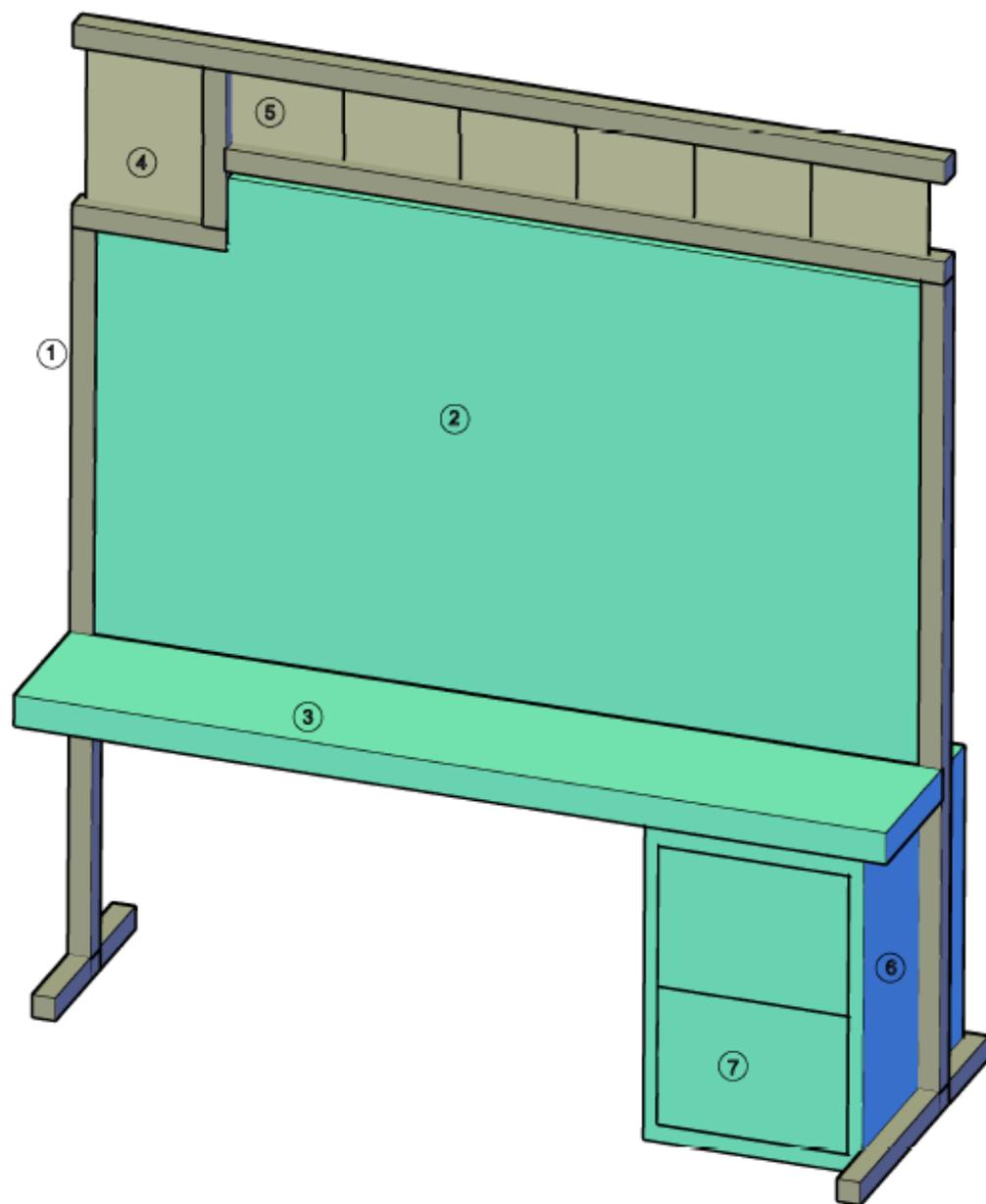
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
ESCUELA FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

ESCALA  
1:1

ADHESIVO DE LA PLACA  
DE LAS ELECTROVÁVULAS

DIB	BORIS BARROS, KEVIN CARRILLO
DIS	BORIS BARROS, KEVIN CARRILLO
REV	ING. ABRAHAM LOJA

FECHA  
01/05/2021



ELEMENTOS DE LA PLANTA ELECTRONEUMÁTICA			
DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	QTY mm	CANTIDAD
1	ESTRUCTURA METALICA	1600x1800	1
2	PLANEL NEUMÁTICO DE MADERA	1320x1520	1
3	PANEL DE MESA DE TRABAJO	1600x30	1
4	PLACA DIDÁCTICA MÓDULO LOGO	212x296	1
5	PLACA DIDÁCTICA ELECTROVÁVULA	212x150	6
6	ESTRUCTURA MADERA DE CAJONES	380x500	1
7	CAJONES DE ALMACENAMIENTO	350x470	2

	<b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> <b>ESCUELA FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS</b>		ESCALA 1:1	
	PLANO DE LA ESTRUCTURA DE LA PLATA ELECTRONEUMÁTICA	DIB	BORIS BARROS, KEVIN CARRILLO	FECHA 01/05/2021
		DIS	BORIS BARROS, KEVIN CARRILLO	
	REV	ING. ABRAHAM LOJA		

## **ANEXO 3: GUÍAS DE PRÁCTICAS**

## **Práctica 1: Secuencias neumáticas con cilindros de doble efecto**

### **1. INTRODUCCIÓN:**

#### **MÓDULO LOGICO PROGRAMABLE**

Es un dispositivo electrónico que permite realizar operaciones sencillas de automatización en la industria. Se distingue por su fácil manejo y una gran funcionalidad debido a la capacidad de su memoria. Posee módulos periféricos digitales que permiten conectar actuadores de potencia en los circuitos de control manejados por los ciclos de trabajo, temporizadores, contadores programados.

#### **ELECTROVÁLVULAS**

Las electroválvulas son dispositivos que se encargan de gobernar el movimiento de los actuadores y sus circuitos pueden controlarse mediante: configuración de contactores, PLCs entre otros.

#### **CILINDROS NEUMÁTICOS**

Los cilindros neumáticos son elementos que transforman la neumática del aire comprimido en energía mecánica. Los cilindros son cerrados con un pistón en el interior que desliza su movimiento al exterior mediante un vástago.

#### **OBJETIVO GENERAL**

- Implementar diferentes circuitos electroneumáticos para comandar cilindros de doble efecto mediante el LOGO 8.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Reforzar el aprendizaje de programación de controladores industriales.
- Familiarizar al estudiante con los elementos electroneumáticos disponibles en el laboratorio de Tecnología Industrial.
- Incrementar las capacidades de los estudiantes en el diseño e implementación de circuitos electroneumáticos mediante el programa LOGO *Soft Comfort* 8.1.

#### **MATERIALES**

- Módulo de trabajo con elementos electromecánicos
- Cables de conexión
- Multímetro

## TRABAJO PREPARATORIO

### Ejercicio 1:

Utilizando el LOGO *Soft Comfort* desarrollar un algoritmo de control en lenguaje LADDER que permita comandar la activación de dos cilindros neumáticos de doble efecto según las siguientes condiciones:

- Los cilindros A y B deben cumplir con la secuencia **(AB)+ (AB) -**
- Se dispone de una entrada de marcha I1 y un paro de emergencia I2.
- Al pulsar I1 por primera vez los cilindros avanzan.
- Al pulsar I1 por segunda vez los cilindros retornan.
- Al pulsar I1 por tercera vez se activa un tiempo de seguridad de 5 segundos y no permite activar los cilindros neumáticos.
- Al pulsar I1 por cuarta vez se repite el ciclo.

### Ejercicio 2:

Utilizando el LOGO *Soft Comfort* desarrollar un algoritmo de control en lenguaje LADDER que permita comandar la activación de dos cilindros neumáticos de doble efecto según las siguientes condiciones:

- Los cilindros A y B deben cumplir con la secuencia **A+ B+ B- A-**
- Se dispone de dos entradas, I1 de marcha y un pulsador I2 de paro de emergencia.
- Se dispone de entradas adicionales I3, I4, I5, I6 para ingresar una clave de seguridad.
- Al presionar I4, I5, I3 y al activar el pulsador de marcha I1, se activan los cilindros neumáticos durante dos ciclos de funcionamiento automáticamente (en cualquier otra secuencia los cilindros no se activan).
- I6 se presiona dos veces para ingresar nuevamente la clave de seguridad e iniciar un ciclo nuevo, si no ha sido presionado dos veces no se puede ingresar la clave de seguridad.
- Al cumplir dos ciclos de funcionamiento se encenderá automáticamente una luz, la cual indicará que I6 debe ser presionado dos veces para reingresar la clave y cumpla con dos ciclos más, al presionarse I6 dos veces la luz se apaga.

Nota: Presentar los algoritmos de control, los circuitos de fuerza, los diagramas de entradas y salidas utilizadas en los algoritmos de control diseñados en el *Logo Soft Comfort*.

**EN LA HOJA DE DATOS:** Colocar el diagrama de entradas y salidas del LOGO, los circuitos de fuerza.

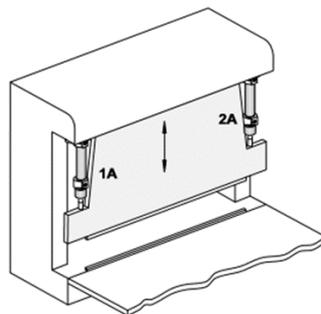
### DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES Y PROCEDIMIENTO DE LA PRÁCTICA

- a) Instrucciones generales del profesor acerca de la práctica a realizarse.
- b) Arme el circuito electroneumático necesario para la realización de la práctica.
- c) Cargue los programas en el módulo lógico programable.
- d) Pruebe los programas realizados en el trabajo preparatorio

### INFORME

Diseñar el circuito electroneumático de control para una soldadora de láminas termoplásticas. Dos cilindros de doble efecto (1A) y (2A) presionan juntos dos barras calentadas eléctricamente, para soldar por calor a dos laminas termoplásticas. La presión de los dos cilindros debe ser de  $p=4$  bar. Mediante el accionamiento de un pulsador I1, los dos cilindros de doble efecto avanzan de manera paralela, la velocidad de avance debe ser regulada al 20% y su retorno debe ser rápido. El retorno de los cilindros se debe iniciar automáticamente después de transcurridos 10 (s) o también en cualquier instante si se acciona un pulsador I2.

Se dispone de un pulsador de paro de emergencia P0 que detiene la secuencia en cualquier instante.



- Presentar un informe con el formato establecido por el instructor del laboratorio, se debe incluir un análisis de resultados obtenidos en la práctica.
- Implementar una tabla de las entradas y salidas que se utilizó en el Módulo LOGO.
- Realizar y presentar simulaciones del circuito de potencia y control que pruebe su funcionamiento.
- Conclusiones y recomendaciones individuales.
- Bibliografía.

## **Práctica 2: Aplicaciones Secuencias electroneumáticas**

### **INTRODUCCIÓN:**

#### **SISTEMAS ELECTRONEUMÁTICOS**

En sistemas electroneumáticos, los actuadores son de tipo neumático, pero el mando, la regulación y automatización es eléctrica. Pueden ser operados a largas distancias y funcionan de forma instantánea. Los dispositivos utilizados en estos sistemas se denominan electroválvulas, las cuales se encargan de gobernar el movimiento de los actuadores. Los circuitos de un sistema electroneumático pueden controlarse mediante: configuración de contactores, PLCs entre otros.

Los sistemas electroneumáticos son implementados en algunos procesos industriales, desde los más sencillos hasta algunos de mayor complejidad.

#### **OBJETIVOS GENERALES**

- Implementar diferentes circuitos electroneumáticos para comandar cilindros de doble efecto mediante el LOGO 8.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Reforzar el aprendizaje de programación de controladores industriales.
- Familiarizar al estudiante con los elementos electroneumáticos disponibles en el laboratorio de Tecnología Industrial.
- Capacitar a los estudiantes en el diseño e implementación de circuitos electroneumáticos mediante el programa LOGO *Soft Comfort*.
- Implementar diferentes circuitos electroneumáticos para un cilindro de doble efecto.

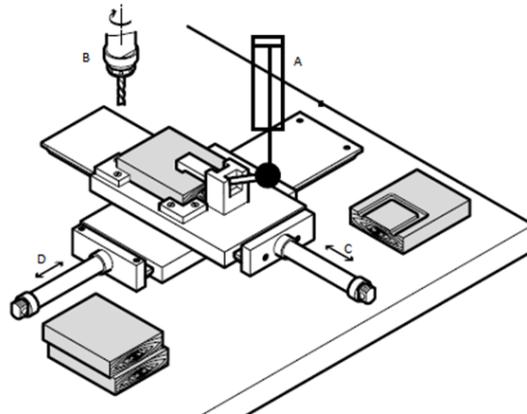
#### **MATERIALES**

- Módulo de trabajo con elementos electromecánicos
- Cables de varios tipos.
- Multímetro

#### **TRABAJO PREPARATORIO: Máquina fresadora de ranuras.**

La tarea consiste en fresar ranuras en forma de U en tablas. La sujeción de la tabla la realizará un cilindro A y el avance de la fresa lo realizará un cilindro B. El avance a lo largo de las ranuras longitudinales está a cargo de un cilindro de doble efecto C. El

avance a lo largo de las ranuras transversales está a cargo de un cilindro de doble efecto D.



Desarrollar un algoritmo de control Utilizando el LOGO *Soft Comfort* en lenguaje LADDER que permita comandar la activación de los cilindros neumáticos de doble efecto según las siguientes condiciones de la máquina:

La máquina tiene 3 modos de funcionamiento: manual, automático y OFF (paro).

- Un pulsador I6 permite realizar un paro de emergencia que detiene el funcionamiento de la fresadora en cualquier instante y reinicia todo el sistema.

#### **Modo automático:**

- Un pulsador de marcha I1 permite activar la secuencia especificada.
- Al presionar I1 pasa un tiempo de 5 (s) de seguridad, avanza el cilindro A y sujeta a la pieza durante 3 (s).
- Luego el cilindro C avanza y coloca en la posición adecuada para realizar la perforación durante 3 segundos.
- El cilindro B avanza y perfora la pieza durante 10 (s).
- Después de ese tiempo el cilindro B retorna y descansa 3 (s).
- El cilindro C retorna y lleva la pieza a la posición inicial y descansa durante 3 (s).
- Luego el cilindro A retorna, suelta la pieza de madera y descansa durante 3 (s).
- El cilindro D avanza y empuja la pieza hacia un depósito donde se almacenan las piezas como producto final.
- Finalmente, pasan 3 (s) y el cilindro D retorna inmediatamente.
- La máquina realiza dos ciclos de funcionamiento.
- Utilizar temporizadores de cualquier tipo ON/OFF Delay.

### Modo manual:

- Los cilindros son comandados por un pulsador, uno para el avance y otro para el retorno para cada uno de los cilindros.
- Los pulsadores se activan solo si cumple con la secuencia especificada: **A+ C+ B+ B- C- A- D+ D-**, caso contrario los cilindros no se activan.
- Los cilindros se activan en el orden de la secuencia mediante las direcciones de los pulsadores que se especifican en la tabla.

ELEMENTO	ENTRADAS	SALIDAS	DESCRIPCIÓN
	AVANCE/RETORNO		
Cilindro A	I1	Q1	Avance y retorno (A+ A-)
Cilindro B	I2	Q2	Avance y retorno (B+ B-)
Cilindro C	I3	Q3	Avance y retorno (C+ C-)
Cilindro D	I4	Q4	Avance y retorno (D+ D-)

Nota: presentar el algoritmo de control, el circuito de fuerza, los diagramas de entradas y salidas utilizadas en el algoritmo de control diseñado en el LOGO *Soft Comfort*.

**EN LA HOJA DE DATOS:** Colocar el diagrama de entradas y salidas del LOGO, el circuito de fuerza.

### DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES Y PROCEDIMIENTO DE LA PRÁCTICA

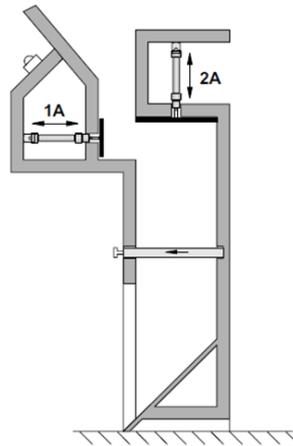
- a) Instrucciones generales del profesor acerca de la práctica a realizarse.
- b) Arme el circuito electroneumático necesario para la realización de la práctica.
- c) Cargue los programas en el relé lógico programable.
- d) Pruebe los programas realizados en el trabajo preparatorio

### INFORME

#### Compactador de basura

Un compactador neumático de basura (ilustración 1) trabaja con una presión  $P=3$  bares. Cuenta con un cilindro pre compactador (1A), así como un cilindro compactador principal (2A). Cuando se presiona un botón de arranque, inicia el avance del cilindro pre compactador, una vez alcanzada su posición final, avanza el cilindro compactador principal. El retorno de los dos cilindros de doble efecto es simultánea y automática. La secuencia deberá repetirse durante 20 (s), una vez terminado este tiempo, se detiene la

secuencia y un tercer cilindro de simple efecto (3A) abrirá una compuerta para que salga el cubo de basura compactada.



Realizar:

- El avance de los dos cilindros debe ser lento y el retorno debe ser rápido.
- El botón de inicio debe ser mediante un pulsador P1.
- Debe poseer un pulsador de emergencia P0, que al accionarlo retorne los cilindros a su posición inicial.
- La secuencia debe ser automática y debe cumplir dos ciclos de funcionamiento.
- Presentar un informe con el formato establecido por el instructor del laboratorio, se debe incluir un análisis de resultados obtenidos en la práctica.
- Implementar una tabla de las entradas y salidas que se utilizó en el Módulo LOGO.
- Realizar y presentar simulaciones de circuito de potencia y control de LOGO *Comfort* y pruebe su funcionamiento.
- Conclusiones y recomendaciones individuales.
- Bibliografía

### **Practica 3: Sistema de control de nivel**

#### **INTRODUCCIÓN**

Un control de nivel de caudal permite entender de manera específica sobre un sistema real, el funcionamiento de control de nivel y de caudal en procesos industriales.

El prototipo de esta planta está formado por dos tanques acoplados, que tienen como finalidad el tener un sistema primario y secundario; y un módulo digital encargado de controlar el sistema de la planta para cumplir con los requisitos establecidos.

#### **OBJETIVO GENERAL**

- Implementar circuitos electromecánicos para el control de nivel y de caudal, usando un módulo lógico programable (LOGO).

#### **OBJETIVO ESPECIFICO**

- Familiarizar al estudiante con el manejo de contactos, electroválvulas y bombas centrífugas.
- Ampliar las habilidades y el conocimiento del estudiante en el armado de circuitos de control y fuerza.
- Reforzar el aprendizaje de programación de esquema de contactos y controladores lógicos programables.

#### **MATERIAL**

- Módulo Lógico Programable, elementos eléctricos de la planta de nivel y caudal
- Cables de conexión
- Multímetro
- Equipo de protección: Mandil Azul, Guantes de Nitrilo, Gafas industriales (lentes de aumento también cuenta)

#### **TRABAJO PREPARATORIO**

Diseñar un circuito de fuerza para activar una bomba de agua y 4 electroválvulas que realicen un control de nivel de agua. Programar el siguiente circuito de control en lenguaje LADDER con las siguientes especificaciones:

##### **Modo off:**

- Se dispone de un pulsador I12 detiene el proceso y reinicia los modos (paro de emergencia).

### **Manual:**

- Se utiliza el pulsador I10 activa el modo manual, I8 paro.
- Se dispone de una luz intermitente que estará activada hasta seleccionar algún modo.
- Se dispone de dos sensores S1 y S2 (Luz piloto).
- Se dispone de un pulsador I1 que activa los sensores S1 y S2 para la selección del nivel ALTO/BAJO.
- Si se presiona I1 por primera vez se activa el sensor S1 que indica que el nivel de tanque está bajo.
- Si se presiona I1 por segunda vez se activa el sensor S2 que indica que el nivel de tanque está lleno.
- Se dispone de un pulsador I2 que activa la bomba y la electroválvula para el llenado, siempre y cuando se haya pulsado I1 por primera vez
- Se dispone de un pulsador I3 que activa el motor que simula una turbina dentro del tanque de trabajo, y desactiva la bomba y la electroválvula, el motor tiene un tiempo de seguridad de apagado de 3 (s).
- Si se pulsa I2, se activa la bomba y la electroválvula de vaciado, siempre y cuando se haya pulsado I1 por segunda vez.
- Se dispone de un pulsador I8, detiene el proceso.

### **Automático:**

- Se utiliza el pulsador I9 activa el modo automático, I8 paro.
- Se dispone de un pulsador I4 que activa S1 (nivel bajo) y activa la bomba y la electroválvula de llenado, una vez que el tanque este lleno se activa la turbina y después 5 (s) se apaga, después de 5 (s) se activa S2 (nivel alto) y activa la bomba y la electroválvula de vaciado.
- El sistema deberá cumplir dos ciclos de funcionamiento y luego apagarse.
- Se dispone de un pulsador I8 detiene el proceso.

### **DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES Y PROCEDIMIENTO DE LA PRÁCTICA**

- Instrucciones generales del profesor acerca de la práctica a realizar.
- Armar el circuito de potencia y de control de la práctica.
- Cargar los algoritmos en el módulo lógico programable.
- Pruebe el programa realizado en el trabajo preparatorio.

## INFORME

- Presentar un informe con el formato establecido por el instructor del laboratorio, se debe incluir un análisis de resultados obtenidos en la práctica.
- Implementar una tabla de las entradas y salidas que se utilizó en el Módulo LOGO.
- Realizar y presentar simulaciones de circuito de potencia y control de LOGO *Soft Comfort* y pruebe su funcionamiento.
- Conclusiones y recomendaciones individuales.
- Bibliografía.

## **Practica 4: Sistema de control de un puente elevadizo**

### **INTRODUCCIÓN**

En la presente práctica se presenta un sistema el control de apertura y cierre de un puente elevadizo, mediante un motor controlado por el módulo lógico programable. Al recibir una señal de apertura, el puente debe subir y quedar en una posición establecida hasta que, nuevamente reciba una orden de cierre.

### **OBJETIVO GENERAL**

- Implementar circuitos electromecánicos para el control de un puente elevadizo usando un módulo lógico programable (LOGO).

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Familiarizar al estudiante con el manejo de contactos, motor.
- Ampliar las habilidades y el conocimiento del estudiante en el armado de circuitos de control y fuerza.
- Reforzar el aprendizaje de programación de esquema de contactos y controladores industriales.

### **MATERIAL**

- Módulo Lógico Programable y la planta de control del puente elevadizo.
- Cables de conexión.
- Multímetro
- Equipo de protección: Mandil Azul, Guantes de Nitrilo, Gafas industriales (lentes de aumento también cuenta).

### **TRABAJO PREPARATORIO**

Nota: Revisar la programación del variador de frecuencia utilizado en el laboratorio para poder realizar un control desde los bornes (PNP/NPN). La alimentación del variador debe de ser 24VDC.

Programar el siguiente circuito de control en lenguaje LADDER que realice un control para un puente elevadizo. Se dispone de tres modos de funcionamiento: Manual, Automático y OFF (paro de emergencia).

- Se dispone de un pulsador I12 detiene el proceso en cualquier instante y reinicia los modos.

**Manual:**

- Se utiliza el pulsador I1 que activa el modo manual, I8 paro.
- Se dispone de un pulsador I3 que activa sensor S1 (Detecta proximidad para levantar el puente)
- Se dispone de un pulsador I4, activa el motor en sentido horario y sube el puente.
- Se dispone de un pulsador I5, activa el fin de carrera eléctrico una vez que el puente subió en su totalidad.
- Un pulsador I6 activa el motor en sentido antihorario y baja el puente.
- Se dispone de un pulsador I7 activa el fin de carrera eléctrico una vez que el puente bajo en su totalidad.
- Se dispone de un pulsador I8 detiene el proceso en cualquier instante y reinicia la secuencia.

**Automático:**

- Se utiliza el pulsador I2 activa el modo automático, I8 paro.
- Al presionar I9 se activa el sensor S1 (Detecta proximidad para activar puente), después de 1.5 (s) activa el motor en sentido horario y sube el puente, se activa el fin de carrera eléctrico una vez que el puente subió en su totalidad, después de 1.5 (s) se activa el motor en sentido antihorario y baja el puente y activa el fin de carrera eléctrico una vez que el puente bajo en su totalidad.
- El sistema deberá cumplir tres ciclos de funcionamiento y luego apagarse.
- Se dispone de un pulsador I8 detiene el proceso en cualquier instante y reinicia la secuencia.

**DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES Y PROCEDIMIENTO DE LA PRÁCTICA**

- Instrucciones generales del profesor acerca de la práctica a realizar.
- Armar el circuito de potencia y de control para la realización de la práctica.
- Cargar los algoritmos en el módulo lógico programable.
- Pruebe los programas realizados en el trabajo preparatorio.

**INFORME**

Presentar un informe con el formato establecido por el instructor del laboratorio, se debe incluir un análisis de resultados obtenidos en la práctica. Diseñar un circuito de control para comandar tres lámparas H1, H2, H3, H4, según las siguientes condiciones:

- H1 se debe encender cuando se presiona P1 y se mantiene activo si se mantiene presionado, por lo tanto, se apaga H1 y solo se enciende nuevamente si se encendió H2.
- H2 se debe encender cuando se presiona P2 y se mantiene activo si se mantiene presionado, por lo tanto, se apaga H2 y solo se enciende nuevamente si se encendió H3.
- H3 se debe encender cuando se presiona P1 y se mantiene activo si se mantiene presionado, por lo tanto, se apaga H3 y solo se enciende nuevamente si se encendió H1 Y H2.
- H4 se debe encender cuando se haya presionado P1, P2, P3 y P4 y se mantiene activo si se, hasta que se presione P0 y reinicie el sistema.
- Implementar una tabla de las entradas y salidas que se utilizó en el Módulo LOGO.
- Realizar y presentar simulaciones de circuito de potencia y control de LOGO Confort y pruebe su funcionamiento.
- Conclusiones y recomendaciones individuales.
- Bibliografía.

## **Practica 5: Sistema de control de una banda transportadora**

### **INTRODUCCIÓN**

En la presente práctica se implementa un sistema de control que sea capaz de comandar una banda transportadora que desplaza ciertos objetos, al final de la banda los objetos pasan a una rampa deslizante que conecta a una base, en donde, mediante un pistón lo eleva a la altura de la banda; y con la ayuda de otro pistón lo mueve hacia otro proceso. Los pistones tienen accionamiento electroneumático que son comandados por las salidas digitales de los módulos lógicos programables.

### **OBJETIVO GENERAL**

- Implementar circuitos de control y potencia para el manejo de una banda transportadora de objetos, usando un módulo lógico programable (LOGO)

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Familiarizar al estudiante con el manejo de contactos, electroválvulas, motor, cilindros neumáticos, y utilización del compresor.
- Ampliar las habilidades y el conocimiento del estudiante en el armado de un circuito de control y de fuerza.
- Reforzar el aprendizaje de programación de esquema de contactos y controladores industriales.

### **MATERIALES**

- Módulo de trabajo con elementos electroneumáticos, planta Banda transportadora.
- Cables de conexión
- Multímetro
- Equipo de protección: Mandil Azul, Guantes, Gafas industriales

### **TRABAJO PREPARATORIO**

Diseñar el circuito de potencia y de control para activar un motor que accionará una banda transportadora de productos. La planta tiene tres modos de funcionamiento con las siguientes condiciones:

### **Modo Manual:**

- El pulsador I1 detiene el proceso en cualquier instante y reinicia la secuencia.
- I2 activa el primer cilindro de doble efecto el cual empuja las cajas hacia la banda.
- I3 activa el segundo cilindro de doble efecto el cual abre una compuerta que deja caer el producto.
- I4 activa un motor trifásico durante 2 (s) para transportar el producto hasta el siguiente paso del proceso.
- I5 activa el tercer cilindro de doble efecto el cual coloca un sello en la caja, luego el motor trifásico se activa durante 5 (s) y transporta la caja hasta el final de la banda en donde cae en un depósito.
- I6 activa el cuarto cilindro de doble efecto el cual sube la caja por medio de una rampa y coloca una etiqueta en la caja con el producto a través del quinto cilindro de doble efecto.
- I7 activa el sexto cilindro de doble efecto el cual empuja la caja hacia un depósito para ser despachado.

### **Modo Automático:**

- I8 se activa la secuencia del proceso, pasan 5 (s) de seguridad y el primer cilindro se activa y empuja la caja hacia la banda, el cilindro retorna y el segundo cilindro neumático abre una compuerta que deja caer el producto. Luego, se enciende el motor durante 3 (s) hasta el paso del sellado. Al llegar la caja, el tercer cilindro coloca un sello en la caja y el motor trifásico se activa durante 5 (s) llevando la caja hasta el final de la banda en donde cae en un depósito. El cuarto cilindro se activa y sube la caja a través de una rampa y a través del quinto cilindro, coloca una etiqueta en la caja con el producto.
- Por último, se activa el sexto cilindro de doble efecto el cual empuja la caja hacia un depósito para ser despachado. Pasan 5 (s) de seguridad y comienza un nuevo ciclo.
- Al cumplir los 2 ciclos se puede volver a presionar I8.
- Se dispone de un pulsador I9 el cual detiene el proceso en cualquier instante y reinicia la secuencia.

### **Modo OFF:**

- Paro de emergencia de todo el sistema I12, detiene el proceso en cualquier instante, y permite cambiar los modos de funcionamiento.

## **DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES Y PROCEDIMIENTO DE LA PRÁCTICA**

- Instrucciones generales del profesor acerca de la práctica a realizar.
- Arme el circuito de control y potencia para la realización de la práctica.
- Cargar los algoritmos en el módulo lógico programable.
- Pruebe con manos pilotos el accionamiento y paro de todos los elementos electromecánicos de la planta.
- Pruebe el programa realizado en el trabajo preparatorio.

## **INFORME**

Presentar un informe con el formato establecido por el instructor del laboratorio, se debe incluir un análisis de resultados obtenidos en la práctica.

Diseñar un circuito de control para comandar dos motores M1 y M2 que cumplan las siguientes condiciones de funcionamiento.

Se dispone de tres botones principales modo1, modo2 y off para seleccionar el modo de funcionamiento, además de tres pulsadores auxiliares. P0, P1, P2.

### **Modo1**

- Para la activación se presiona P1- P2 y se activa el motor 1 durante 3 (s) En sentido horario, 3 (s) se apaga, y 3 (s) después cambia a sentido antihorario.
- Para la activación se presiona P2-P1 y se activa el motor 1 durante 3 (s). En sentido horario, 3 (s) se apaga, y 3 (s) después cambia a sentido antihorario.
- Se presiona P0 y se reinicia todo y se debe presionar obligatoriamente para ingresar otra secuencia.

### **Modo2**

- Se presiona por primera vez P1, se activa Motor 1 en sentido horario durante 10 (s) y si se deja de presionar se desactiva el motor1.
- Se presiona por segunda vez P1, se activa el Motor 2 en sentido antihorario durante 10 (s) y si se deja de presionar se desactiva el motor2.
- Se presiona por tercera vez P1, se activa el Motor 1 en sentido horario y el motor 2 en sentido antihorario y si se deja de presionar se desactivan los dos motores.
- Si se presiona por cuarta vez P1 se reinicia el sistema.

## **Modo OFF**

Detiene todo el sistema en cualquier momento y se reinicia todo, y permite escoger cualquier modo. Implementar una tabla de las entradas y salidas que se utilizó en el Módulo LOGO.

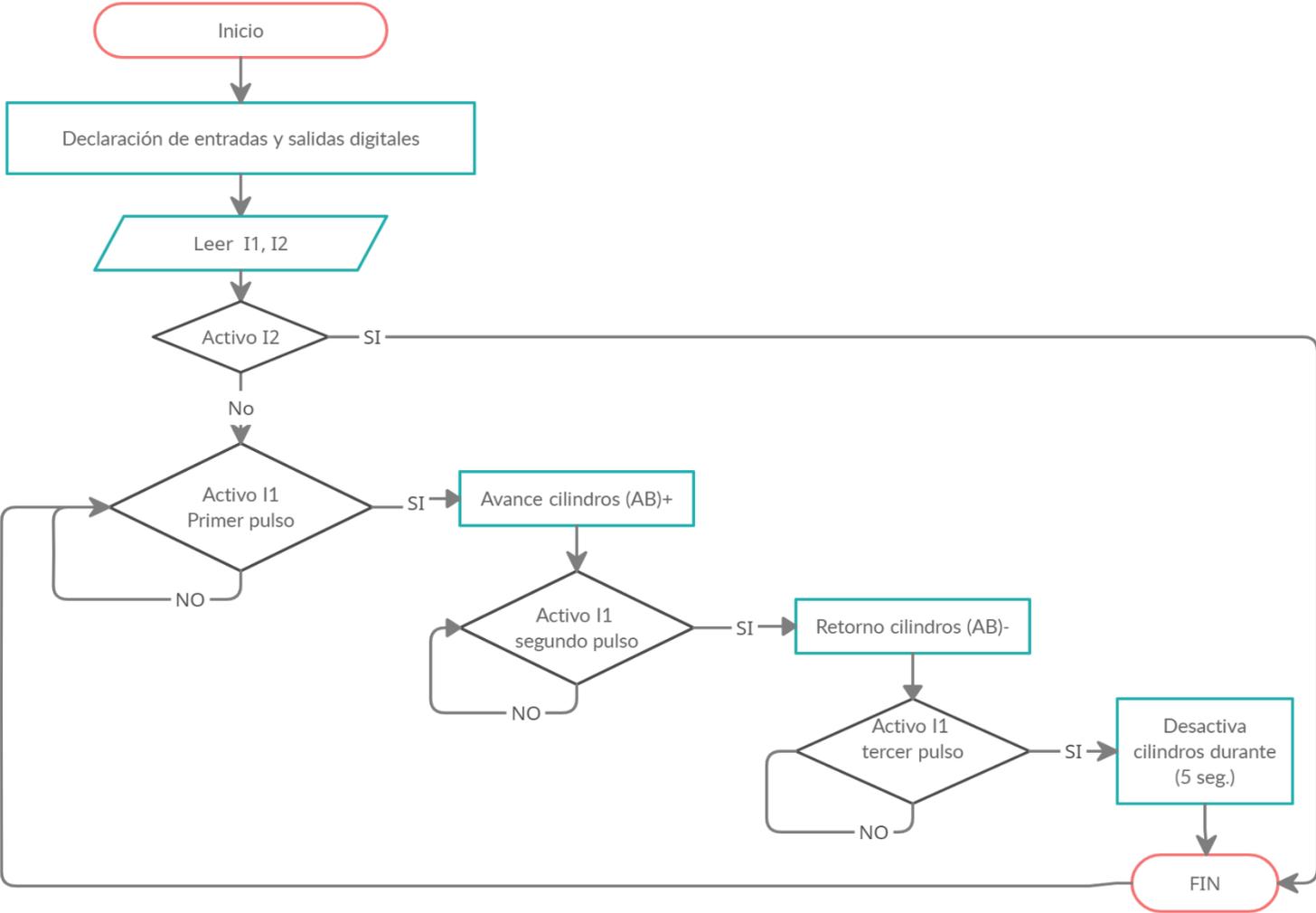
Realizar y presentar simulaciones de circuito de potencia y control de LOGO *Comfort* y pruebe su funcionamiento.

Conclusiones y recomendaciones individuales.

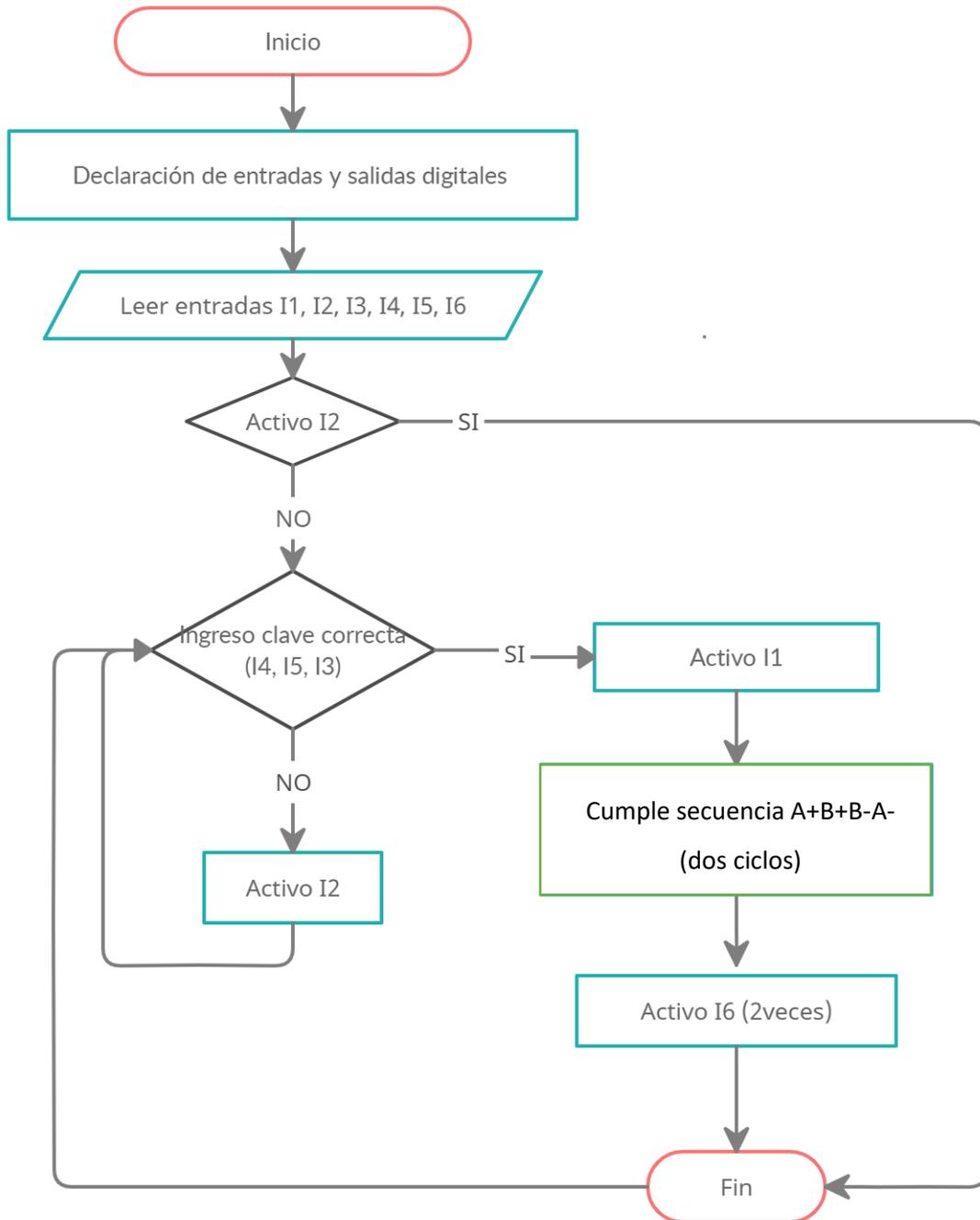
Bibliografía.

## **ANEXO 4: DIAGRAMAS DE FLUJO DE GUÍAS DE PRÁCTICAS PROPUESTAS**

**Diagrama de flujo guía práctica 1: ejercicio 1**

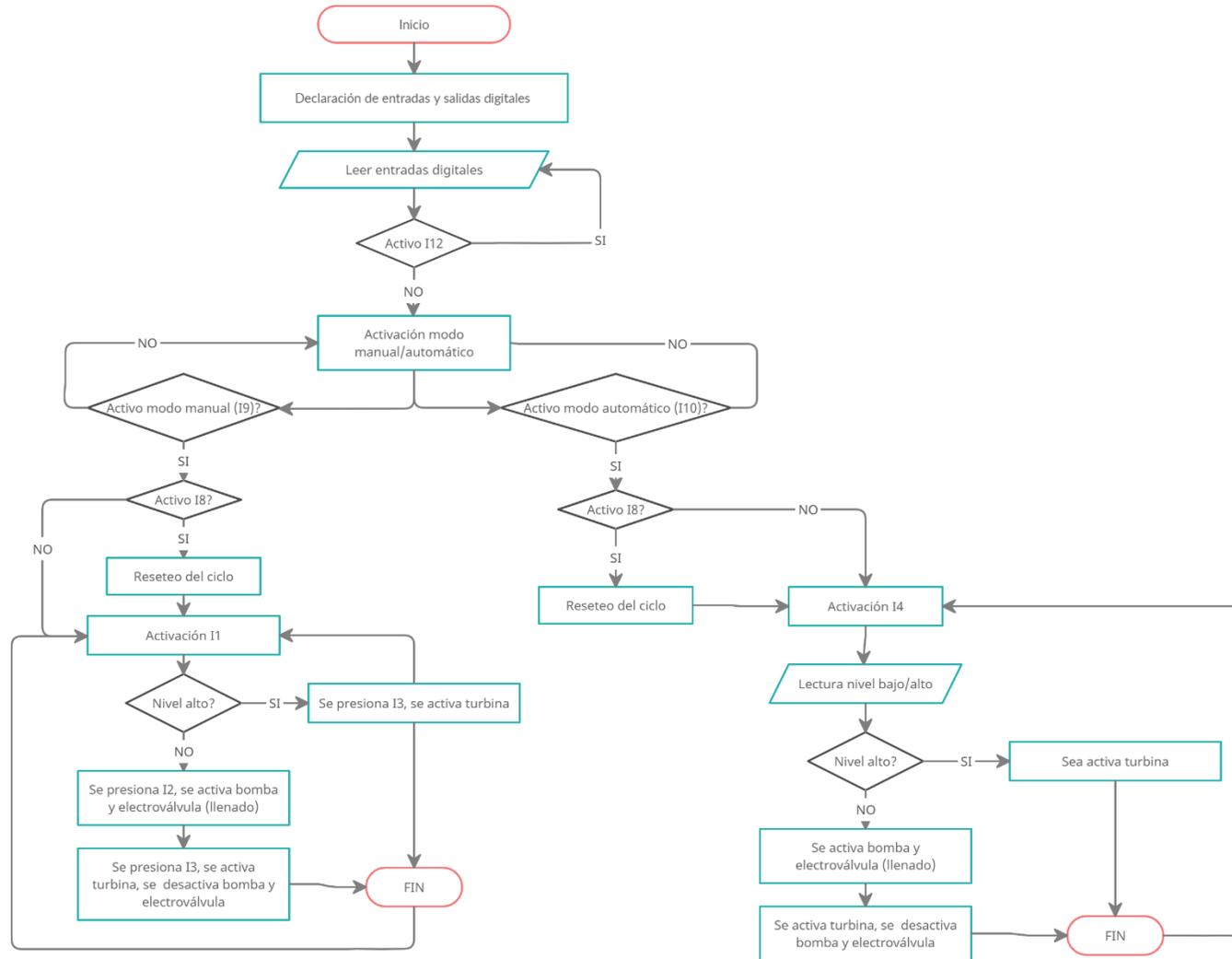


## Diagrama de flujo guía práctica 1: ejercicio 2

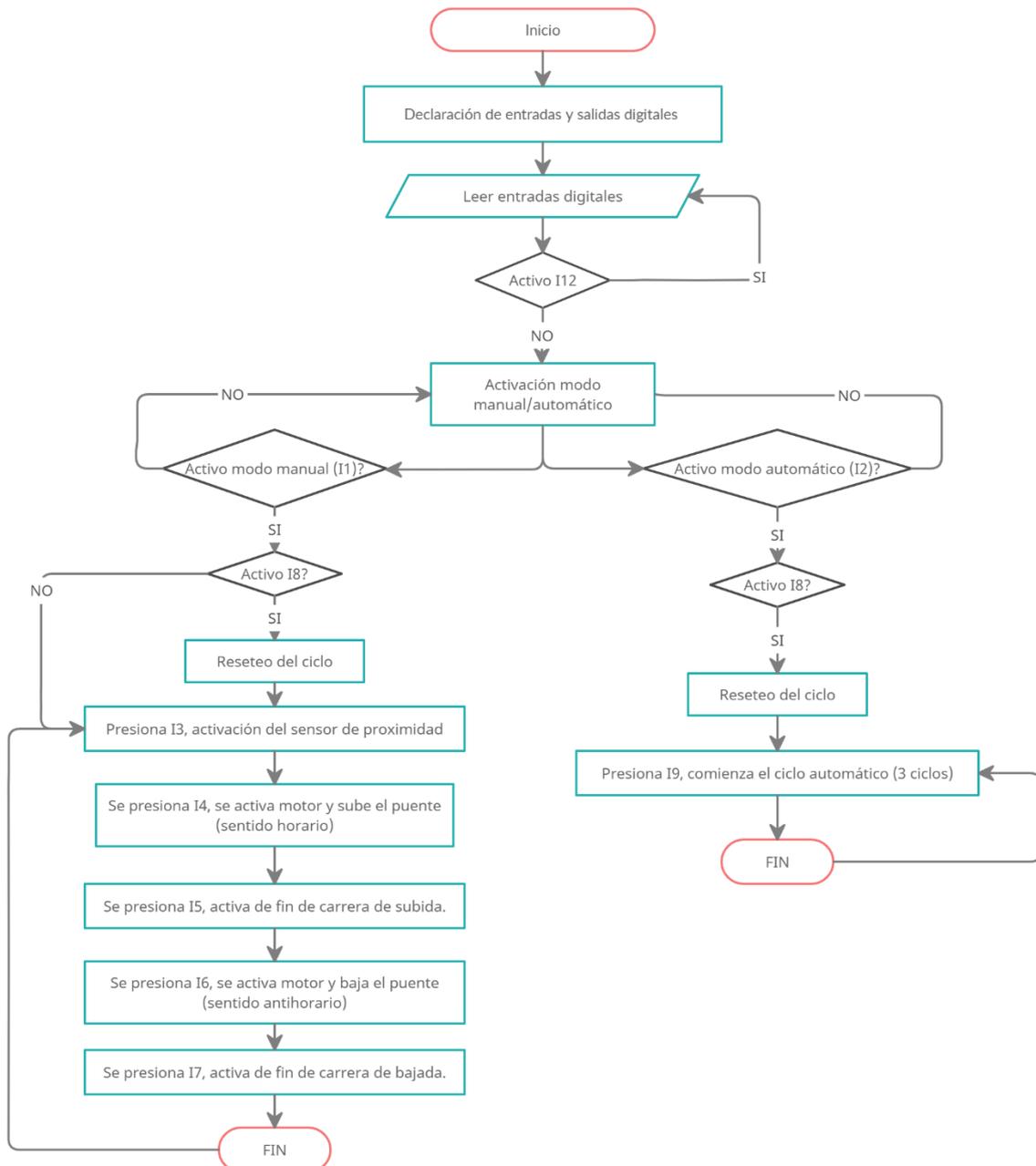




### Diagrama de flujo guía práctica 3: Planta Control de Nivel



## Diagrama de flujo guía práctica 4: Planta Puente elevadizo



## Diagrama de flujo guía práctica 5: Planta Banda Transportadora

