

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

### CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

MÓDULO DIDÁCTICO DE ELECTRONEUMÁTICA PARA EL LABORATORIO DE  
LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DEL NORTE

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN INGENIERÍA  
EN MECATRÓNICA.

AUTOR: WILMER ANTONIO PÉREZ ALBUJA

DIRECTOR: ING. GUSTAVO MOSQUERA

Ibarra, 2017



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

#### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad. Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1723732341		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Wilmer Antonio Pérez Albuja		
DIRECCIÓN:	Av. Córdova Galarza E4-10 y Colombia, Cayambe		
EMAIL:	wilmerp23@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	022 363 297	TELÉFONO MOVIL:	0993220083

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
TÍTULO:	MÓDULO DIDÁCTICO DE ELECTRONEUMÁTICA PARA EL LABORATORIO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.
AUTOR:	Wilmer Antonio Pérez Albuja
FECHA:	11/07/2017
PROGRAMA:	PREGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica
DIRECTOR:	Ing. Gustavo Mosquera

## AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Wilmer Antonio Pérez Albuja con cédula de identidad Nro. 1723732341, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

### CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo sin violar derechos de autores de terceros, por lo tanto la obra es original, y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 11 días del mes de julio del 2017



---

Firma

Nombre: Wilmer Antonio Pérez Albuja

Cédula: 1723732341



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Wilmer Antonio Pérez Albuja, con cédula de identidad Nro. 1723732341, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: **MÓDULO DIDÁCTICO DE ELECTRONEUMÁTICA PARA EL LABORATORIO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 11 días del mes de julio del 2017

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Wilmer Albuja", is written over a horizontal line.

Firma

Nombre: Wilmer Antonio Pérez Albuja

Cédula: 1723732341

## DECLARACIÓN

Yo, Wilmer Antonio Pérez Albuja, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte - Ibarra, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



---

Nombre: Wilmer Antonio Pérez

Cédula: 1723732341

## CERTIFICACIÓN

En calidad de tutor del trabajo de grado titulado: MÓDULO DIDÁCTICO DE ELECTRONEUMÁTICA PARA EL LABORATORIO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Wilmer Antonio Pérez Albuja, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a vertical line, positioned above a horizontal line.

---

Ing. Gustavo Mosquera  
DIRECTOR DEL PROYECTO

## DEDICATORIA

A:

Dios por brindarme la oportunidad de vivir, guiarme en cada paso que doy y ser mi fortaleza. A mi madre Irma Albuja y mi padre Cristóbal Pérez, por darme la vida y ser el apoyo incondicional y creer en mí, durante los años de estudio. A mi tía Cristina, por apoyarme en todo, muchas gracias tía. A mis hermanos: Kléver, Laura y Yolanda, por darme fuerza y apoyo para poder culminar esta etapa de mi vida. A todos mis amigos de estudio y trabajo: Alex, Gabriel, Jimmy, Adrys, Anita, Dianita, que tuve la oportunidad de conocer y compartir buenos momentos, gracias por sus consejos y darme fuerzas de aliento y ánimo para seguir adelante. A Sandra gracias por tus palabras y por los momentos compartidos junto a ti.

*Wilmer P.*

## AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a la Universidad Técnica del Norte por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de formarme académicamente, a la carrera de Ingeniería en Mecatrónica, a su personal docente en especial a Mericita, por compartir gratos momentos y brindarme sus conocimientos. A mis padres que han dado todo su esfuerzo, para que, ahora este culminando esta etapa de mi vida. Un agradecimiento a la empresa Terrafertil al jefe y amigo de mantenimiento Alex y sus técnicos por brindarme sus conocimientos y apoyo. Un agradecimiento muy especial para el Ing. Diego Terán por su apoyo en el desarrollo de este proyecto.

*Wílmer P.*

## RESUMEN

En el desarrollo del presente trabajo se muestran los resultados obtenidos de la investigación elaborada en el desarrollo de los procesos electroneumáticos a través de un módulo didáctico de electroneumática para el laboratorio de la carrera de ingeniería en Mecatrónica.

Un módulo didáctico de electroneumática debe cumplir con condiciones de diseño, de esta manera precautelando la integridad del estudiante, para ello se investiga conceptos como: ergonomía, flexibilidad y didáctica los cuales nos ayudaron a establecer un diseño idóneo y acorde a los requerimientos de los estudiantes.

El módulo está construido con materiales de calidad, pero a la misma vez de bajo costo, en los cuales constan: plancha de aluminio, soportes de aluminio, mueble de madera con soporte metálico, cajones, ruedas de plástico. Los elementos de prácticas fueron seleccionados a través de un proceso de investigación, de esta manera buscar los más útiles para el desarrollo de prácticas y de fácil comprensión para los estudiantes.

El fin con el que se construyó el módulo, es el desarrollo de actividades prácticas, sustentadas con animaciones, de esta manera el estudiante podrá asimilar de una manera más rápida los procesos industriales. Para esto el módulo cuenta con un software de programación y un HMI para la visualización del proceso que se está ejecutando.

## **ABSTRACT**

In the development of the present research the results obtained show the developed results of the electropneumatic's development processes which is a didactic module of electropneumatics for the engineering labory in Mechatronics career.

A didactic module of electropneumatics must achieve with design conditions, in this way to ensuring the integrity of the student for this investigate concepts such as: ergonomics, flexibility and didactic which helped us to establish an ideal design and in accordance with the requirements of the students.

The module is built with quality materials, but at the same time with a low cost in which consist of: aluminum plate, aluminum supports, wooden cabinet with metal support, drawers, plastic wheels. The elements of practice were selected through a research process, in this way to find the most useful for the development of practical and easy to understand for the students.

Finally, the module was built to development of practical activities. Also, it supported by animations, in this way the student will be able to assimilate in a faster way the industrial processes. This module has a programming software and an HMI for the visualization of the process that is running.

## INDICE GENERAL

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA .....	ii
AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD .....	iii
CONSTANCIAS .....	iii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	iv
DECLARACIÓN .....	v
CERTIFICACIÓN.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT .....	x
INDICE GENERAL .....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xiv
INDICE DE TABLAS.....	xvi
CAPITULO I .....	1
1. Marco Referencial.....	1
1.1. Problema.....	1
1.2. Objetivos .....	1
1.2.1. Objetivo General.....	1
1.2.2. Objetivos Específicos .....	2
1.3. Alcance .....	2
1.4. Justificación.....	2
CAPITULO II .....	4
2. Diseño e implementación del módulo electroneumático .....	4
2.1. Antecedentes .....	4
2.2. Electroneumática .....	4
2.2.1. Ventajas de la electroneumática .....	4
2.2.2. Desventajas de la electroneumática.....	5
2.3. Análisis de módulos didácticos .....	5

2.4.	Descripción del módulo .....	6
2.4.1.	Diagrama esquemático del módulo.....	6
2.4.2.	Diagrama gráfico.....	7
2.5.	Diseño del módulo electroneumático.....	8
2.5.1.	Diseño mecánico del módulo .....	10
2.5.2.	Tablero de aluminio.....	12
2.6.	Selección de los elementos del módulo.....	13
2.6.1.	Selección del PLC .....	14
2.6.1.1.	Ventajas del PLC .....	15
2.6.1.2.	Especificaciones.....	16
2.6.1.3.	Comparación PLC Xinje entre Siemens.....	16
2.6.2.	Selección de la HMI .....	17
2.6.3.	Selección de las electroválvulas.....	18
2.6.3.1.	Electroválvulas 3/2 .....	18
2.6.3.2.	Electroválvulas 5/2 .....	19
2.6.4.	Selección de los cilindro .....	20
2.6.4.1.	Características técnicas .....	21
2.7.	Diseño e Implementación del Tablero de Control .....	22
2.7.1.	Diseño eléctrico del módulo.....	22
2.7.2.	Instalación de elementos en el gabinete de control .....	23
CAPITULO III .....		26
3.	Desarrollo de prácticas .....	26
3.1.	Introducción .....	26
3.2.	RECONOCIMIENTO DE EQUIPOS.....	26
3.2.1.	Módulo y elementos.....	26
3.2.2.	Dimensiones del módulo.....	30
3.3.	Seguridad y funcionamiento .....	30
3.4.	Demostraciones del módulo .....	31
3.4.1.	Demo 1: SISTEMA DE TAPADO DE CAJAS .....	32
3.4.2.	Demo 2 Sistema de Llenado de Envases.....	40
3.4.3.	Demo 3: Sistema de Taladrado de Piezas.....	44
3.5.	Diseño del informe de entrega de Prácticas .....	47

3.6. Diseño de Prácticas .....	47
CAPITULO IV.....	48
4. Pruebas y resultados.....	48
4.1. Análisis de pruebas y resultados.....	48
CAPITULO V.....	53
5. Conclusiones y Recomendaciones .....	53
5.1. CONCLUSIONES.....	53
5.2. RECOMENDACIONES.....	54
Bibliografía .....	55
ANEXO 1.....	57
ANEXO 2.....	58
ANEXO 3.....	72
ANEXO 4.....	73
ANEXO 5.....	85
ANEXO 6.....	86

## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 2.1. Diagrama Esquemático</i> .....	7
<i>Figura 2.2. Diagrama Gráfico</i> .....	7
<i>Figura 2.3. Módulo Electroneumático</i> .....	9
<i>Figura 2.4. Módulo De Electroneumática Simple</i> .....	9
<i>Figura 2.5. Módulo</i> .....	10
<i>Figura 2.6. Tablero</i> .....	12
<i>Figura 2.7. Perfil de Aluminio Tablero</i> .....	13
<i>Figura 2.8. PLC Xinje</i> .....	15
<i>Figura 2.9. TouchWin HMI</i> .....	17
<i>Figura 2.10. Electroválvula 3/2</i> .....	18
<i>Figura 2.11. Electroválvula 5/2</i> .....	19
<i>Figura 2.12. Gabinete de Control</i> .....	24
<i>Figura 2.13. Interior del Gabinete</i> .....	24
<i>Figura 3.1. Módulo y sus Elementos</i> .....	27
<i>Figura 3.2. PLC Xinje</i> .....	28
<i>Figura 3.3. Simbología Electroválvula</i> .....	28
<i>Figura 3.4. Distribuidor de aire</i> .....	28
<i>Figura 3.5. Sensor magnético de cilindro</i> .....	29
<i>Figura 3.6. Simbología Cilindro</i> .....	29
<i>Figura 3.7. Dimensiones del Módulo</i> .....	30
<i>Figura 3.8. Gráfica TouchWin</i> .....	33
<i>Figura 3.9. Diagrama de Fases</i> .....	33
<i>Figura 3.10. Circuito Neumático</i> .....	34
<i>Figura 3.11. Diagrama Grafcet</i> .....	34
<i>Figura 3.12. Diagrama Eléctrico de Conexiones</i> .....	35
<i>Figura 3.13. Ingreso a la carpeta de la Práctica</i> .....	36
<i>Figura 3.14. Selección de la Práctica</i> .....	37
<i>Figura 3.15. Programa TouchWin</i> .....	37
<i>Figura 3.16. Programa PLC</i> .....	38
<i>Figura 3.17. Practica HMI</i> .....	38
<i>Figura 3.18. Pantalla</i> .....	39
<i>Figura 3.19. PLC</i> .....	39
<i>Figura 3.20. Inicio de la Práctica</i> .....	39
<i>Figura 3.21. Grafica TouchWin</i> .....	41
<i>Figura 3.22. Diagrama de Fases</i> .....	41
<i>Figura 3.23. Circuito Neumático</i> .....	41
<i>Figura 3.24. Diagrama Grafcet</i> .....	42
<i>Figura 3.25. Diagrama Eléctrico de Conexiones</i> .....	42

<i>Figura 3.26. Gráfica TouchWin</i> .....	45
<i>Figura 3.27. Diagrama de Fases</i> .....	45
<i>Figura 3.28. Diagrama Neumático</i> .....	45
<i>Figura 3.29. Diagrama Grafcet</i> .....	46
<i>Figura 3.30. Diagrama Eléctrico de Conexiones</i> .....	46
<i>Figura 4.1.1 Resultados Pregunta 1</i> .....	48
<i>Figura 4.1.2 Resultados pregunta 2</i> .....	49
<i>Figura 4.1.3 Resultados pregunta 3</i> .....	49
<i>Figura 4.1.4 Resultados pregunta 4</i> .....	50
<i>Figura 4.1.5 Resultados pregunta 5</i> .....	50
<i>Figura 4.1.6 Resultados pregunta 6</i> .....	51
<i>Figura 4.1.7 Resultados Pregunta 7</i> .....	51
<i>Figura 4.1.8 Resultados pregunta 8</i> .....	52

## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 2.1. Dimensiones del Módulo.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 2.2. Dimensiones del tablero.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 2.3. Elementos.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 2.4. PLC.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 2.5. Especificaciones PLC.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 2.6. Ventajas PLC XINJE.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 2.7. Touch .....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 2.8. Electroválvula 3/2 .....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 2.9. Electroválvula 5/2 .....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 2.10. Elementos Instalados en el Gabinete de Control.....</i>	<i>23</i>

# CAPITULO I

## 1. Marco Referencial

### 1.1. Problema

La Universidad Técnica del Norte se caracteriza por ser una nueva opción de estudio para los jóvenes del norte del país, debido a que su formación académica está centrada en la innovación tecnológica, manejo de equipos y software.

La carrera de Ingeniería en Mecatrónica es una nueva ciencia que está revolucionando el ámbito tecnológico, la cual enfoca la formación del estudiante en el sector industrial y desarrollo de capacidades en el conocimiento de equipos mecatrónicos; con ello es necesaria la formación práctica de los estudiantes para abarcar un conocimiento práctico y con ello ganar experiencia en torno al manejo y manipulación de equipos, situación que se torna desalentadora, debido a que el laboratorio de Mecatrónica cuenta con un deficiente porcentaje de módulos didácticos, por lo que ha ocasionado falencias en los estudiantes en lo que corresponde a la parte práctica.

Con los problemas evidenciados en el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica es necesario implementar un módulo didáctico de electroneumática, permitiendo vincular los conocimientos teóricos con la práctica, de esta manera se buscará dar soluciones a problemas reales en diferentes campos de la industria.

Por efecto, este trabajo se enfocará en el diseño e implementación de un módulo de electroneumática para el laboratorio de la carrera, con el fin de mejorar la realización de proyectos prácticos y cumplir con los objetivos planteados de la carrera.

### 1.2. Objetivos

#### 1.2.1. Objetivo General

Implementar un módulo didáctico de electroneumática para el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica, que permita a los estudiantes desarrollar actividades prácticas de laboratorio relacionadas al área de conocimiento.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Diseño del módulo didáctico de electroneumática
- Seleccionar los elementos necesarios que permitan desarrollar prácticas de electroneumática en el módulo.
- Construir un módulo didáctico de electroneumática controlado por un PLC.
- Implementar un sistema SCADA.
- Ejecutar pruebas de funcionamiento del módulo de electroneumática.
- Dotar de un manual de prácticas para el módulo electroneumático.

### **1.3. Alcance**

El módulo didáctico es un equipo compacto y eficaz para la enseñanza y práctica de los distintos procesos que se llevan a cabo en la industria en cuanto a la electroneumática se refiere. Este trabajo a desarrollar se implementará en el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica, contribuyendo a la realización de prácticas concernientes a las materias de Neumática y Automatización Industrial.

Los elementos que componen el módulo son básicos (pistones, electroválvulas, indicadores, PLC, etc.) para lograr que el alumno asemeje el funcionamiento básico de cada uno de ellos, mediante el desarrollo de prácticas de laboratorio diseñadas desde las más fundamentales hasta prácticas complejas que reúnen varios elementos, permitiendo de esta manera desarrollar habilidades y conocimiento de procesos similares a los que se encuentran en una industria.

### **1.4. Justificación**

La carrera de Ingeniería en Mecatrónica, presenta en su malla curricular diferentes materias que tienen que ver con la realización de prácticas con instrumentos y módulos, para lo cual es necesario facilitar a los estudiantes la utilización de un módulo de electroneumática.

Con la implementación de este módulo didáctico permitirá a los docentes dictar de una mejor manera la materia relacionada con la Electroneumática, facilitando a los estudiantes reforzar sus conocimientos teóricos mediante la práctica.

El módulo contará con instrumentos y elementos necesarios de aprendizaje didáctico (pistones, electroválvulas, indicadores, PLC, etc.), lo cual permitirá al alumno trabajar y familiarizarse con equipos reales y similares a los que encontrara en su vida profesional. Es necesario que la carrera de Ingeniería en Mecatrónica, capacite en este tipo de tecnologías, y específicamente sobre simulaciones de procesos industriales, logrando con esto desarrollar habilidades en un nivel práctico y obtener una mejor formación profesional lo que sobrelleva a la generación de un contingente humano con capacidades de desenvolverse, proyectarse y caminar a la par con los nuevos desafíos tecnológicos. Con la ejecución de este módulo didáctico se pretende fomentar la actualización continua de los conocimientos académicos de los docentes, así como fortalecer sus capacidades pedagógicas para el desarrollo integral del estudiante en el marco de una educación integral, así también lograr el establecimiento de una formación integral a fin de alcanzar la sociedad socialista del conocimiento. Ello nos permitirá dar el salto de una economía de recursos finitos (materiales) a la economía del recurso infinito: el conocimiento. Es preciso centrar los esfuerzos para garantizar a todos el derecho a la educación, bajo condiciones de calidad y equidad, teniendo como centro al ser humano y el territorio. Fortaleceremos el rol del conocimiento, promoviendo la investigación científica y tecnológica responsable con la sociedad y con la naturaleza, mencionado en el Plan Nacional del Buen Vivir.

## **CAPITULO II**

### **2. Diseño e implementación del módulo electroneumático**

#### **2.1. Antecedentes**

Basado en el análisis realizado a los estudiantes de ingeniería Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte respecto a las falencias en los laboratorios de la carrera, se elabora esta propuesta, el objetivo principal es consolidar el diseño e implementación física de un módulo electroneumático que proporcione espacios y recursos adecuados para los estudiantes de ingeniería en la adquisición del conocimiento teórico-práctico en el área de electroneumática.

El módulo electroneumático representa una similitud a escala de los procesos y aplicaciones industriales presentes en la industria, con este proyecto se proporcionan las herramientas básicas necesarias que permiten al estudiante la adquisición de conocimiento relacionado con electroneumática y automatización. El usuario está en la capacidad para realizar los montajes de las prácticas planteadas, debido a que está enfocado en el diseño y posterior montaje de nuevas prácticas electroneumáticas.

#### **2.2. Electroneumática**

La electroneumática es la ciencia que armoniza los automatismos eléctricos y sus elementos con la forma de generar movimiento con actuadores neumáticos para hacer posibles los sistemas electroneumáticos.

Los sistemas electroneumáticos permiten un alto grado de sofisticación y de flexibilidad. Controlan los cilindros mediante válvulas de solenoide y obtienen las señales de realimentación a través de interruptores magnéticos, sensores e interruptores eléctricos de final de carrera. Las funciones lógicas se obtienen por hardware o bien se programan en un PLC (programmable logic controller). (CREUS, 2007)

##### **2.2.1. Ventajas de la electroneumática**

- Permite mandos de trabajo más rápidos.

- Disminución del riesgo por contaminación de fluidos.
- Menores costos que la hidráulica.
- Diseño y control en procesos industriales sofisticados y complejos.
- Control a larga distancia de los procesos industriales equipados con sistemas electroneumáticos.

### **2.2.2. Desventajas de la electroneumática**

- Nivel alto sonoro.
- No se pueden manejar grandes fuerzas.
- Si no es manipulado correctamente el aire comprimido, puede provocar ciertos riesgos para el ser humano.
- Alto coste en la producción del aire comprimido.
- No recomendable para ambientes inflamables.

### **2.3. Análisis de módulos didácticos**

FESTO didactic dispone de un módulo flexible y de diseño modular, ofrece una gama de posibles configuraciones para sus estaciones. Alta movilidad y óptimo uso del espacio Pueden crearse estaciones para trabajo en grupo o individuales siempre que sea necesario. Esta estación móvil está diseñada de tal forma que permite trabajar y realizar ejercicios simultáneamente a varias personas. A esto se le añade la disponibilidad de dos unidades de cajones fijas que aseguran un rápido y fácil acceso a los componentes necesarios del sistema de aprendizaje. (Festo, 2016).

Se ha realizado una síntesis de módulos didácticos construidos, un análisis de sus diseños así como también de sus componentes en relación al desarrollado.

Para el diseño del módulo se toman en cuenta los siguientes requerimientos básicos que debe cumplir:

- La función de la estructura será la de soportar los elementos que conformaran el módulo. Para lo cual se contempla en el diseño en cuanto a los materiales tomando en cuenta las condiciones técnicas como del medio en el que operará el módulo.
- Debe contar con un programador lógico programable, con entradas y salidas considerables y de fácil análisis por parte de los usuarios. Abarcar elementos que permitan la conexión y desconexión rápida de los elementos con los cuales se armarán los circuitos.
- Ser capaz de controlar los componentes para los que ha sido diseñado. Debe poseer los componentes básicos de todo elemento de mando para los sistemas electroneumáticos. Y que estos sean de fácil conexión y desconexión.

## **2.4. Descripción del módulo**

El módulo electroneumático consta de los siguientes elementos:

Un PLC Xinje XC3-24RT-E, una pantalla táctil Xinje TouchWin, 2 electroválvulas monoestables 3/2 a 110 V, 2 electroválvulas biestables 5/2 alimentadas a 110 V, 2 cilindros de simple efecto, 2 cilindros de doble efecto, 5 relés 24 Vdc 110 Vac, 1 distribuidor neumático, 1 unidad de mantenimiento Midman, racores rectos, racores codo con reguladores de presión, silenciadores, panel de control: fusible, contactor, breaker y alimentación eléctrica.

### **2.4.1. Diagrama esquemático del módulo**

En la figura 2.1 se muestra el modelo seleccionado, se eligió este modelo de diagrama debido a su facilidad que presenta y acoplándole a los modelos ya existentes en el mercado, un modelo común y simple que consta de un PLC que se comunica directamente al ordenador, de la misma manera la comunicación es directa con la touch lo que a la hora de realizar las prácticas es una ventaja para los estudiantes.



Figura 2.1. Diagrama Esquemático

#### 2.4.2. Diagrama gráfico

En la figura 2.2, se puede observar cómo está constituido el PLC, que son: 14 entrada digitales y 10 salidas digitales conectados a relés de 24 Vdc con bobinas solenoides que conmutan a 110 Vac.

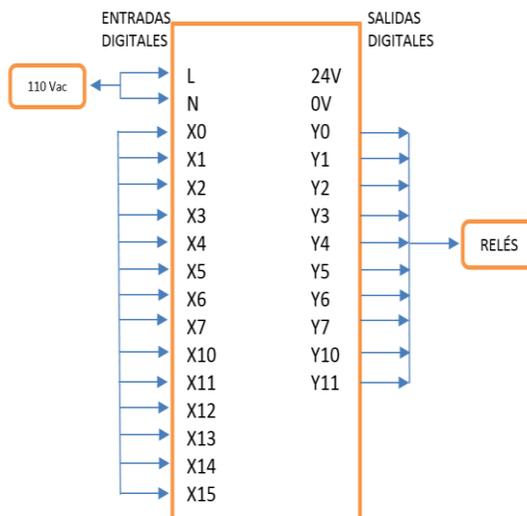


Figura 2.2. Diagrama Gráfico

## 2.5. Diseño del módulo electroneumático

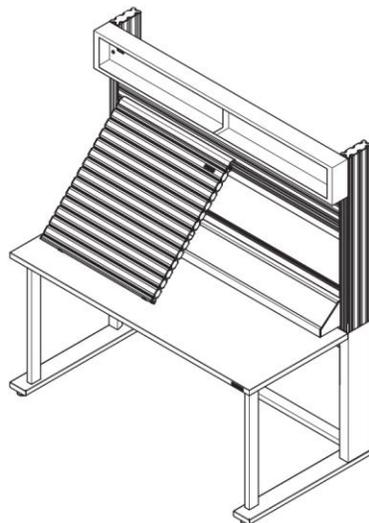
Para el diseño y construcción del módulo electroneumático fue necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Ergonomía: El término ergonomía proviene de un vocablo griego y hace referencia al estudio de los datos biológicos y tecnológicos que permiten la adaptación entre el hombre y las máquinas o los objetos. Un objeto ergonómico es aquel que ofrece comodidad para el usuario, eficiencia y buen nivel de productividad. (definicion.de, 2015).
- Didáctica: La didáctica es parte de la pedagogía que se interesa por el saber, es dedicada a la formación dentro de un contexto determinado por medio de la adquisición de conocimientos teóricos y prácticos, contribuye al proceso de enseñanza aprendizaje, a través del desarrollo de instrumentos teóricos prácticos, que sirvan para la investigación, formación y desarrollo integral del estudiante. (CARVAJAL, 2009).
- Flexibilidad: (Prada, s.f) afirma que “Flexibilidad: La capacidad de un proceso de poder operar en estado estacionario, cumpliendo especificaciones, para un rango de valores de perturbaciones, usando las variables manipulables, el proceso diseñado debe ser operable en distintas condiciones de funcionamiento”.

El diseño del módulo se realizó en base a los aspectos antes mencionados tomando muy en cuenta el concepto de ergonomía como el objetivo de promover el bienestar humano y el rendimiento del sistema.

La mayoría de módulos investigados son construidos con dimensiones a criterio del diseñador, las estructuras son realizadas con diseños repetitivos con una didáctica similar entre ellos, no constan de una mesa de trabajo lo que dificulta la realización de las prácticas así como también no poseen cajoneras para almacenar los materiales.

En la figura 2.3 se observa un diseño implantado por la empresa Festo en el que se puede observar su forma y las deficiencias que presenta, es uno de los comunes que se encuentra en el mercado.



*Figura 2.3. Módulo Electroneumático*

*Fuente: (Festo Didactic, 2013)*

La mayoría de módulos electroneumáticos carecen de un mueble de almacenamiento de materiales, figura 2,4.



*Figura 2.4. Módulo De Electroneumática Simple*

*Fuente: (Festo, 2016, pág. 88)*

### 2.5.1. Diseño mecánico del módulo

Los módulos investigados son construidos con dimensiones a criterio del diseñador, ajustándose a los diseños de Festo, además, está constituido en su gran parte de aluminio con criterios ergonómicos según la norma ISO 9241 sobre diseño de mobiliario, ajustadas a la comodidad del usuario precautelando el bienestar humano y el rendimiento del sistema.

El panel se ajusta a las necesidades del estudiante, proporcionando facilidad de todo el marco de trabajo, la superficie puede ser usada tanto del lado frontal como del lado posterior ya que las dos caras son similares. Las bases de los materiales son desmontables, facilitando la reubicación y desplazamiento por toda la superficie logrando una mejor distribución de los elementos.

La mesa de soporte de materiales está sujeta al panel, junto a la estructura, dando ayuda al usuario al momento de realizar las prácticas.

Consta de un mueble de almacenamiento de materiales de 3 cajones de fácil acceso y gran capacidad, posee ruedas ayudando a su movilidad y desplazamiento lo que le transforma en una unidad móvil de prácticas electroneumáticas.

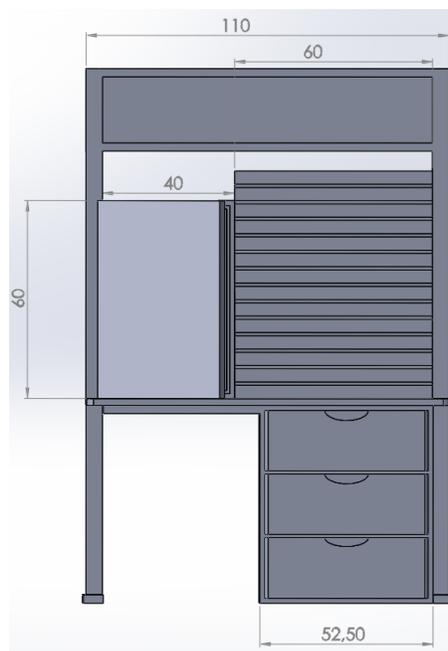


Figura 2.5. Módulo

La Automatización Neumática permite configurar soluciones para necesidades cuya complejidad puede variar ampliamente. La preparación en esta área requiere de materiales didácticos y cursos de especialización, así como procedimientos de enseñanza específicamente estructurados, soportados por software de última generación para aprendizaje y simulación.

Los módulos didácticos son diseñados para que el estudiante obtenga un conocimiento gradual y profundo de los temas más relevantes del área de electroneumática. Dichos módulos deben poseer las siguientes características:

- Fácil de usar
- Compacto
- Los circuitos deben armarse sin herramientas
- Conexiones fáciles y rápidas
- Usar componentes comerciales
- Poseer la documentación necesaria para su uso

Los equipos didácticos cubren las necesidades inherentes a la formación del personal de las áreas de producción, mantenimiento e ingeniería de las más diversas industrias por medio de su diseño y conceptos didácticos, enseñan y forman a los estudiantes en el campo de la electroneumática.

El estudiante adquiere un conocimiento sobre aspectos físicos y científicos de la electroneumática de una manera ágil y eficaz, entre los cuales se destacan:

- Armar y probar circuitos electroneumáticos.
- Conocer físicamente algunos elementos utilizados en electroneumática.
- Determinar el funcionamiento de cada uno de los componentes en las distintas prácticas a realizar.

Los módulos didácticos se integran con componentes industriales reales: Actuadores (Cilindros de simple y doble efecto), Válvulas (5/2, 3/2).

Existen algunos modelos de módulos de entrenamiento fabricados comercialmente, diseñados para contribuir a la formación de profesionales en el área de automatización en neumática (Benitez, Henriquez, & Landaverde, 2015), su construcción es mixta y sus dimensiones se detallan en la tabla 2.1

*Tabla 2.1. Dimensiones del Módulo*

Dimensiones	
Alto	1700 mm
Ancho	1100 mm
Profundidad	600 mm

### 2.5.2. Tablero de aluminio.

Para dimensionar el tablero se toman en cuenta los componentes que serán colocados como son: cilindros, electroválvulas, distribuidor de aire, mangueras, etc.



*Figura 2.6. Tablero*

El material que se ha seleccionado es el perfil de aluminio estructural EQ63 por la disposición que presenta para el montaje de los elementos a utilizar como se muestra en la Figura 2.7, tiene gran resistencia a la corrosión y a la tensión, bajo peso, alta durabilidad.

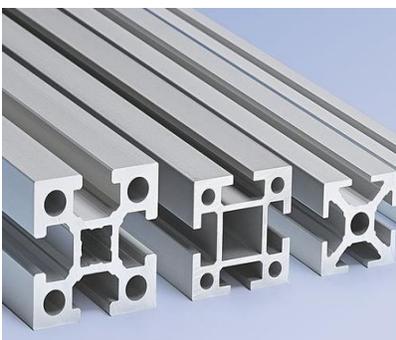


Figura 2.7. Perfil de Aluminio Tablero

Fuente: <https://1242-gt.all.biz>

Tabla 2.2. Dimensiones del tablero

Dimensiones	
Alto	700 mm
Ancho	600 mm
Profundidad	30 mm

## 2.6. Selección de los elementos del módulo

Luego del diseño del prototipo, se adquirió los diferentes equipos de programación, visualización, eléctricos, electrónicos y neumáticos para el montaje del módulo electroneumático.

Tabla 2.3. Elementos

SOFTWARE	
Software PLC	Program Tool
Software HMI	TouchWin 2012
Software Electroneumático	FluidSim
DISPOSITIVOS ELECTRONEUMÁTICOS	
2 electroválvulas 3/2	MINDMAN MVSC-220-3E1-NC
2 electroválvulas 5/2	MINDMAN MVSE-260-4E2
2 cilindros simple efecto	MCFI SE 20X100
2 cilindros doble efecto	MCFI 2E 20X80

Unidad de Mantenimiento	MINDMAN 10 BAR
DISPOSITIVOS ELECTRICOS	
Relés	CAMSCO
Fusible	SASSIM 20 A
Contactador	LS 22 A
6 reedswichs	RCM-BM25
Protección eléctrica	BREAKERS SCHNEIDER 20 A
DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS	
PLC Xinje	XC3-24RT
Touch (HMI)	TOUCHWIM XINJE

### 2.6.1. Selección del PLC

Es un PLC de gama media, sus salidas son de relé, consta de 14 entradas digitales y 10 salidas, su fuente de alimentación es 110 V, una salida de fuente de 24 Vdc, cuenta con módulos de expansión, resistencia al ruido, puede trabajar a una temperatura de 0 ° C ~ 60 ° C, humedad de 5% ~ 95%, dos puertos de comunicación COM1 RS-232 comunicación HMI, COM2 RS-485 / RS-232 para la programación o la depuración. La programación para el PLC Xinje es instrucciones y diagrama lader.

Se selecciona este dispositivo por su gran prestación y facilidad de programación, ver figura 2.8, utiliza un lenguaje similar a Siemens, otro factor es su coste, ya que es un valor relativamente bajo en comparación con otras marcas existentes en el mercado. En la tabla 2.4 se puede observar las características que brinda el PLC.



*Figura 2.8. PLC Xinje*

*Tabla 2.4. PLC*

PLC	
<b>Marca</b>	Xinje
<b>Código</b>	XC3-24RT-E
<b>Voltaje</b>	90 – 260 VAC
<b>Puertos Comunicación</b>	2 Puertos COM
<b>Material</b>	Plástico

#### 2.6.1.1. Ventajas del PLC

- Menor cableado
- Disminución de espacio
- Fácil mantenimiento
- Flexibilidad de configuración y programación
- Reducción de costos
- Velocidad de operación
- Confiabilidad
- Comunicación con otros equipos de mando.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas simultáneamente.

- Su diseño permite trabajar bajo condiciones severas: vibraciones, temperaturas extremas, humedad, polvo. (Xinje Electronic Co., 2016).

### 2.6.1.2. Especificaciones

*Tabla 2.5. Especificaciones PLC*

<b>Elementos</b>	<b>Especificaciones</b>
<b>Aislar tensión</b>	hasta 500V DC 2MΩ
<b>Anti-ruido</b>	1000V 1US pulso por minuto
<b>Temperatura Ambiente</b>	<b>0 ° C ~ 60 ° C</b>
<b>Humedad ambiente</b>	5% ~ 95%
<b>COM 1</b>	RS-232, se conectan con la máquina anfitrión, programa HMI o de depuración
<b>COM 2</b>	RS-232 / RS-485, se conectan con la red o instrumento de aptitud, inversores, etc.
<b>COM 3</b>	BD puerto tablero COM RS-232C / RS-485
<b>COM 4</b>	CANBUS puerto COM (serie XC5)
<b>Instalación</b>	Puede utilizar tornillo M3 para fijar o instalar directamente en DIN46277
<b>Puesta a tierra</b>	El tercer tipo de puesta a tierra.

Fuente: (Xinje Electronic Co., 2016)

### 2.6.1.3. Comparación PLC Xinje entre Siemens

En la tabla 2.6 se detalla las características de comparación con PLC's que existen en el mercado, de acuerdo a las características de prestaciones se selecciona el PLC Xinje para realizar el trabajo.

*Tabla 2.6. Ventajas PLC XINJE*

	<b>XINJE XC3-24RT-E</b>	<b>LOGO</b>
<b>Acción</b>	Características	
<b>Tiempo de Procesamiento Scan</b>	Rápida	Lenta
<b>Entradas Digitales</b>	14 Tipo NPN	8 Entradas Digitales
<b>Salidas digitales</b>	8 Salidas a Relé	4 Salidas a Relé
<b>Cantidad de Temporizadores</b>	Mayor	Menor
<b>Puertos de Comunicación</b>	2	1
<b>Comunicación RS-485</b>	Si	No
<b>Posibilidad de HMI</b>	Si	Limitada
<b>Respuesta de Contadores</b>	Rápida	Lenta

### 2.6.2. Selección de la HMI

Es una pantalla de marca TouchWin de la Compañía Xinje Electrics, modelo TH465-MT. El HMI descrito se encuentra ilustrado en la Figura 2.9. Este HMI tiene una pantalla de 4.3" de tipo touch screen con una resolución de 480\*272, cuenta con 8MB de memoria, un puerto de comunicación RS-232 / RS-485 / RS-422 y con una cantidad de 65536 colores.

Se elige esta pantalla debido a que su comunicación es de manera directa con el PLC de marca Xinje, nos ofrece un entorno amigable y muy robusto en cuanto a su programación.



*Figura 2.9. TouchWin HMI*

Tabla 2.7. Touch

TOUCH	
Marca	TouchWin Xinje
Modelo	TH465-MT/UT
Voltaje	24 Vdc
Puertos Comunicación	1 Puerto COM
Memoria	8 MB

### 2.6.3. Selección de las electroválvulas

Se seleccionó 2 tipos de electroválvulas: monoestable 3/2 y biestables 5/2

#### 2.6.3.1. Electroválvulas 3/2

En la implementación de este módulo de electroneumática se ha utilizado 2 electroválvulas 3/2 alimentadas a 110 Vac, las cuales son las encargadas de activar a los cilindros de simple efecto y simular la práctica indicada.



Figura 2.10. Electroválvula 3/2

Tabla 2.8. Electroválvula 3/2

Electroválvula 3/2	
<b>Marca</b>	Mindman
<b>Código</b>	MVSC-220-3E1-NC
<b>Denominación</b>	3 vías/2 posiciones
<b>Tipo</b>	Monoestable
<b>Voltaje</b>	110 V
<b>Presión</b>	0.2-0.7 MPa
<b>Material</b>	Aluminio

### 2.6.3.2. Electroválvulas 5/2

En la implementación de este módulo de electroneumática se ha utilizado 2 electroválvulas 5/2 alimentadas a 110 Vac, las cuales son las encargadas de activar a los cilindros de doble efecto y simular la práctica indicada.



*Figura 2.11. Electroválvula 5/2*

*Tabla 2.9. Electroválvula 5/2*

Electroválvula 5/2	
<b>Marca</b>	Mindman
<b>Código</b>	MVSE-2&0-4E2
<b>Denominación</b>	5 vías/2 posiciones
<b>Tipo</b>	Biestable

<b>Voltaje</b>	110 V
<b>Presión</b>	0.2-0.7 MPa
<b>Material</b>	Aluminio

#### **2.6.4. Selección de los cilindro**

Para la selección de los cilindros se guiará por la norma ISO 6432, esta norma se refiere a la construcción de cilindros miniatura, dimensiones, material y acabados.

A continuación se detalla las características de la ISO 6432 para cilindros y que fueron de ayuda para la selección de los cilindros:

- Tubo de cilindro de acero inoxidable 303, estirado y pulido a un acabado de micropulgadas en su diámetro interior. Esto permite baja fricción y larga duración.
- Tapas finales maquinadas con alta precisión a partir de una barra sólida de aluminio, con recubrimiento anodizado para alta resistencia a la corrosión.
- Buje de vástago de bronce sinterizado impregnado en aceite, con excelente resistencia al desgaste y grandes cualidades contra la fricción, para funcionamiento suave y larga duración.
- Émbolo de aleación de aluminio anodizado alta resistencia, estándar en diámetros interiores de 32 mm a 63 mm.
- Sellos de émbolo de Buna N, copa "U", baja fricción (opcional sellos para alta temperatura), que compensan el desgaste de millones de ciclos libres de mantenimiento.
- Sello de vástago de Buna N, copa "U", baja fricción (opcional sello para alta temperatura), que compensan el desgaste para garantizar larga duración.

#### **Especificaciones Estándar**

- Cilindros miniatura con diámetro de émbolo de 8 mm a 25 mm, que cumplen la norma ISO 6432 CETOP RP 52 P
- Diámetro interior de tubo de cilindro de 8 mm a 63 mm
- Presión nominal de 150 PSI (10 bar), aire
- Rango de temperatura de -10 °F a 165 °F (-23 °C a 74 °C)

➤ Amortiguadores ajustables

2.6.4.1. Características técnicas

**Carrera del cilindro**

Distancia por la que tendrá que desplazarse el émbolo, aplicando una energía con la que se calcula la magnitud de trabajo.

**Volumen del cilindro**

El volumen depende de la construcción y tipo de cilindro que se obtiene multiplicando la carrera por el área del pistón.

**Fuerza en un cilindro**

La fuerza que ejerce un pistón puede variar, ya que depende de la presión de trabajo, el área en donde se esté aplicando dicha presión y del roce que provocan las juntas.

La fuerza teórica se obtiene:

$$F = P * S \quad (2.1)$$

*Ecuación 2.1: Fuerza teórica cilindros.*

*Fuente: (www.roydisa.es, 2015)*

Donde P es la presión en bar, S la superficie del pistón en metros cuadrados y F la fuerza en Newtons. También podemos usar la presión P en kg/cm<sup>2</sup>, la superficie S en cm<sup>2</sup>, y la fuerza F en Kg fuerza. (www.roydisa.es, 2015).

En la práctica, la fuerza real o necesaria es un poco mayor, ya que existen fuerzas de rozamiento con la estanqueidad del cilindro. Por ello se considera que la fuerza teórica del cilindro se ve reducida entre un 10-15 % para presiones normales de trabajo entre 4-8 bar. (www.roydisa.es, 2015).

Por lo tanto podemos reescribir la ecuación, para el caso de cilindros de simple efecto con retorno por resorte:

$$F_n = P * A - (F_r + F_m) \quad (2.2)$$

*Ecuación 2.2 Fuerza real para cilindros de simple efecto*

*Fuente: (INACAP, 2002, pág. 72)*

Donde

$F_n$ =Fuerza real

$F_r$ =Fuerza de roce (10% de  $F_t$ , fuerza teórica)

$F_m$ =Fuerza del muelle (6% de  $F_t$ )

Avance  $F_n = P * A - F_r$

Retroceso  $F_n = P * A' - F_r$

Dónde:

$$A' = \pi * (R^2 - r^2)$$

Con las especificaciones que hace referencia la Norma ISO 6432 sobre la construcción de cilindros, se procede a la selección de dichos elementos.

## **2.7. Diseño e Implementación del Tablero de Control**

Es un panel donde se encuentran los instrumentos para la conexión, maniobra, control, protección, señalización y distribución de los dispositivos que integran el tablero, todos estos elementos permiten que un sistema funcione correctamente.

En el tablero de control se encuentra instalado un PLC (controlador lógico programable) el cual es el encargado de interpretar las señales enviadas por los sensores que a su vez activan los actuadores.

### **2.7.1. Diseño eléctrico del módulo**

Para el diseño eléctrico del tablero fue de gran ayuda la norma IEC 61439 (ver anexo 1), el objetivo de esta norma es de garantizar la seguridad de la instalación y las personas, así como también la vida útil del mismo. Para esto, la norma establece requisitos como, protección contra la corrosión, resistencia mecánica, resistencia a la radiación ultravioleta, etc.

Para el diseño de planos eléctricos se utilizó dos software: CadeSimu y SolidWorks Electrical, los planos desarrollados están disponibles en el anexo 2.

### 2.7.2. Instalación de elementos en el gabinete de control

El gabinete para el panel de control utilizado es de la marca Beaucoup común mente encontrado en el mercado, cuyas medidas son 60 cm de alto, 40 cm de ancho y 20 cm de profundidad, siendo medidas ideales para el montaje de los elementos además de ser medidas estándar.

Internamente del gabinete se encuentran empotrados los elementos de control. En la tabla 2.10, se detalla la ubicación de los elementos.

*Tabla 2.10. Elementos Instalados en el Gabinete de Control*

CANT.	DESCRIPCIÓN	LUGAR INSTALADO
1	Touch Screen	Puerta del Gabinete
2	Luces Piloto	Puerta del Gabinete
1	Fusible	Interior del Gabinete
1	Breaker	Interior del Gabinete
1	Contactador	Interior del Gabinete
5	Relés	Interior del Gabinete
1	PLC	Interior del Gabinete
1	Paro de emergencia	Puerta del Gabinete
46	Borneras	Interior del Gabinete
1	Botonera ON/OFF	Puerta del Gabinete

Para el montaje de los elementos sobre la puerta del gabinete fue necesario realizar los orificios con un sacabocado, herramienta muy útil y práctica para este tipo de tareas, además se repartió adecuadamente la posición de todos sus elementos para su manejo y control. La figura 2.12 muestra la parte exterior del gabinete de control con sus elementos.



*Figura 2.12. Gabinete de Control*

Para el montaje del dispositivo y elementos en el interior del gabinete, se repartió sus elementos de manera adecuada, para que su cableado se encuentre distribuido y repartido de una manera correcta y se facilite su manipulación. La Figura 2.13, muestra la distribución de las canaletas, elementos y el cableado.



*Figura 2.13. Interior del Gabinete*

Para el cableado interno del gabinete de control se utilizó cables (AWG) acorde a la necesidad de cada elemento. Se utilizó cable de tipo flexible #16 AWG, que sirvió para las conexiones existentes dentro del gabinete de control.

## **CAPITULO III**

### **3. Desarrollo de prácticas**

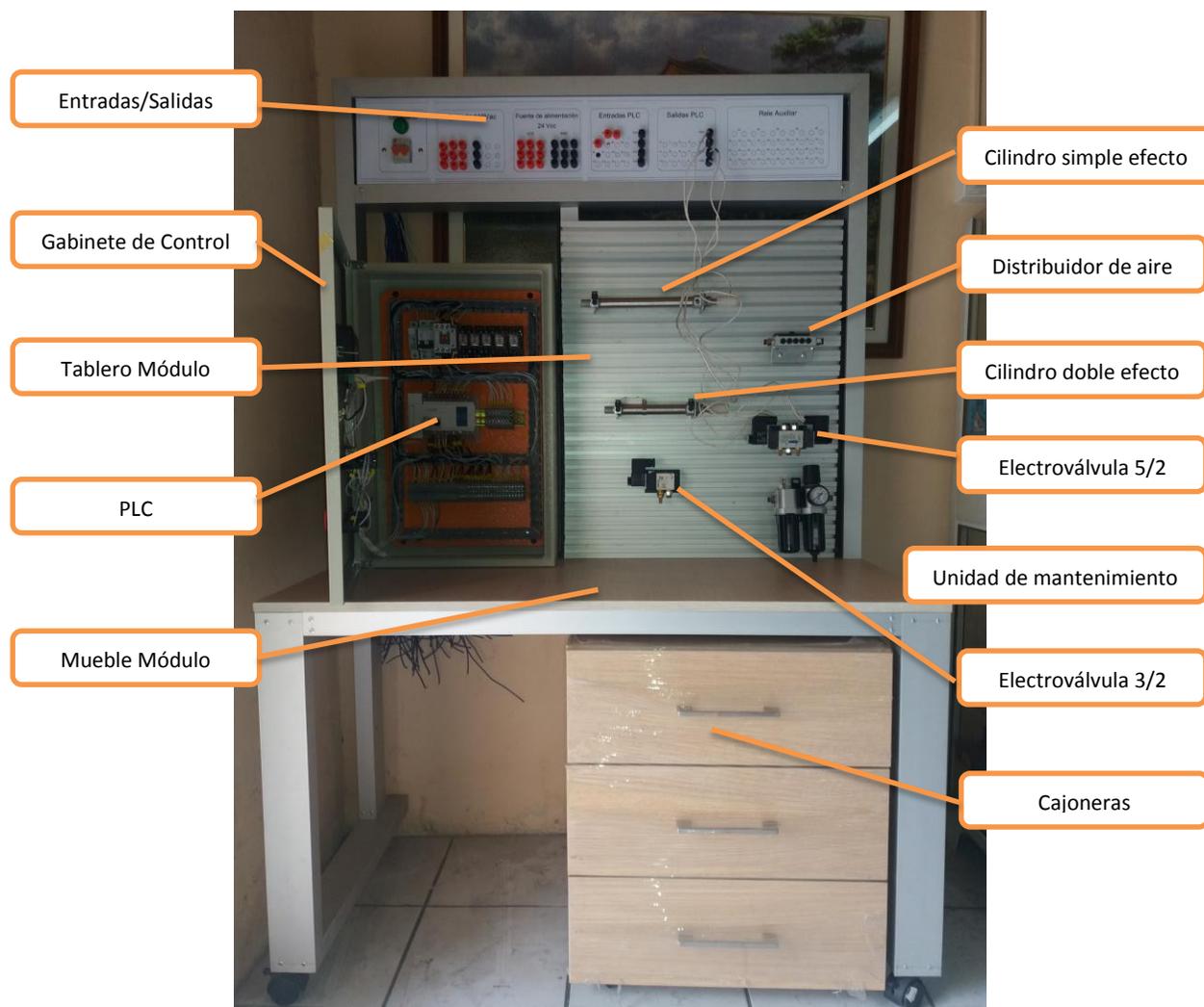
#### **3.1. Introducción**

En los inicios de la era industrial, los procesos se realizaban por medio de un control manual de variables, manipulando solo instrumentos simples, manómetros, válvulas manuales, etc., este control era bastante útil por la relativa sencillez de los procesos. Sin embargo la progresiva complejidad con que se han avanzado estos procesos, ha exigido su automatización por medio de instrumentos de medición y control.

Los procesos industriales a controlar pueden dividirse en dos categorías: procesos continuos y procesos discontinuos, en general uno y otro deben mantener las variables de (presión, caudal, temperatura, etc.).

#### **3.2. RECONOCIMIENTO DE EQUIPOS**

##### **3.2.1. Módulo y elementos**



*Figura 3.1. Módulo y sus Elementos*

### ➤ PLC

Controlador lógico programable figura 3.2. es un dispositivo operado digitalmente, que usa una memoria para el almacenamiento interno de instrucciones con el fin de implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo de tiempos, conteo de operaciones aritméticas, para controlar a través de entradas/salidas digitales o analógicas, varios tipos de máquinas o procesos. (<http://catarina.udlap.mx>, 2015).



Figura 3.2. PLC Xinje

### ➤ **Electroválvula**

Es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el paso de un fluido por un conducto o tubería. Esta válvula se mueve mediante una bobina solenoide la cual realiza la conversión de energía eléctrica proveniente de los relevadores a energía neumática.

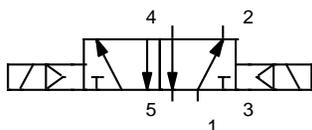


Figura 3.3. Simbología Electroválvula

Fuente: Festo FluidSim

### ➤ **Distribuidor de aire**

Permite alimentar aire comprimido al control a través de sus conexiones individuales.



Figura 3.4. Distribuidor de aire.

Fuente: <http://www.festo-didactic.com>

### ➤ Sensor magnético

Incorpora un imán en el pistón que crea un campo magnético a través de las paredes del cilindro (material de aluminio normalmente). Este campo es captado por un imán exterior del sensor cuya posición puede ser el final de carrera del pistón o un punto intermedio (figura 3.5). (CREUS, 2007)

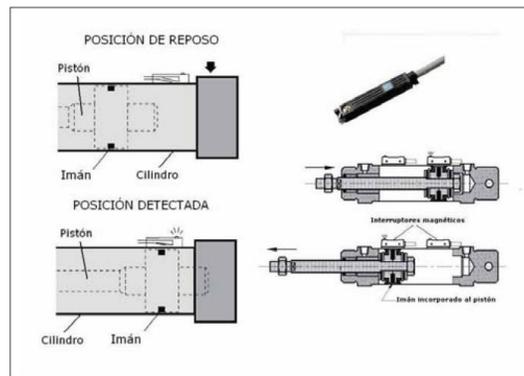


Figura 3.5. Sensor magnético de cilindro

Fuente: (CREUS, 2007)

### ➤ Cilindros neumáticos

El cilindro neumático consiste en un cilindro cerrado con un pistón en su interior que desliza y que transmite su movimiento al exterior mediante un vástago (figura 3.6). Se compone de las tapas trasera y delantera, de la camisa donde se mueve el pistón, del propio pistón, de las juntas estáticas y dinámicas del pistón y del anillo rascador que limpia el vástago de suciedad. (CREUS, 2007)

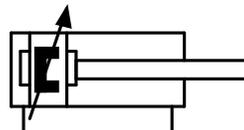


Figura 3.6. Simbología Cilindro

Fuente: Festo FluidSim

### ➤ Unidad de mantenimiento

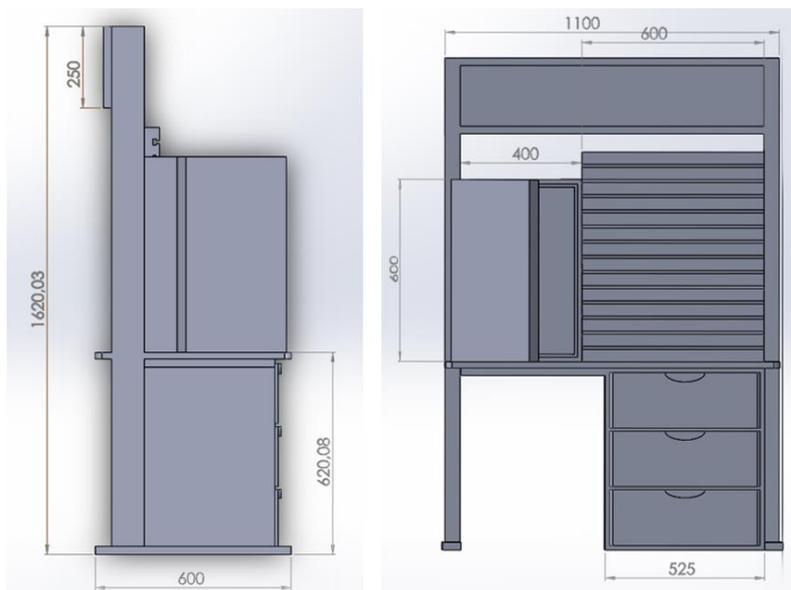
Son unidades necesarias para el correcto funcionamiento del sistema electroneumático de esta manera se busca prolongar la vida útil de válvulas y actuadores. Estas unidades constan de tres elementos: el filtro, el regulador y el lubricador.

### ➤ Touch Screen

Es una pantalla que mediante un toque directo sobre su superficie permite la entrada de datos y órdenes al dispositivo, en este caso al PLC. La Touch Screen nos servirá se interfaz para poder interactuar con el módulo.

### 3.2.2. Dimensiones del módulo

La figura 3.7 muestra las vistas frontal y lateral, estas muestran las dimensiones del módulo con que fue construido, las medidas se muestran en mm.



*Figura 3.7. Dimensiones del Módulo*

### 3.3. Seguridad y funcionamiento

Los siguientes puntos deben ser observados durante el desarrollo de las diferentes prácticas en sistemas electroneumáticos:

- Las líneas de aire comprimido pueden desprenderse debido a que se trabaja con acoples rápidos causando accidentes, si esto sucede bloquear el paso de aire inmediatamente.
- Primero conectar todas las mangueras que van a conducir aire, posterior a esto encender el aire comprimido.
- Los cilindros pueden avanzar o retraerse tan pronto como el aire comprimido está conmutado. Mantener una distancia segura de los mismos
- No accione manualmente el interruptor de fin de carrera (red switch) durante la detección de fallos
- No exceder la presión de trabajo admisible 5 Bar.
- Alimentación de trabajo Sistema 110 Vac,  $f = 50 \text{ Hz} \sim 60 \text{ Hz}$ .
- Alimentación de trabajo Touch Screen 24 Vdc
- Utilice sólo voltajes bajos de  $\leq 24 \text{ V}$ .
- Desconecte la alimentación de aire y tensión antes de desconectar el circuito electroneumático.

### **3.4. Demostraciones del módulo**

Se desarrolló un modelo de prácticas que sean lo más comprensible para los estudiantes, tratando de usar una gran similitud con los procesos industriales y que sean de gran ayuda a la hora de combinar la teoría con la práctica.

A continuación se muestran las prácticas desarrolladas en el módulo con sus respectivos planos y diagramas: electroneumáticos, grafcet, fases, de conexión.

### 3.4.1. Demo 1: SISTEMA DE TAPADO DE CAJAS

#### ➤ **Objetivo General**

Conocer el funcionamiento de una electroválvula 3/2, electroválvula 5/2, cilindros de simple y doble efecto.

#### ➤ **Objetivos Específicos**

- Desarrollar el programa en PLC Xinje
- Desarrollar el HMI.
- Realizar las conexiones presentadas en el diagrama

#### ➤ **Requerimientos de Conocimientos del Estudiante**

Para realizar la siguiente práctica propuesta el estudiante debe tener conocimientos básicos de neumática y los elementos, autómatas programables y HMI, software manejo del programa fluidSim y lenguaje ladder.

#### ➤ **Materiales requeridos**

- Unidad de mantenimiento
- Distribuidor de aire
- Cilindro simple efecto
- 2 cilindros de doble efecto
- Electroválvula 3/2
- 2 electroválvulas 5/2
- PLC Xinje
- TouchWin (HMI)

#### ➤ **Descripción del Ejercicio**

La secuencia que debe seguir es A+, A-, B+, C+, B-, C-.

Al cargar el programa tanto en la Touch como en el PLC se debe inicializar el programa oprimiendo el botón de encendido, el cilindro 1 trasladará a la caja a una banda transportadora (estación 1), el vástago del cilindro 2 desciende y sella la caja una vez realizado este paso la caja sigue su camino por medio de la banda transportadora hacia

la estación 2 donde un tercer cilindro empuja la caja terminando así el ciclo. Si un cilindro no se acciona o paso algo en las estaciones el proceso no continúa ya que la activación de los cilindros es por medio de sensores magnéticos que activan a los siguientes para continuar con el proceso.

### ➤ Grafica del Proceso en la TouchWin

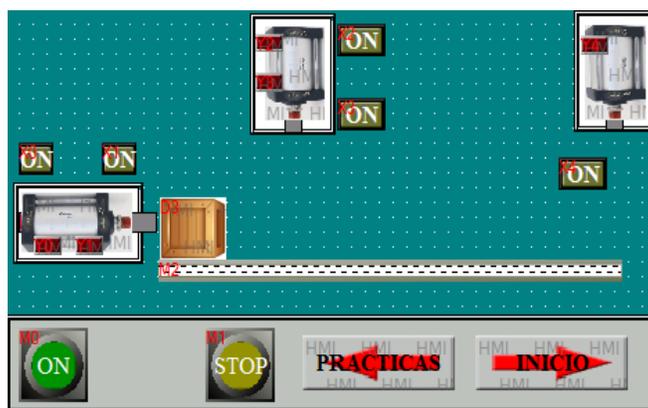


Figura 3.8. Gráfica TouchWin

### ➤ Diagrama de Fases

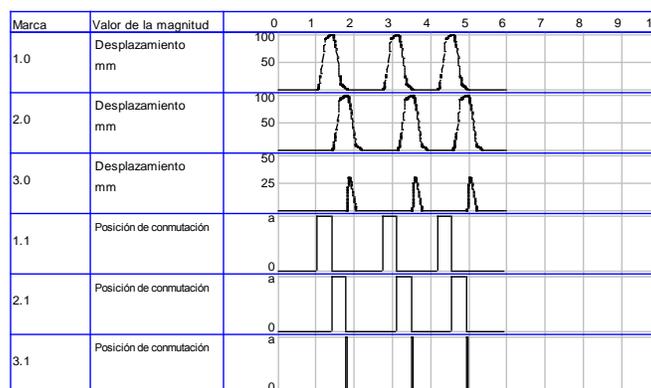


Figura 3.9. Diagrama de Fases

➤ Diagrama del Circuito Neumático en FluidSim

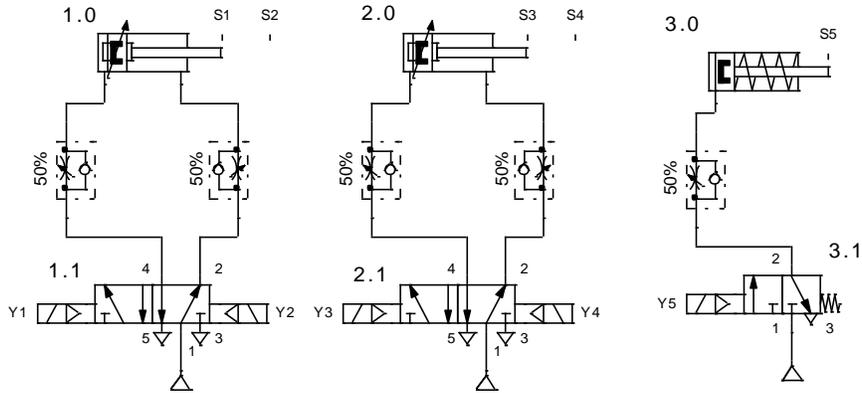


Figura 3.10. Circuito Neumático

➤ Diagrama Grafcet de la Práctica

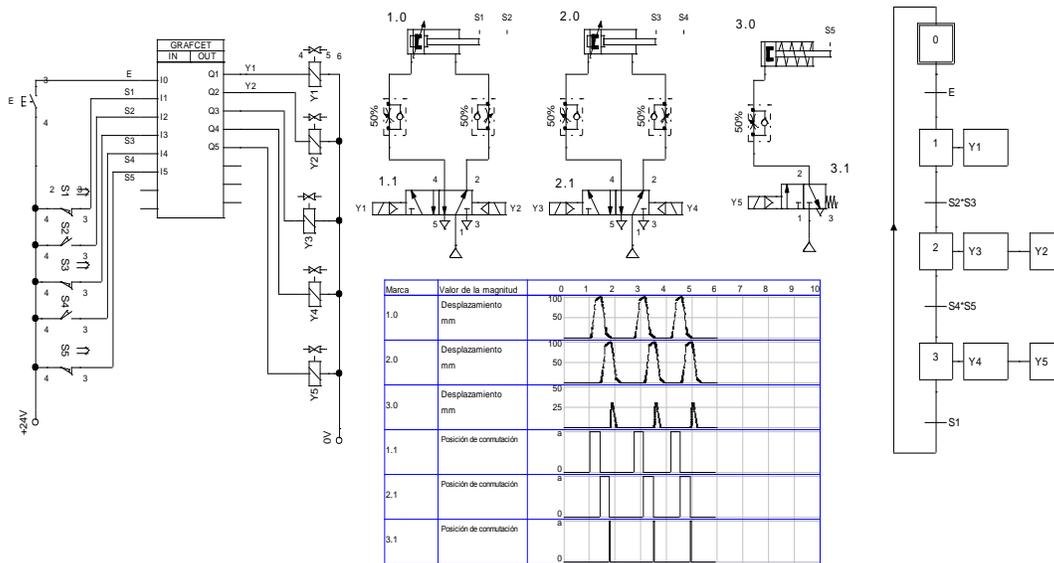


Figura 3.11. Diagrama Grafcet

## ➤ Diagrama eléctrico

Conectar el circuito de acuerdo al diagrama propuesto en la figura 3.12.

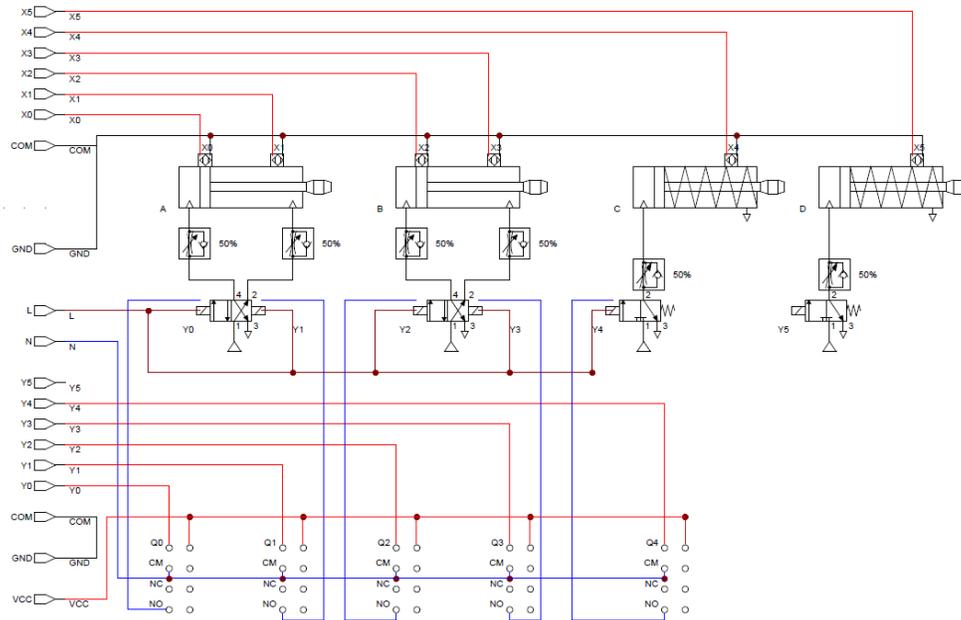


Figura 3.12. Diagrama Eléctrico de Conexiones

## ➤ Descripción de la Solución de la Práctica

### Posición normal:

En la posición normal el vástago de los 3 cilindros se encuentran adentro.

### Fase 1-2:

Oprimiendo el botón ON en la Touch el vástago del cilindro 1 empuja la caja hacia la banda transportadora al salir el vástago activa el sensor cual es el inicio para el cilindro 2.

### Fase 2-3:

El vástago del cilindro 2 sale sellando así la caja y activando el siguiente sensor que será el inicio del cilindro 3.

### Fase 3-2:

La caja se desplaza por medio de la banda hasta llegar al cilindro 3 el tiempo de viaje de la caja es controlada por un temporizador el vástago del cilindro 3 se activa y expulsa la caja, y repite la secuencia.

### Zona limite

Para que se realice la secuencia correcta deberán activarse los sensores en el orden indicado caso contrario se detendrá la secuencia ya que el siguiente cilindro se activa con el anterior.

#### ➤ Procedimiento para la Realización de la Práctica

Para iniciar, el estudiante deberá seleccionar la práctica a realizar, para esto deberá seguir los siguientes pasos:

1.- Ingresar a la carpeta que contienen las prácticas

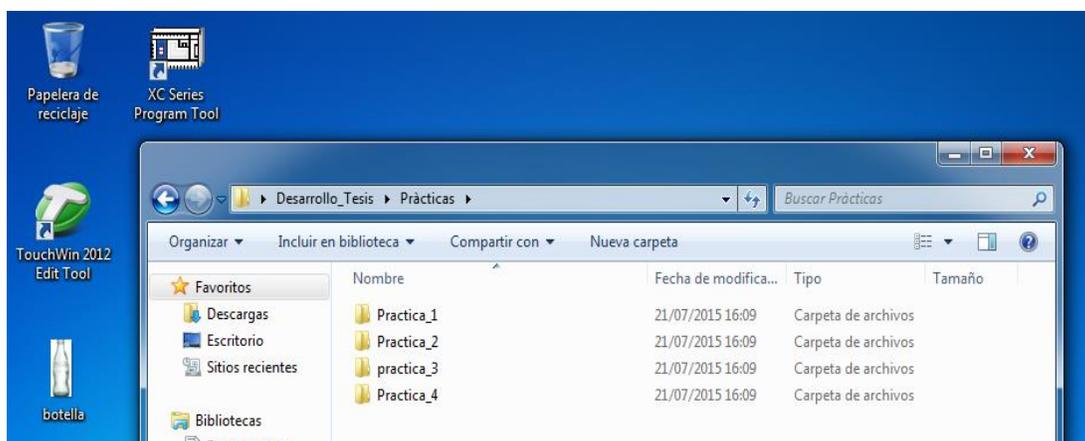


Figura 3.13. Ingreso a la carpeta de la Práctica

## 2.- Elegir la práctica 1

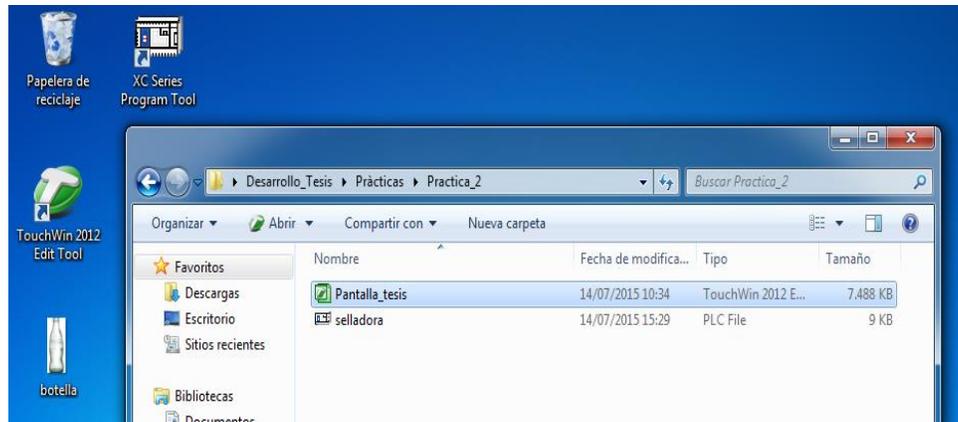


Figura 3.14. Selección de la Práctica

## 3.- Abrir el programa del HMI

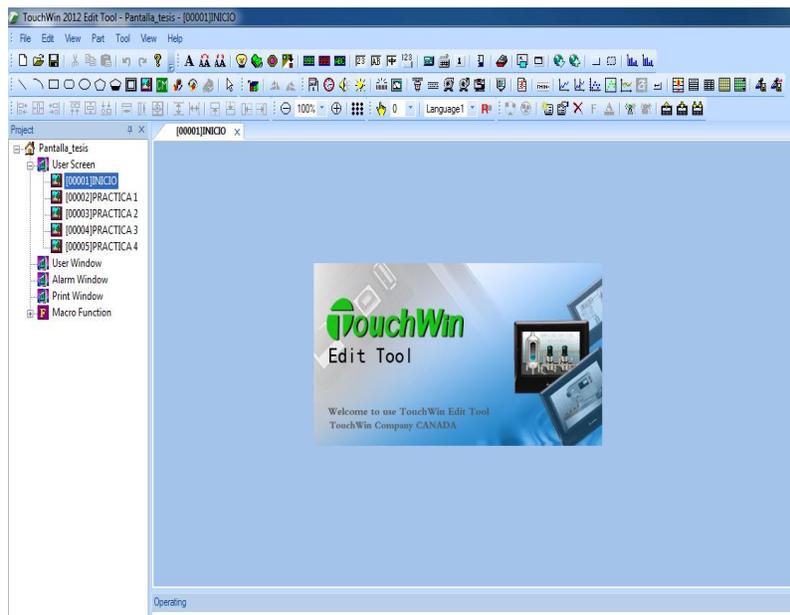


Figura 3.15. Programa TouchWin

4.- Seleccionar el modelo de PLC y cargar el programa

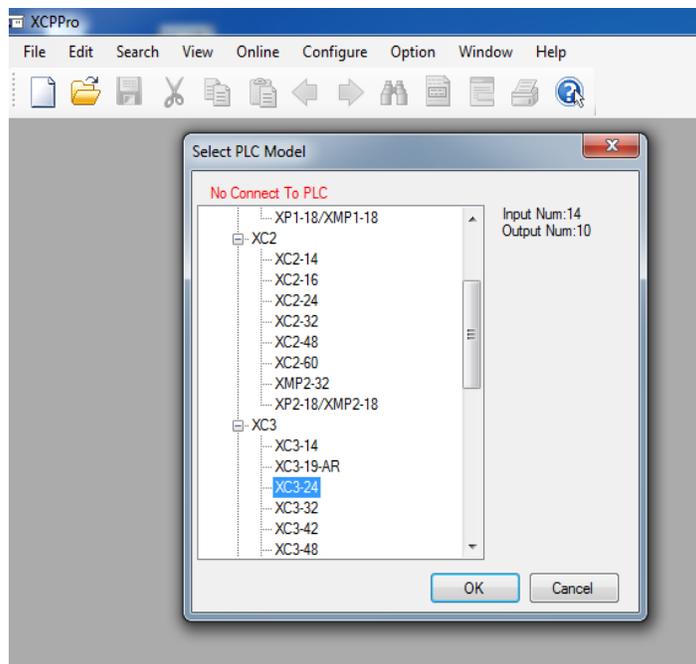


Figura 3.16. Programa PLC

5.- Seleccionar la práctica en el HMI

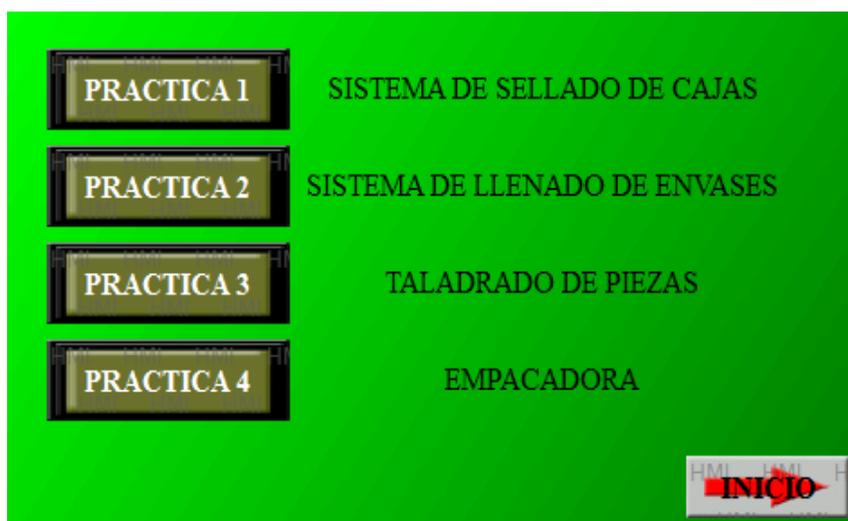


Figura 3.17. Practica HMI

## 6.- Cargamos el programa en la Touch



Figura 3.18. Pantalla

## 7.- Cargar programa en el PLC

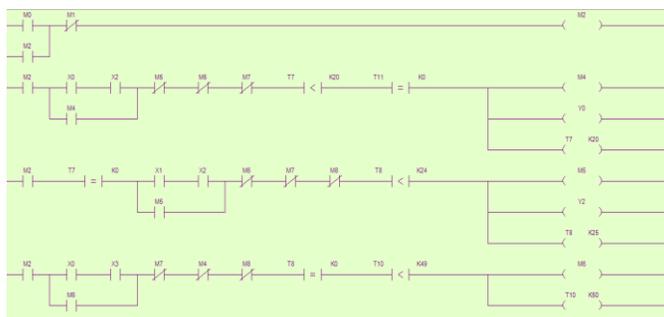


Figura 3.19. PLC

## 8.- Ejecutar la práctica dando clic en el botón ON en la Touch

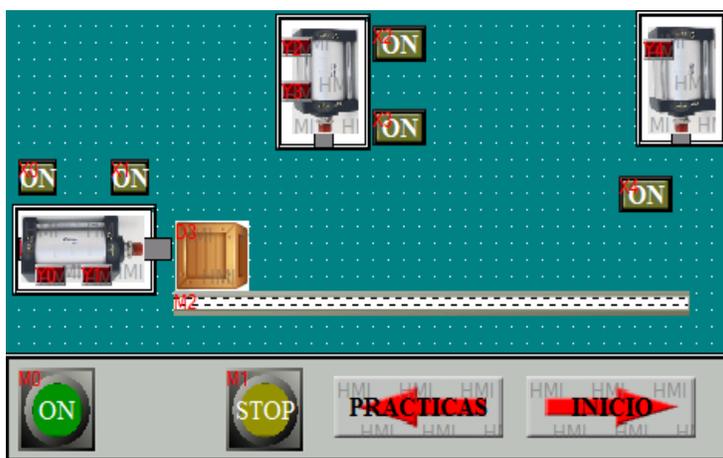


Figura 3.20. Inicio de la Práctica

### 3.4.2. Demo 2 Sistema de Llenado de Envases

#### ➤ **Objetivo General**

Desarrollar un programa que permita controlar un proceso industrial.

#### ➤ **Objetivos Específicos**

- Controlar electroválvulas 3/2, 5/2
- Activar cilindros de simple y doble efecto.

#### ➤ **Materiales Requeridos**

- Unidad de mantenimiento
- Distribuidor de aire
- Cilindro simple efecto
- 2 cilindros doble efecto
- Electroválvula 3/2
- 2 electroválvulas 5/2
- TouchWin (HMI)
- PLC Xinje

#### ➤ **Descripción del Ejercicio**

Mediante el encendido del controlador los cilindros se activan secuencialmente uno tras otro, siendo el ente activador los sensores magnéticos.

La secuencia que va a regir en esta práctica es la siguiente A+, A-, B+, B-, C+, C-.

Al cargar el programa en la Touch y PLC se debe inicializar el programa oprimiendo el botón de encendido, el cilindro 1 coloca la tapa en el envase, este se traslada mediante una banda transportadora (estación 1), el vástago del cilindro 2 desciende y sella el envase una vez realizado este paso el envase sigue hacia la estación 2 donde un tercer cilindro coloca la etiqueta correspondiente de esta manera se concluye el ciclo, el envase seguirá avanzando por la banda transportadora. Si un cilindro no se acciona o paso algo en las estaciones el proceso no continúa ya que la activación de los cilindros es por medio de sensores magnéticos que activan a los siguientes para continuar con el proceso.

➤ **Gráfica del Proceso en TouchWin**

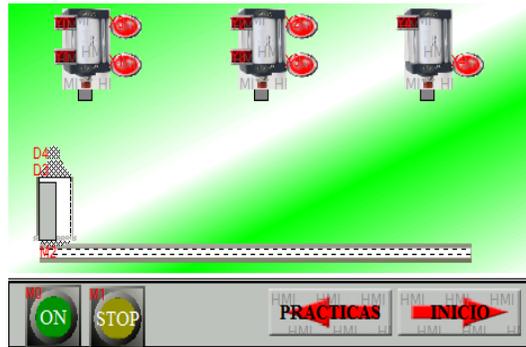


Figura 3.21. Grafica TouchWin

➤ **Diagrama de Fases**

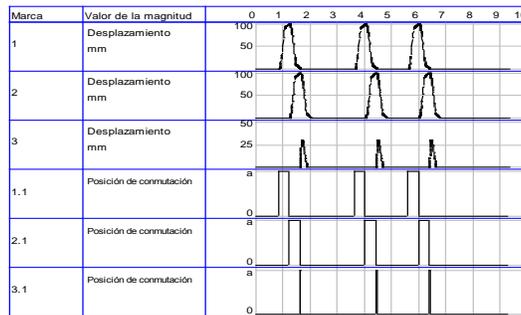


Figura 3.22. Diagrama de Fases

➤ **Diagrama del Circuito Neumático en FluidSim**

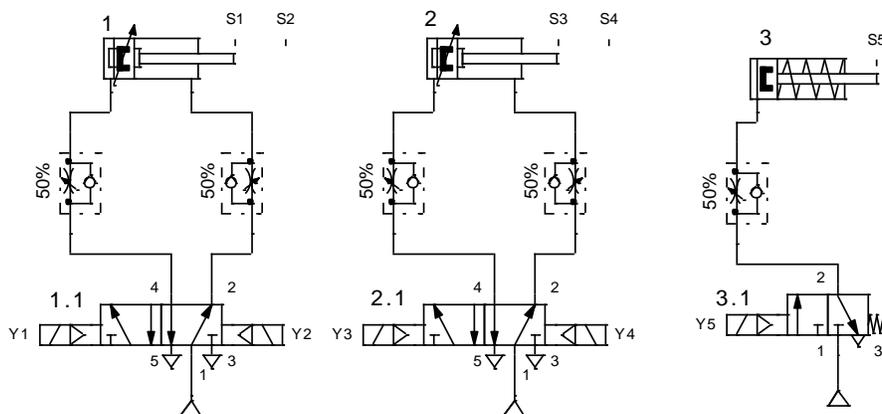


Figura 3.23. Circuito Neumático

➤ Diagrama Grafcet del Problema

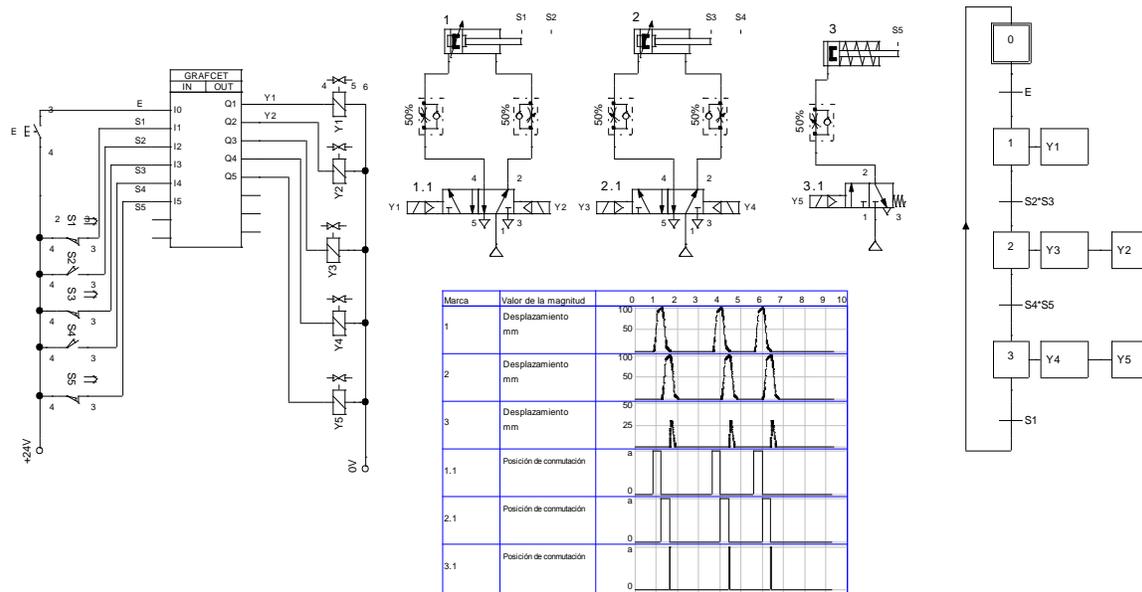


Figura 3.24. Diagrama Grafcet

➤ Diagrama eléctrico

Conectar el circuito de acuerdo al diagrama propuesto en la figura 3.25.

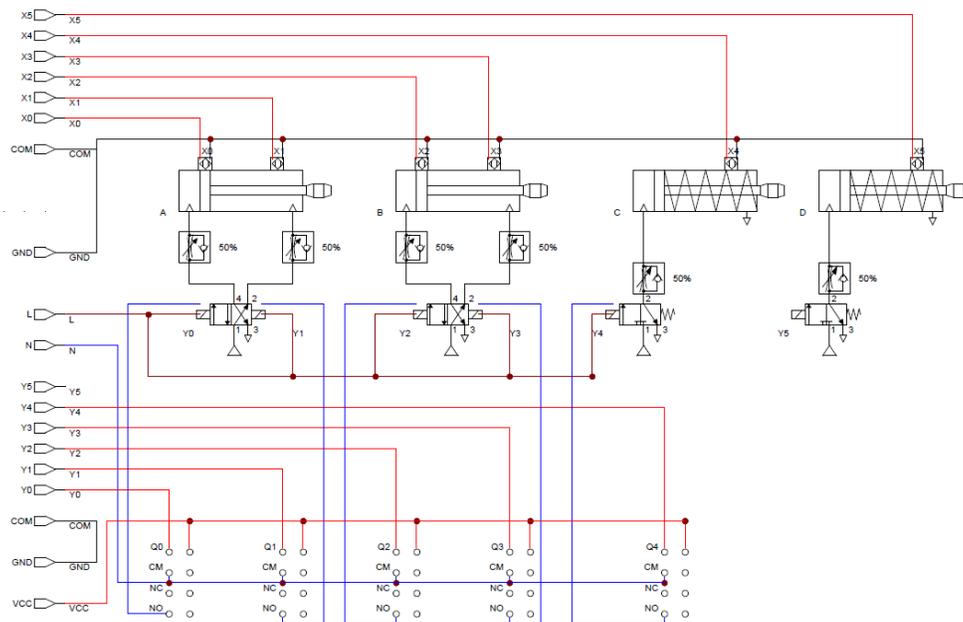


Figura 3.25. Diagrama Eléctrico de Conexiones

## ➤ Descripción de la Solución de la Práctica

### **Posición normal:**

En la posición inicial los vástagos de los tres cilindros se encuentran en reposo.

### **Fase 1-2:**

Inicializando el programa el primer cilindro se activa siempre y cuando el sensor me indique que el envase ya se encuentra en la posición indicada, el vástago desciende y empieza el llenado del envase, el tiempo de llenado está gobernado por temporizador, pasado este tiempo el sensor del cilindro 1 activa el cilindro 2.

### **Fase 2-3:**

Una vez terminad el llenado pasa al sellado, que realiza el cilindro 2 el vástago regresa a su posición de inicio activando al cilindro 3.

### **Fase 3-4:**

El cilindro 3 se encarga del etiquetado, de esta manera terminado la secuencia e iniciando al cilindro 1.

### **Zona limite**

Para que se realice la secuencia correcta deberán activarse los sensores en el orden indicado caso contrario se detendrá la secuencia ya que el siguiente cilindro se activa con el anterior.

### 3.4.3. Demo 3: Sistema de Taladrado de Piezas

#### ➤ **Objetivo General**

Desarrollar un programa que permita controlar un proceso industrial por medio de un HMI.

#### ➤ **Objetivos Específicos**

- Elaborar el programa para el PLC
- Controlar electroválvulas 3/2, 5/2
- Activar cilindros de simple y doble efecto.

#### ➤ **Materiales Requeridos**

- Unidad de mantenimiento
- Distribuidor de aire
- 1 cilindros simple efecto
- 2 cilindros doble efecto
- 1 electroválvula 3/2
- 2 electroválvulas 5/2
- TouchWin (HMI)
- PLC Xinje

#### ➤ **Descripción del Ejercicio**

Desarrollar un programa que permita el taladrado de piezas, mediante el control y accionamiento de electroválvulas y actuadores.

La secuencia que se utilizará en esta práctica es la siguiente A+, A-, B+,C+, C-,B-,A-

Al cargar el programa en la Touch y PLC se debe inicializar el programa oprimiendo el botón de encendido, el cilindro 1 y cilindro 2 ejercen una presión sobre la pieza a taladrar que viaja a través de una banda transportadora, cuando la pieza es sujeta, un tercer cilindro empieza a descender el cual realiza el taladrado este cilindro se mantiene abajo mediante un tiempo estimado T1, luego de haber realizado esta acción el cilindro vuelve a su posición original dando la señal a los otros dos cilindros de la misma manera volver a su estado original. Si un cilindro no se acciona o paso algo en las estaciones el proceso

no continúa ya que la activación de los cilindros es por medio de sensores magnéticos que activan a los siguientes para continuar con el proceso.

➤ **Gráfica del Proceso en TouchWin**



Figura 3.26. Gráfica TouchWin

➤ **Diagrama de Fases**

Marca	Valor de la magnitud	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Desplazamiento mm	100	50									
2	Desplazamiento mm	100	50									
3	Desplazamiento mm	50	25									
1.1	Posición de conmutación	a										
2.1	Posición de conmutación	a										
3.1	Posición de conmutación	a										

Figura 3.27. Diagrama de Fases

➤ **Diagrama del Circuito Neumático en FluidSim**

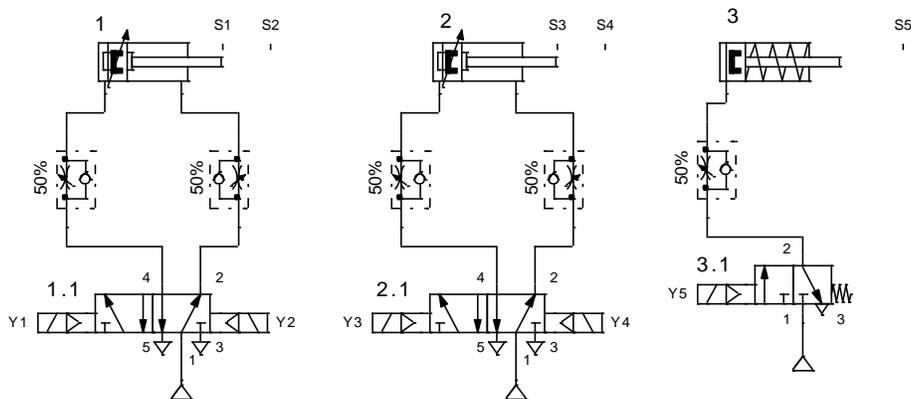


Figura 3.28. Diagrama Neumático

➤ Diagrama Grafcet

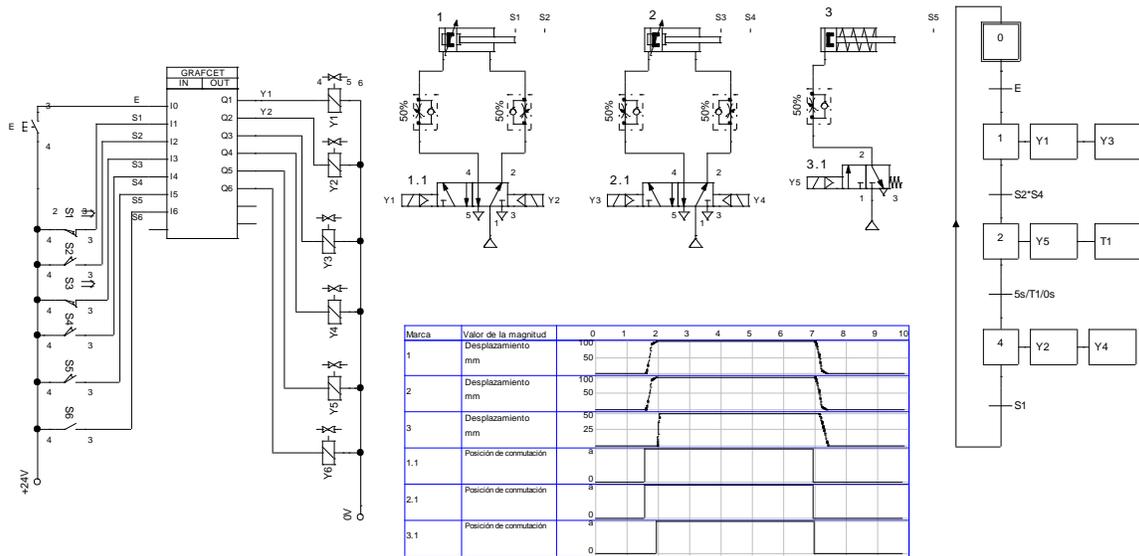


Figura 3.29. Diagrama Grafcet

➤ Diagrama eléctrico

Conectar el circuito de acuerdo al diagrama propuesto en la figura 3.30.

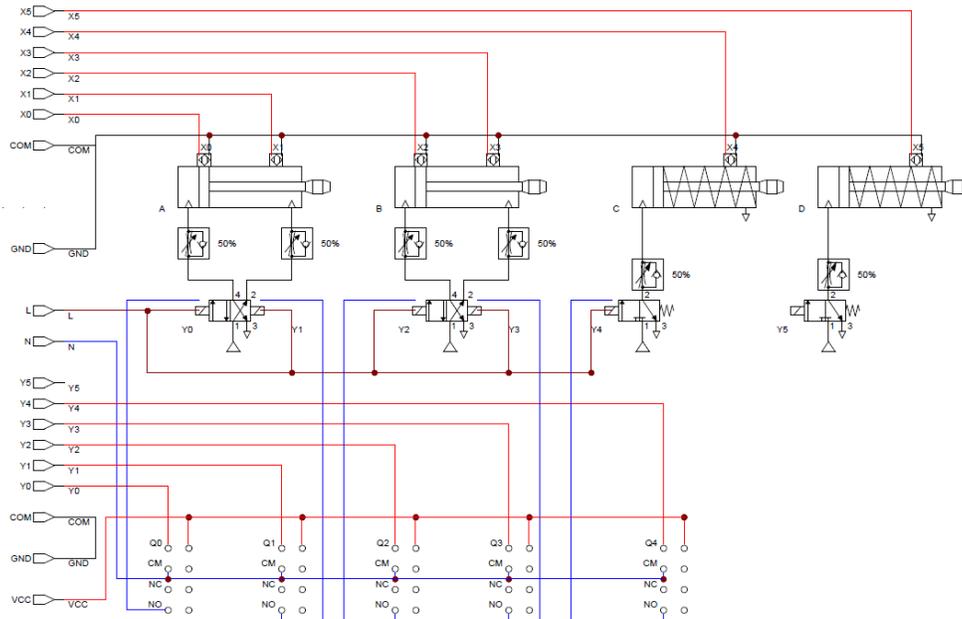


Figura 3.30. Diagrama Eléctrico de Conexiones

### ➤ Descripción de la Solución de la Práctica

#### **Posición normal:**

En la posición inicial los vástagos de los cilindros se encuentran en reposo.

#### **Fase 1-2:**

Inicializando el programa una banda transportadora traslada la pieza hasta el cilindro 1 y 2, se activan siempre y cuando el sensor me indique que la pieza ya se encuentra en la posición indicada, los vástagos del cilindro 1 y 2 sujetan la pieza, dando la señal al cilindro 3.

#### **Fase 2-3:**

El cilindro 3 desciende y empieza el taladrado, esto realiza con un temporizador, termina el taladrado y regresa a su posición inicial, los cilindros de sujeción regresan a su posición inicial terminando con el ciclo y activando el siguiente.

#### **Zona limite**

Para que se realice la secuencia correcta deberán activarse los sensores en el orden indicado caso contrario se detendrá la secuencia ya que el siguiente cilindro se activa con el anterior.

### **3.5. Diseño del informe de entrega de Prácticas**

En el anexo 3 se encuentra el formato de informe con el que se deberá desarrollar cada práctica.

### **3.6. Diseño de Prácticas**

En el anexo 4 se detallan las prácticas realizadas

## CAPITULO IV

### 4. Pruebas y resultados

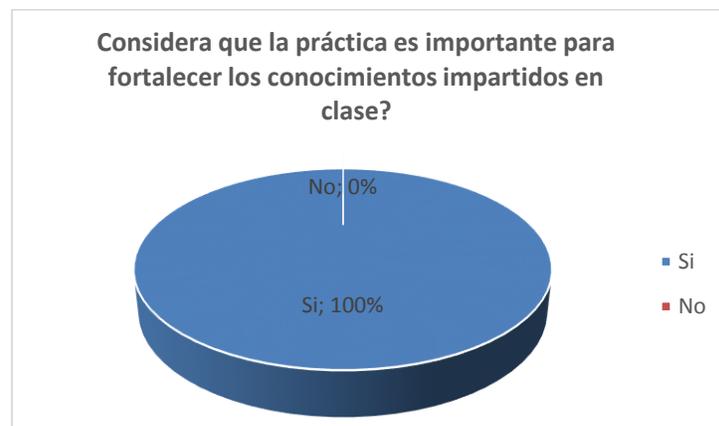
#### 4.1. Análisis de pruebas y resultados

Para obtener resultados sobre el módulo se diseñó una encuesta (anexo 5) para poder aplicar a los estudiantes de la carrera de ingeniería en Mecatrónica, de esta manera los datos obtenidos serán lo más fiables posibles.

Se realizó pruebas con el módulo a 20 con una posterior encuesta a estudiantes del sexto semestre de la materia de neumática correspondientes a la carrera de ingeniería en Mecatronica (anexo 6).

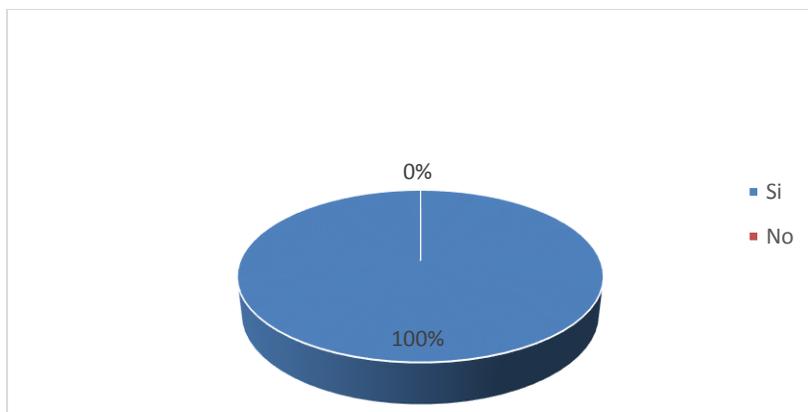
A continuación se muestran los resultados obtenidos y tabulados en excel con cuadros ilustrativos del porcentaje de aceptación que tiene el módulo de electroneumática presentado.

En la figura 4.1 muestran que el 100% de los estudiantes da mucha importancia a la realización de prácticas para una mejor comprensión y asimilación de conocimientos.



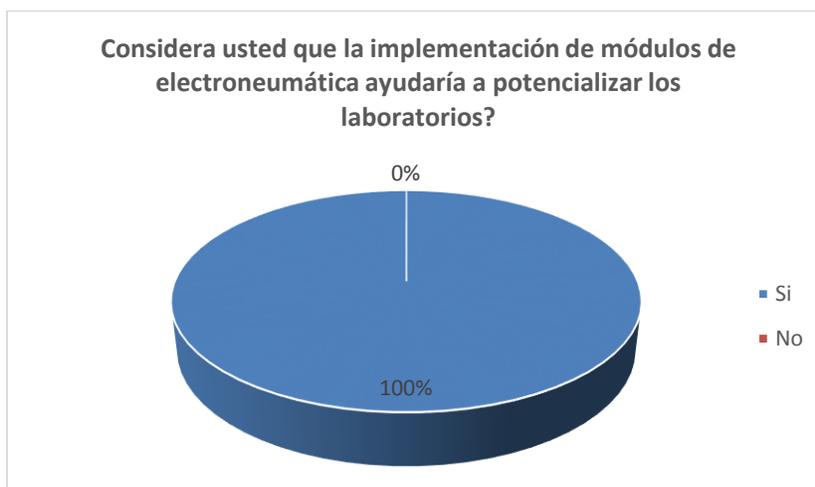
*Figura 4.1.1 Resultados Pregunta 1*

La figura 4.2 muestra que el 100% de los estudiantes aseguran que el módulo es muy representativo a la hora de armonizar la teoría con la práctica, debido a que esto ayuda a fortalecer y retener los nuevos conocimientos adquiridos por los estudiantes



*Figura 4.1.2 Resultados pregunta 2*

La figura 4.3 indica que el 100% de los estudiantes expresan que el módulo ayudará a ampliar el material didáctico y fortalecer los laboratorios para el mejoramiento continuo y el desarrollo del conocimiento.



*Figura 4.1.3 Resultados pregunta 3*

La interfaz gráfica con la que cuenta el módulo es similar a la utilizada en maquinarias para la industria, nos muestra o simula el proceso que realiza el equipo, la figura 4.4, indica el grado de aceptación del 75% de los estudiantes de la carrera, lo que indica que es útil para el desarrollo de aplicaciones y su desarrollo académico, mientras que un 25% le da un valor medio de aceptación a la interfaz.

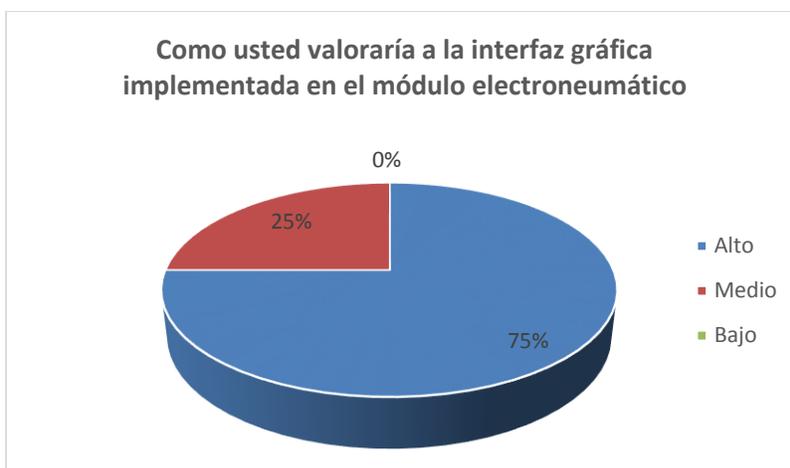


Figura 4.1.4 Resultados pregunta 4

El módulo fue diseñado bajo normas ISO 9241 sobre diseño de mobiliario y siguiendo pautas como: flexibilidad, ergonomía, didáctica, lo que hacen un módulo apta para el desarrollo de prácticas, en la figura 4.5 se corrobora el diseño presentado, con un 81% de aceptación de los estudiantes, de igual manera un 19% del universo consultado lo califica como medio.

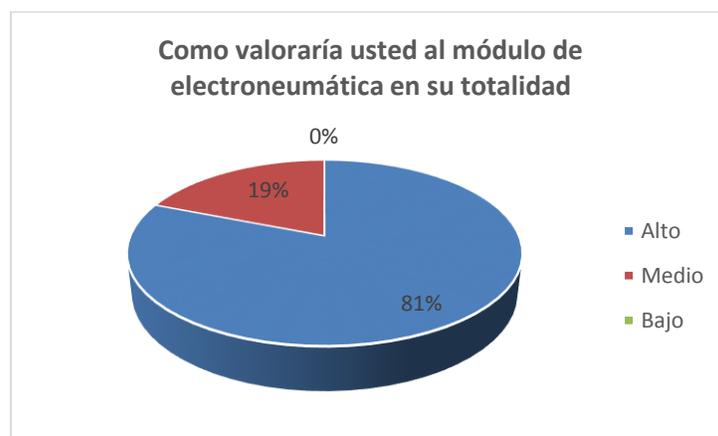
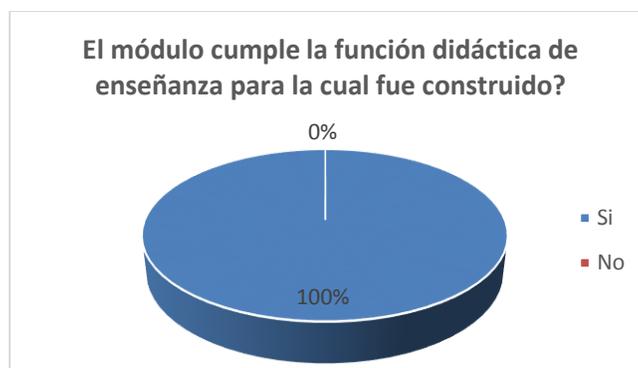


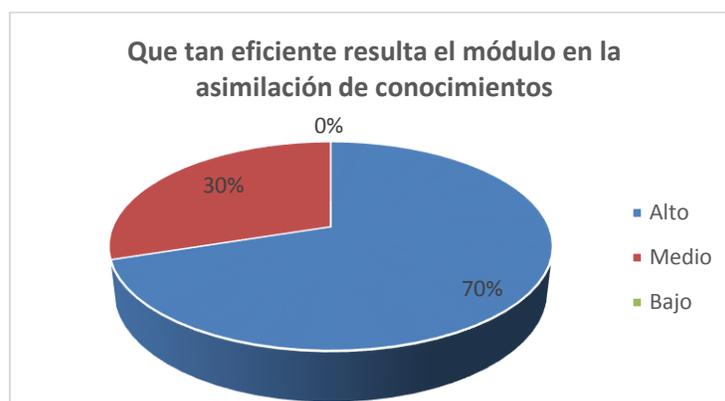
Figura 4.1.5 Resultados pregunta 5

La figura 4.6 muestra el 100% de aceptación como resultado obtenido.



*Figura 4.1.6 Resultados pregunta 6*

La eficiencia se relaciona con los recursos empleados para alcanzar un resultado, determinado, de esta manera se observa en la figura 4.7, que un 70% de los estudiantes fortalecen sus conocimientos al realizar prácticas en el módulo, pero hay un número considerable de estudiantes que lo califica como medio, que se debe tomar en cuenta para implementaciones futuras de módulos.



*Figura 4.1.7 Resultados Pregunta 7*

La finalidad con la que se construyó el módulo fue simular procesos industriales y es con lo que cuenta el módulo, los estudiantes pudieron practicar y observar que es posible la simulación de dichos procesos, en la figura 4.8 se muestra que el 100% de encuestados ve reflejado el trabajo y la ayuda que presenta el módulo de electroneumática.



Figura 4.1.8 Resultados pregunta 8

Realizando un análisis de los resultados obtenidos en su totalidad, el módulo implementado tiene una buena aceptación por parte de los estudiantes y son ellos quienes darán uso de este material didáctico, sacándole el mayor provecho en su formación académica como tal.

# CAPITULO V

## 5. Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1. CONCLUSIONES

- Con los conocimientos adquiridos durante la carrera se ha diseñado y seleccionado técnicamente la forma y dimensiones del módulo, el mismo que brinda facilidad en la operación y mantenimiento del mismo.
- El módulo construido brinda la facilidad de acondicionar los elementos en cualquier parte del tablero gracias a que todos sus elementos son desmontables.
- Las normas de diseño fueron de mucha ayuda, estas normas ayudaron con lineamientos de ergonomía, flexibilidad, calidad, etc., para garantizar la construcción del módulo y precautelar la salud del practicante.
- Se ha seleccionado correctamente los cilindros, válvulas, mangueras y acoples, los cuales son apropiados para las condiciones de trabajo, sean estas presión, temperatura, humedad.
- Para la selección de elementos fue necesario revisar otros tableros y sus componentes para reunir la información necesaria de los aspectos que debe cumplir cada elemento, de esta manera tener un panorama amplio y realizar una selección adecuada de dichos elementos.
- El módulo cuenta con el PLC robusto, de tal manera que permite su ampliación a las necesidades futuras agregando módulos de expansión, lo cual permitirá desarrollar circuitos electroneumáticos de más complejidad.
- En la implementación para el control se utiliza una Touch, por su facilidad de conexión y comunicación con el PLC y el Ordenador, esto ayuda a una mejor comprensión de los procesos y una rápida solución al problema planteado.
- En el manual de prácticas se encuentra detalladas las guías de prácticas, lo que permite una ayuda al profesor en la resolución y planteamiento de las mismas.
- Se puede concluir finalmente la necesidad de importancia de enlazar la teoría con la práctica, resultados que fueron obtenidos de la encuesta realizada a los estudiantes de Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Sacar provecho al máximo y realizar la implementación de algunos elementos que faltan que por la economía no permitió completar el módulo.
- Se recomienda a los estudiantes que aprovechen este módulo en la realización de nuevas prácticas o que en un futuro implementen nuevos equipos para obtener nuevas experiencias en la ingeniería.
- Se recomienda al momento de ejecutar las prácticas, verificar en la HMI que sea la misma que está corriendo en el PLC, debido a que en las animaciones llevan las mismas marcas, lo que ocasiona que el programa falle o no funcione.
- En el módulo y con sus elementos que posee se puede realizar cualquier tipo de prácticas electroneumática, pero las secuencias solo se puede realizar hasta cuatro cilindros.

## Bibliografía

- CARVAJAL, M. (2009). [http://www.fadp.edu.co/uploads/ui/articulos/LA\\_DIDACTICA.pdf](http://www.fadp.edu.co/uploads/ui/articulos/LA_DIDACTICA.pdf).
- COBO, R. (2015). *El ABC de la Automatización*. Obtenido de <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/hmi.pdf>
- Corrales, L. (Diciembre de 2007). *bibdigital.epn.edu.ec*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10020/2/PARTE%202.pdf>
- CREUS, A. (2007). *Neumàtica e Hidràulica*. España: Marcombo.
- definicion.de. (2015). Obtenido de <http://definicion.de/ergonomia>:  
<http://definicion.de/ergonomia/#ixzz3gSBXvCfl>
- ERAZO, V. E. (2013). Obtenido de <http://www.porex.com/es/products/other-aplications/pneumatic-sillencers/>.
- es.scribd.com*. (04 de 05 de 2015). Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/52796915/capitulo-5-automation-studio>
- ESCALERA, M., & RODRIGUEZ, A. (2015). *actuadores Neumaticos*. Obtenido de <http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm>.
- Festo. (2016). *festo-didactic*. Obtenido de festo-didactic: [www.festo-didactic.com](http://www.festo-didactic.com)
- Festo Didactic. (2013). *www.festo-didactic.com*. Obtenido de [http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/didactic\\_katalog\\_2013\\_es\\_small.pdf](http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/didactic_katalog_2013_es_small.pdf)
- <http://catarina.udlap.mx>. (11 de 05 de 2015). Obtenido de [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lmt/maza\\_c\\_ac/capitulo4.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/maza_c_ac/capitulo4.pdf)
- <http://www.ehu.eus>. (s.f.). Obtenido de [http://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/361\\_ca.pdf](http://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/361_ca.pdf)
- INACAP. (02 de 02 de 2002). <http://www.solucionesenhidraulica.com.mx>. Obtenido de <http://www.solucionesenhidraulica.com.mx/archivos/Manual-Hidraulica-y-Neumatica.pdf>
- ing.unlp.edu.ar*. (s.f.). Obtenido de <http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/ApuntePLC.pdf>

*Introduccion a HMI.* (2015). Obtenido de

<http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>

Pany, M., & Scharf, S. (04 de 2005). Obtenido de [www.festo-didactic.com](http://www.festo-didactic.com)

Prada, C. (s.f). *Diseño Flexible*.

ROLDAN, J. (2007). *Neumàtica, Hidraulica y Electricidad Aplicada* . Thonson Paraninfo.

ROSERO, Y. (2009). *bibdigital EPN*. Obtenido de

[bibdigital.epn.edu.ec/.../LENGUAJES%20DE%20PROGRAMACION](http://bibdigital.epn.edu.ec/.../LENGUAJES%20DE%20PROGRAMACION)

TANGIENT, L. (2013). *fundamentacion neumatica*. Obtenido de

<http://fundamentacionneumatica.wikispaces.com>

[www.roydisa.es](http://www.roydisa.es). (08 de 03 de 2015). Obtenido de <http://www.roydisa.es/calcular-la-fuerza-que-desarrolla-un-cilindro-neumatico-y-su-consumo-de-aire/>

Xinje Electronic Co., L. (2016). *Xinje*. Obtenido de [www.xinje.com](http://www.xinje.com)

## ANEXO 1



# IEC-61439

## VISTA GENERAL

La Norma IEC-61439 es un estándar definido por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) destinado a garantizar la concepción óptima y el buen funcionamiento de tableros armados. Aborda todos los temas relacionados con un Tablero Eléctrico (o CONJUNTO, según la definición de esta Norma) desde sus características mecánicas, operacionales y funcionales, hasta las condiciones de transporte, guardado e instalación. Se aplica a tableros eléctricos de baja tensión con una tensión nominal máxima de 1000V en corriente alterna o 1500V en corriente continua

Los objetivos del cumplimiento de esta normativa son garantizar la seguridad de la instalación y las personas, así como la vida útil del tablero, reducir la tasa de falla asociada a su concepción, normalizar la definición de posibilidades de armado orientadas a un mantenimiento óptimo con opciones de intervención bajo carga.

Para esto, la norma establece los requisitos de la concepción asociados a los materiales constructivos, la protección contra la corrosión, la resistencia mecánica, la resistencia a la radiación ultravioleta, las propiedades de las piezas aislantes, distancias de fuga, el funcionamiento de partes removibles, las barreras y formas de separación internas, la resistencia al cortocircuito, las características constructivas de partes y equipos destinadas a asegurar la compatibilidad electromagnética, etc.

Para esto, la Norma establece que para cada tipo de CONJUNTO solamente son necesarias dos normas principales para determinar todos los requisitos y métodos de verificación correspondientes, esto es, la Norma básica o parte 1 (IEC-61439-1), que establece los requisitos generales, y la Norma específica del CONJUNTO (IEC-61439-2/3/4/5). Esta Norma hace referencia también a otras normas asociadas a los componentes individuales del CONJUNTO.

# IEC 61439

IEC 61439-1  
Reglas generales

IEC 61439-2  
Conjuntos armados

IEC 61439-3  
Tableros de repartición

IEC 61439-4  
Tableros de faena

IEC 61439-5  
Tableros de distribución

IEC 61439-6  
Canalizaciones prefabricadas

IEC 61439-7  
Vehículos eléctricos

NUEVA EDICIÓN 2012

### OBSERVACIÓN

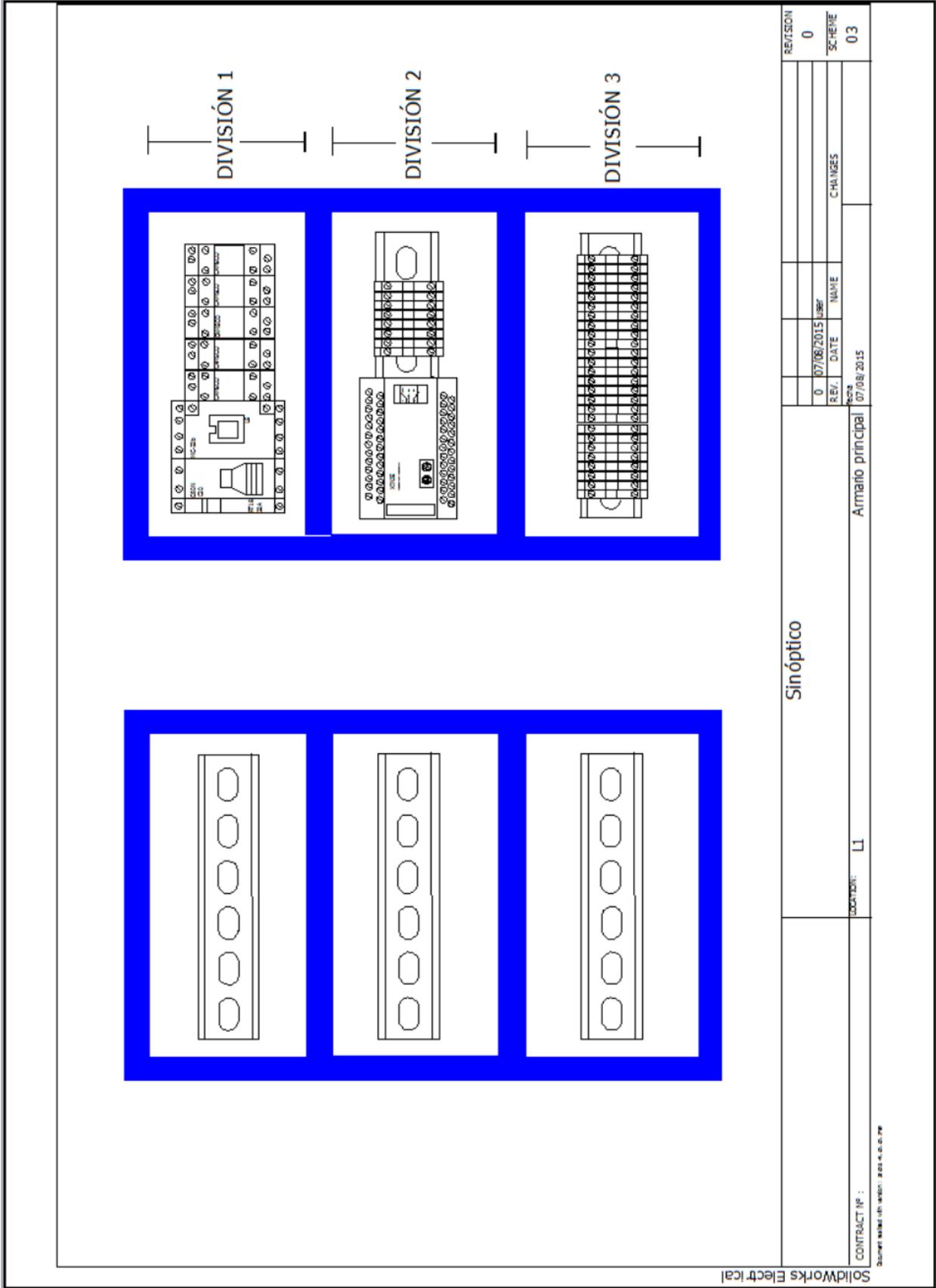
La conformidad no puede ser establecida sobre la sola base de reglas generales (IEC-61439-1). Los conjuntos armados deben estar conformes a las normas específicas que le son dedicadas; en este caso las Normas IEC-61439-2, IEC-61439-3, IEC-61439-4, IEC-61439-5.

### DEFINICIÓN DE CONJUNTO

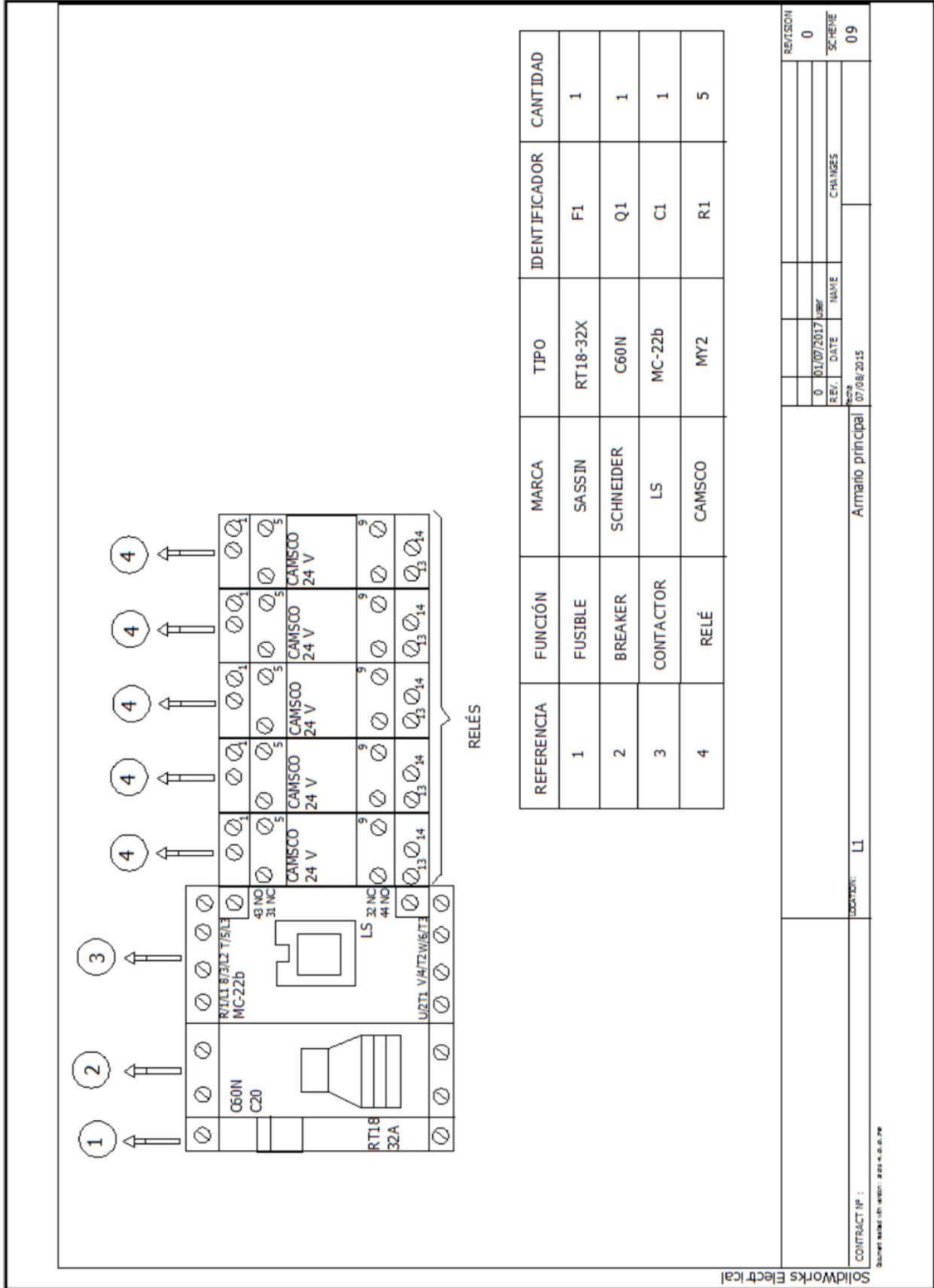
«Sistema completo de componentes eléctricos y mecánicos (envolvente, juegos de barra, unidades funcionales, etc.) tales que, definidos por el fabricante (Legrand), son destinados a ser armados según sus instrucciones»

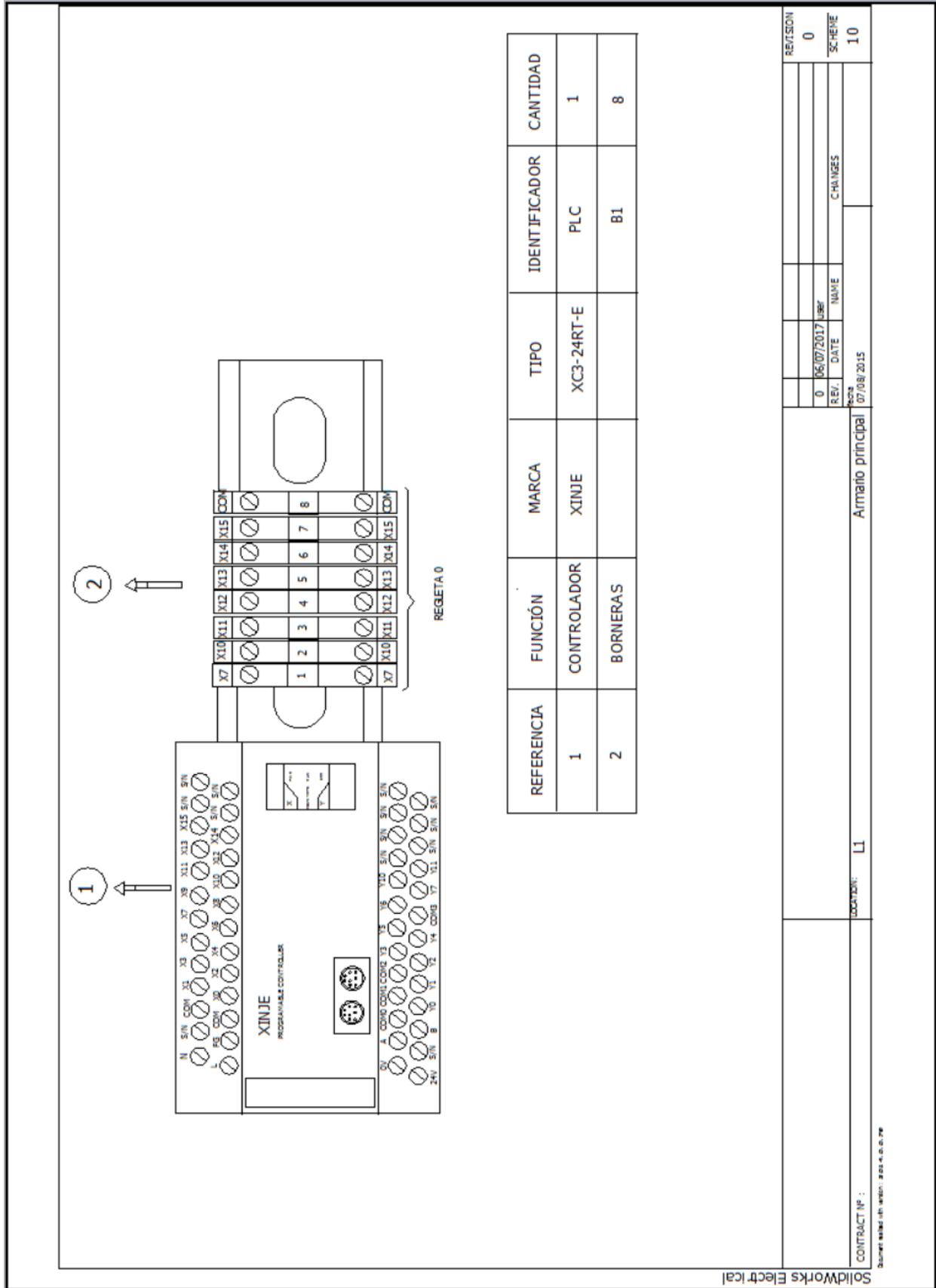
Ejemplo: Armario de distribución.





CONTRACT Nº :		L1		REVISION		0	
PROJECT Nº :		Armaio principal		REV.		07/08/2015	
DRAWING Nº :		L1		DATE		07/08/2015	
DRAWING NAME :		Armaio principal		NAME		CHANGES	
DRAWING SCALE :				SCHEME		03	





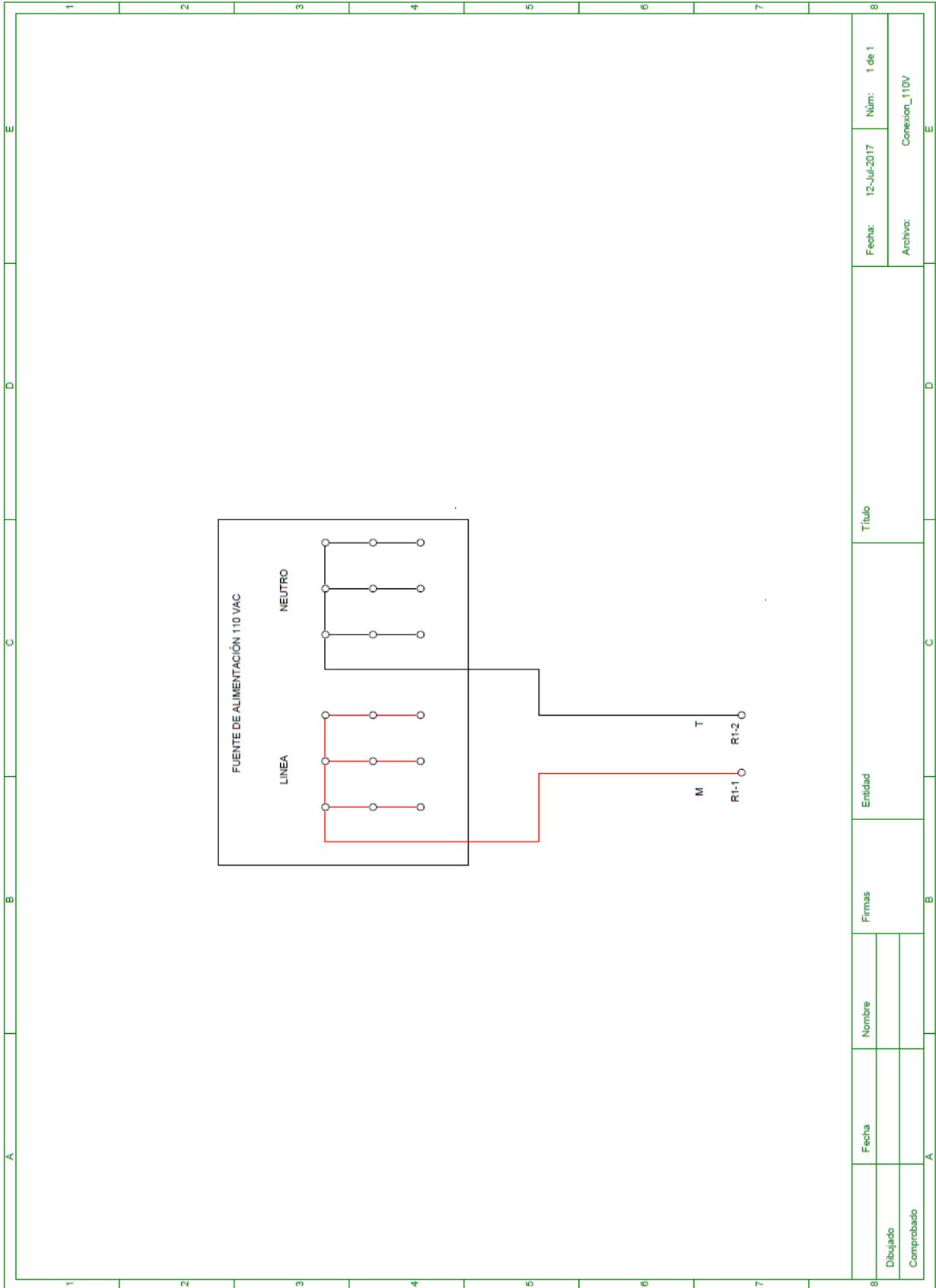
REFERENCIA	FUNCIÓN	MARCA	TIPO	IDENTIFICADOR	CANTIDAD
1	CONTROLADOR	XINJE	XC3-24RT-E	PLC	1
2	BORNERAS			81	8

REVISION	REV.	DATE	NAME	CHANGES	SCHEME
0	06/07/2017	JMBF			
10	07/08/2015	JMBF			

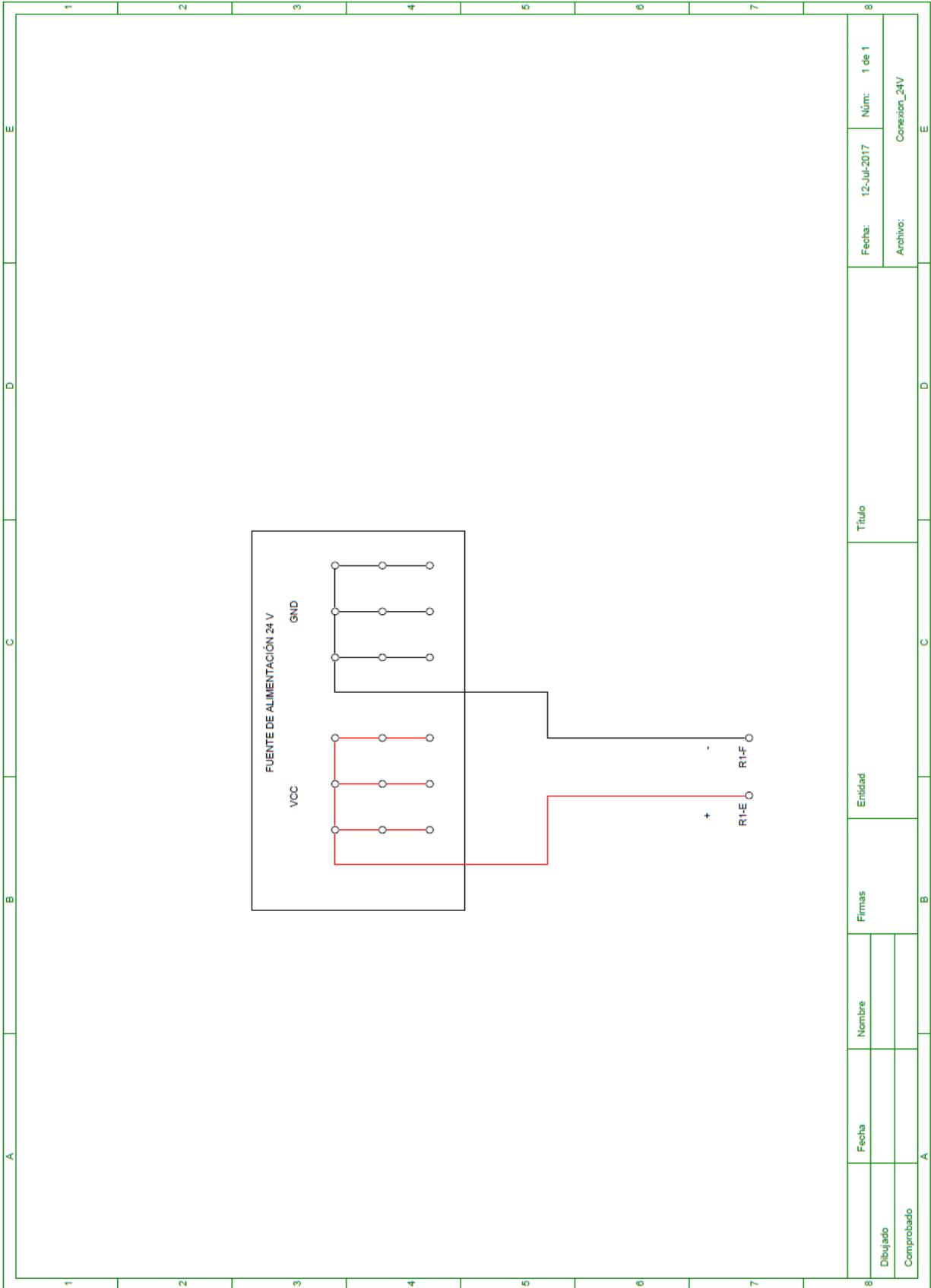
CONTRACT Nº : LI LOCATION: Armatío principal Fecha: 07/08/2015



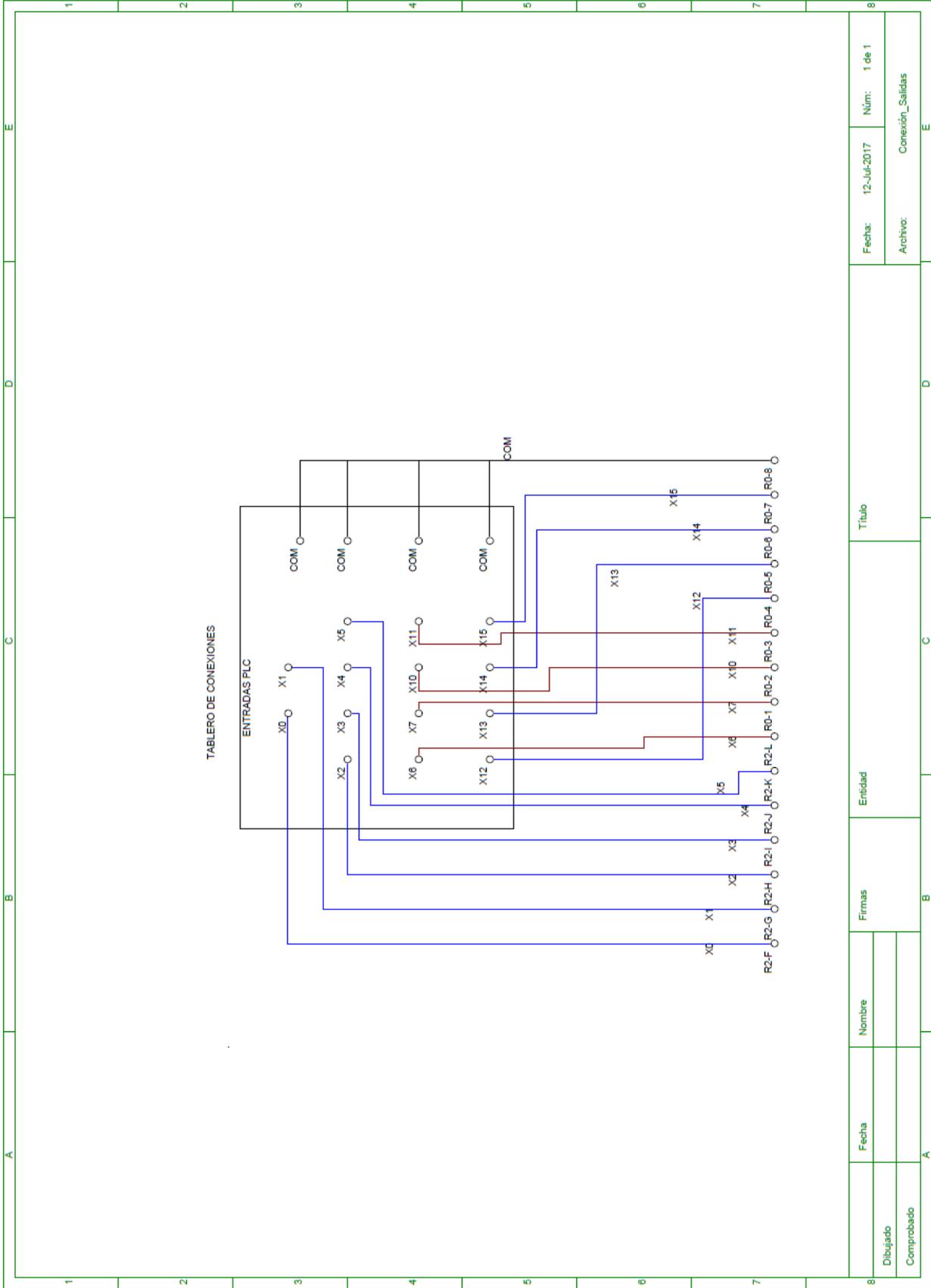
A		B		C		D		E																																																																																																																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																															
<p><b>TABLERO DE CONEXIONES</b></p>																																																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">LINEA</th> <th colspan="2">CONEXIONES 110V</th> <th colspan="4">FUENTE DE ALIMENTACIÓN 24 V</th> <th colspan="3">ENTRADAS FLC</th> <th colspan="3">SALIDAS FLC</th> <th colspan="4">RELÉS AUXILIARES</th> </tr> <tr> <th>NEUTRO</th> <th></th> <th>VCC</th> <th>GND</th> <th>X0</th> <th>X1</th> <th>COM</th> <th>X2</th> <th>X3</th> <th>X4</th> <th>X5</th> <th>Y0</th> <th>Y1</th> <th>Y2</th> <th>Y3</th> <th>COM1</th> <th>COM2</th> <th>COM3</th> <th>Q1</th> <th>Q2</th> <th>Q3</th> <th>Q4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>										LINEA	CONEXIONES 110V		FUENTE DE ALIMENTACIÓN 24 V				ENTRADAS FLC			SALIDAS FLC			RELÉS AUXILIARES				NEUTRO		VCC	GND	X0	X1	COM	X2	X3	X4	X5	Y0	Y1	Y2	Y3	COM1	COM2	COM3	Q1	Q2	Q3	Q4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LINEA	CONEXIONES 110V		FUENTE DE ALIMENTACIÓN 24 V				ENTRADAS FLC				SALIDAS FLC			RELÉS AUXILIARES																																																																																																										
	NEUTRO		VCC	GND	X0	X1	COM	X2	X3	X4	X5	Y0	Y1	Y2	Y3	COM1	COM2	COM3	Q1	Q2	Q3	Q4																																																																																																		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">A</th> <th colspan="2">B</th> <th colspan="2">C</th> <th colspan="2">D</th> <th colspan="2">E</th> </tr> <tr> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> <th>13</th> <th>14</th> <th>15</th> <th>16</th> <th>17</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fecha</td> <td>Nombre</td> <td colspan="2">Firmas</td> <td colspan="2">Entidad</td> <td colspan="2">Titulo</td> <td>Fecha:</td> <td>12-Jul-2017</td> </tr> <tr> <td>Dibujado</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Archivo:</td> <td>TABLEROS DE CONEXION</td> </tr> <tr> <td>Comprobado</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Núm: 1 de 1</td> </tr> </tbody> </table>										A		B		C		D		E		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Fecha	Nombre	Firmas		Entidad		Titulo		Fecha:	12-Jul-2017	Dibujado								Archivo:	TABLEROS DE CONEXION	Comprobado									Núm: 1 de 1																																																													
A		B		C		D		E																																																																																																																
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17																																																																																																															
Fecha	Nombre	Firmas		Entidad		Titulo		Fecha:	12-Jul-2017																																																																																																															
Dibujado								Archivo:	TABLEROS DE CONEXION																																																																																																															
Comprobado									Núm: 1 de 1																																																																																																															



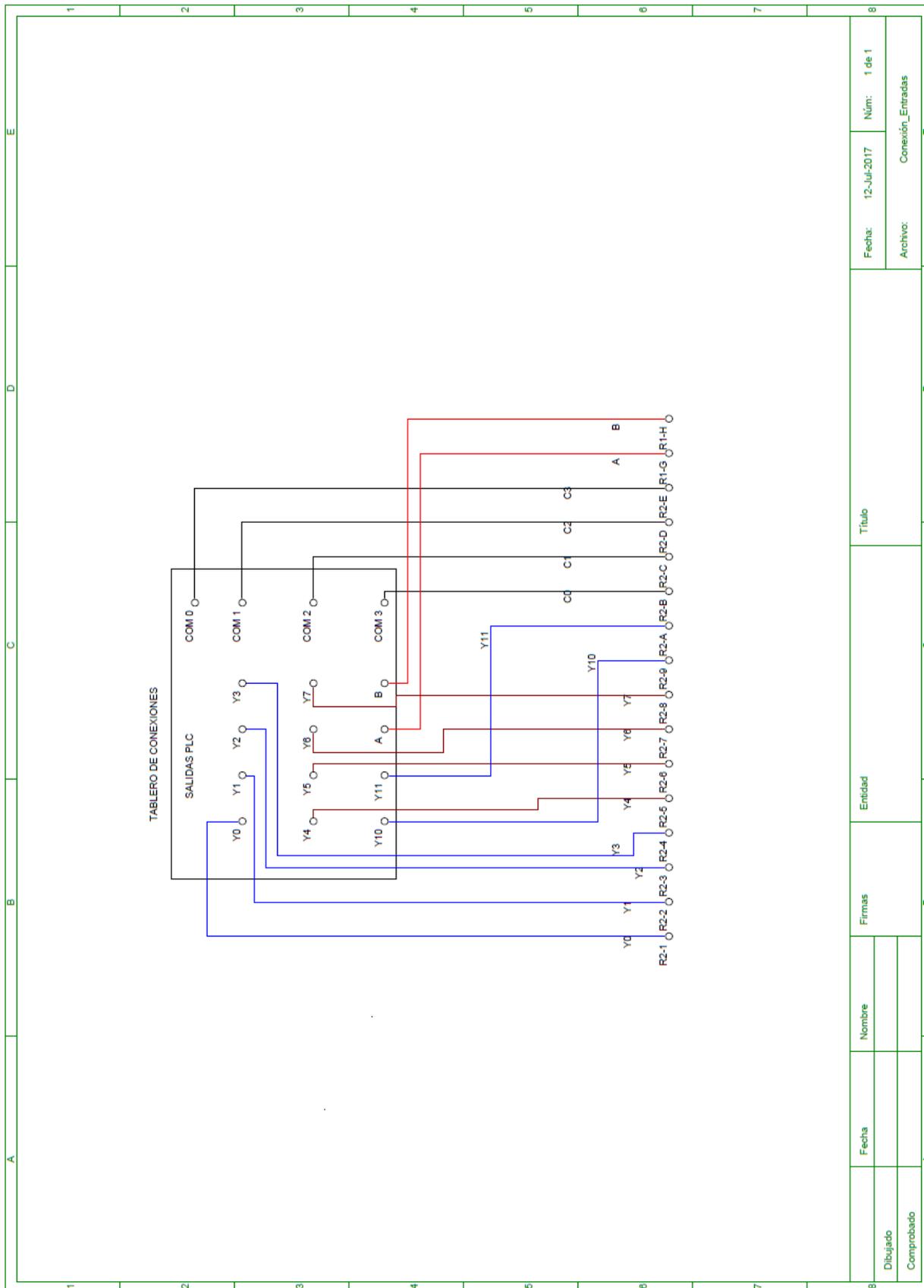
Fecha		12-Jul-2017		Núm: 1 de 1	
Dibujado		Comprobado		Archivo: Conexion_110V	
Firmas		Entidad		Título	
Nombre					



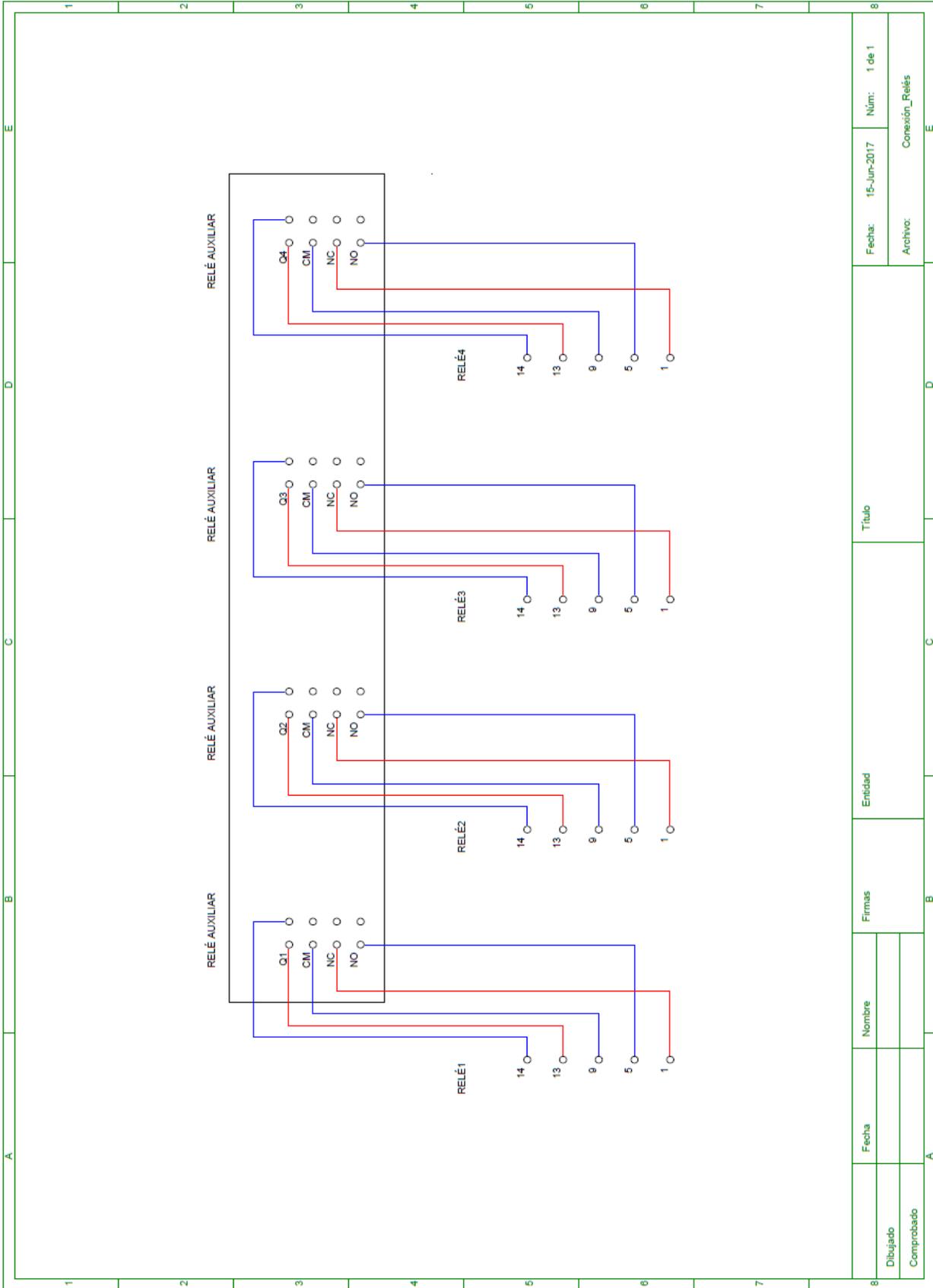
Fecha		Nombre		Firmas		Entidad		Titulo		Fecha: 12-Jul-2017		Núm: 1 de 1	
Dibujado										Archivo:		Conexion_24V	
Comprobado													



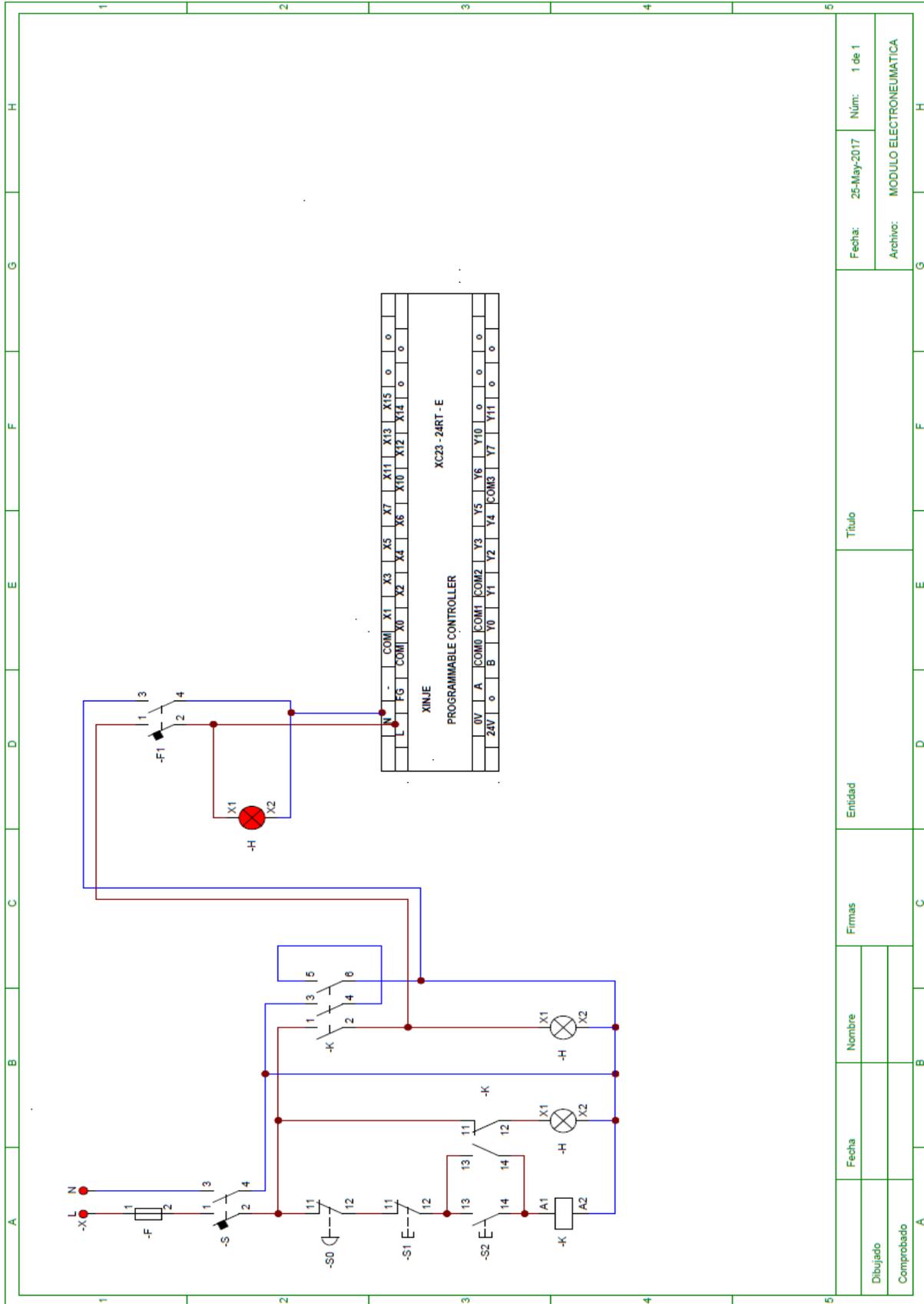
A	B	C	D	E	1	2	3
Fecha	Nombre	Entidad		Título	Fecha:	Núm:	1 de 1
Dibujado	Comprobado				12-Jul-2017	Conexión_Salidas	
A	B	C	D	E	6	7	8



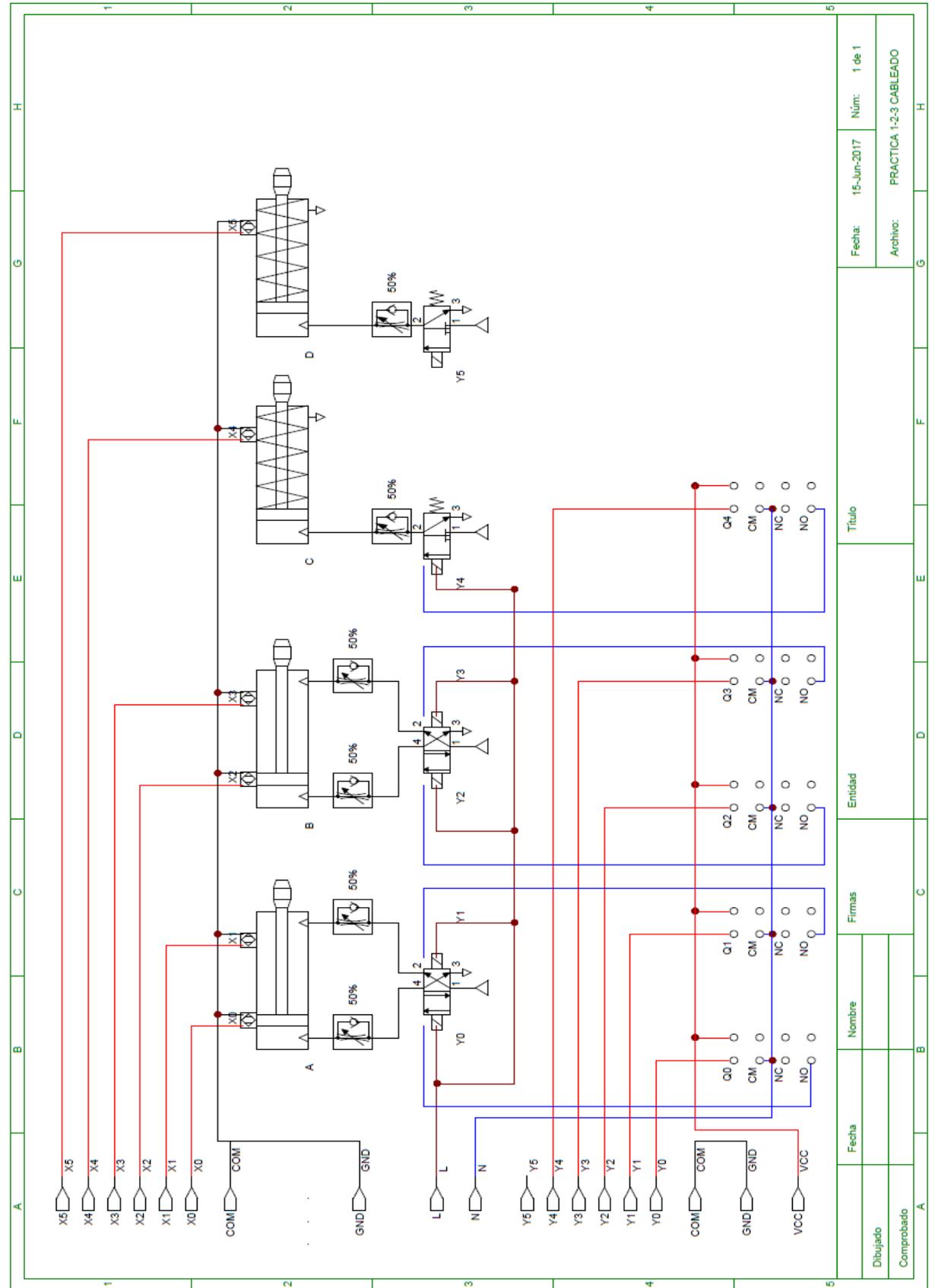
Fecha	Nombre	Firmas	Entidad	Título	Fecha:	Núm:	1 de 1
Dibujado	Comprobado				12-Jul-2017	Conexión_Entradas	
					Archivo:		



Fecha		15-Jun-2017		Fecha		15-Jun-2017	
Dibujado		Nombre		Firmas		Entidad	
Comprobado		Nombre		Firmas		Entidad	
Título				Título			
Núm: 1 de 1				Núm: 1 de 1			
Conexión_Relés				Conexión_Relés			

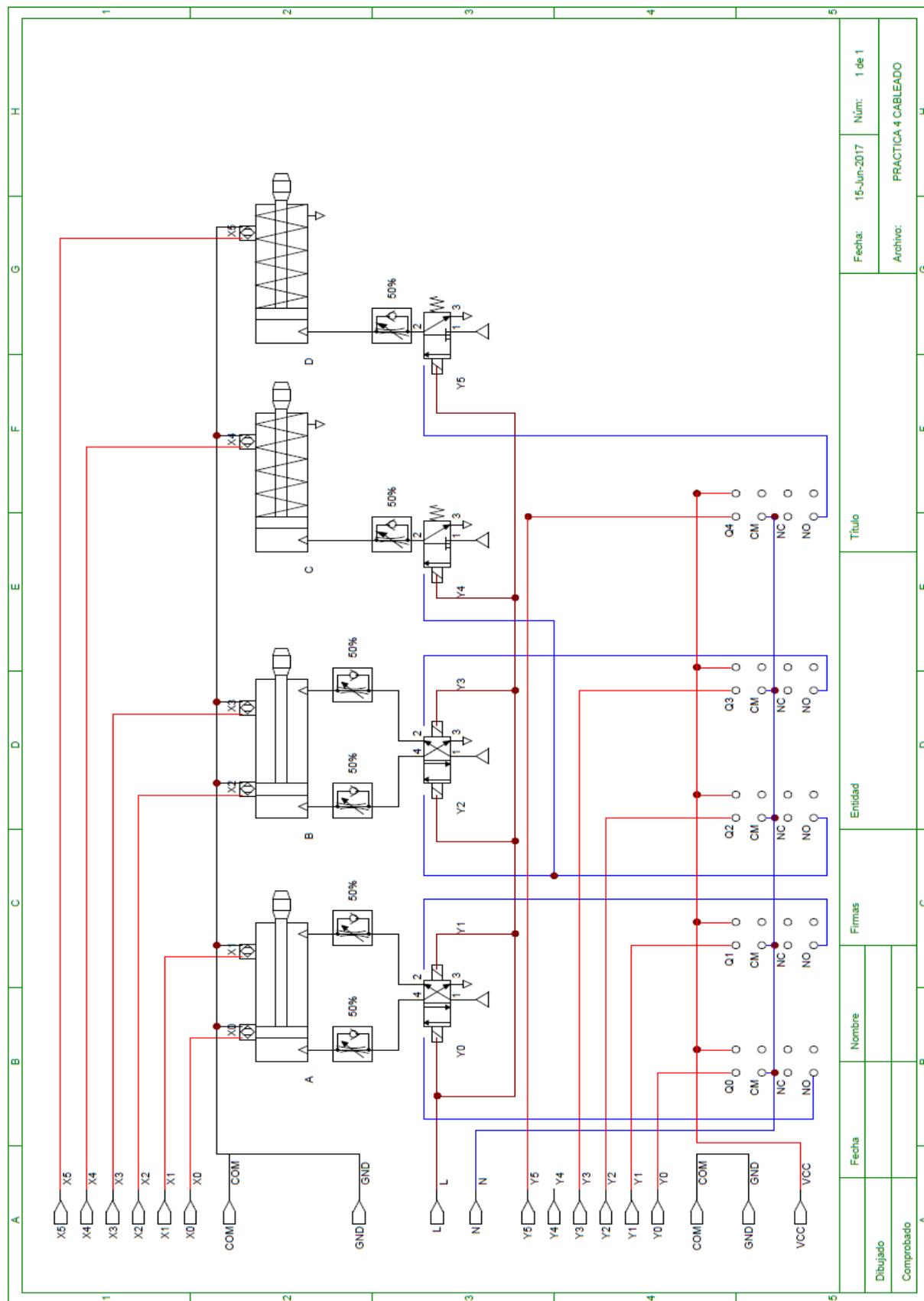


Dibujado		Fecha		Nombre		Firmas		Entidad		Título		Fecha: 25-May-2017		Núm: 1 de 1	
Comprobado												Archivo: MODULO ELECTRONEUMATICA			



Fecha: 15-Jun-2017		Núm: 1 de 1	
Dibujado		Título	
Comprobado		Entidad	
Fecha		Firmas	
Nombre		Entidad	
Comprobado		Título	
Nombre		Entidad	
Comprobado		Título	

Archivo: PRACTICA 1-2-3 CABLEADO



Fecha: 15-Jun-2017		Núm: 1 de 1	
Dibujado		Título	
Comprobado		Entidad	
Fecha		Firmas	
Nombre		Entidad	
Fecha		Núm: 1 de 1	
Comprobado		Archivo: PRACTICA 4 CABLEADO	



## ANEXO 4

### Práctica 1: Cizalla

#### 1.1. Objetivo General

Desarrollar e implementar un programa para un proceso industrial de corte de perfil estructural.

##### 1.1.1. Objetivos Específicos

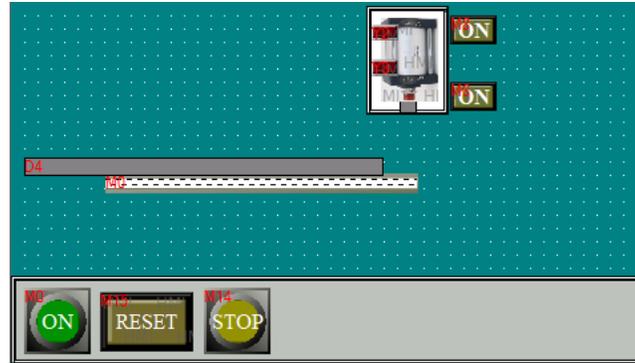
- Conocer el funcionamiento de los actuadores.
- Elaborar el programa para el PLC y HMI.
- Desarrollar el diagrama grafcet.

#### 1.2. Materiales Requeridos

- Unidad de mantenimiento
- Distribuidor de aire
- 1 cilindros doble efecto
- 1 electroválvulas 5/2
- TouchWin (HMI)
- PLC Xinje

#### 1.3. Preparatorio

- Tener en claro los conceptos y el funcionamiento sobre actuadores neumáticos, electroválvulas.
- Realizar el grafcet del ejercicio, circuito neumático y de fases.
- Realizar el diagrama eléctrico de la práctica.
- Realizar el diseño de la práctica en el software TouchWin del proceso planteado como práctica. Para la realización del diseño puede seguir el propuesto a continuación o el estudiante podrá realizar su propio diseño.



#### 1.4. Introducción

Desarrollar un programa para el corte de perfiles, mediante el control y accionamiento de electroválvulas y actuadores.

Con la ayuda del software TouchWin diseñar y programar la interfaz y control de la Touch Screen, la pantalla debe tener dos pulsadores, uno de encendido y el otro de stop.

#### 1.5. Descripción de la Práctica

- **Posición normal:**

En la posición inicial el vástago del cilindro se encuentran en reposo.

- **Fase 1-2:**

Inicializando el programa una banda transportadora traslada el perfil hasta un tope que es la medida de corte, el vástago del cilindro desciende y realiza el corte.

- **Fase 2-3:**

El cilindro asciende y el perfil es alimentado hasta el tope, de esta manera terminando el ciclo.

- **Zona limite**

Para que se realice la secuencia correcta deberán activarse los sensores en el orden indicado caso contrario se detendrá la secuencia.

#### 1.6. Informe

Se debe realizar el informe de la práctica siguiendo el modelo planteado en el anexo 3 y realizando las gráficas a continuación solicitadas.

- Gráfica del Proceso en TouchWin
- Diagrama de Fases
- Diagrama del Circuito Neumático en FluidSim
- Diagrama Grafcet
- Diagrama eléctrico

## **Práctica 2: Estampadora**

### **2.1. Objetivo General**

Conocer el funcionamiento de los actuadores, electroválvulas y del controlador lógico programable

#### **2.1.1. Objetivos Específicos**

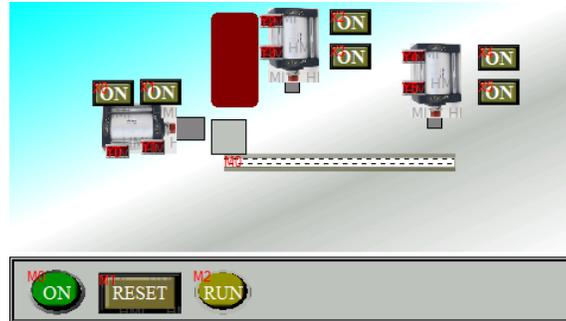
- Conocer el proceso a controlar
- Elaborar el programa para el PLC y HMI.
- Implementar el circuito neumático y de control para el proceso

### **2.2. Materiales Requeridos**

- Unidad de mantenimiento
- Distribuidor de aire
- 1 cilindros simple efecto
- 2 cilindros doble efecto
- 1 electroválvula 3/2
- 2 electroválvulas 5/2
- TouchWin (HMI)
- PLC Xinje

### **2.3. Preparatorio**

- Tener en claro los conceptos y el funcionamiento electroválvulas 3/2 y 5/2,
- Realizar la secuencia de cilindros A+,B+,B-, A-,C+,C- con la ayuda del software fluidSim
- Realizar el graficet del ejercicio, circuito neumático y de fases.
- Realizar el diagrama eléctrico de la práctica.
- Realizar el diseño de la práctica en el software TouchWin del proceso planteado como práctica. Para la realización del diseño puede seguir el propuesto a continuación o el estudiante podrá realizar su propio diseño.



## 2.4. Introducción

Una empresa necesita identificar las piezas de un determinado producto, por lo que se pide desarrollar un programa que nos permita realizar dicho trabajo

En una máquina han de marcarse unas piezas. La alimentación de las piezas es a través de un depósito de caída, siendo empujadas con velocidad moderada contra un tope y sujetadas mediante el cilindro de doble efecto 1, marcadas mediante el cilindro de doble efecto 2 y expulsadas mediante el cilindro 3, de simple efecto. Si un cilindro no se acciona o paso algo en las estaciones el proceso no continúa ya que la activación de los cilindros es por medio de sensores magnéticos que activan a los siguientes para continuar con el proceso.

## 2.5. Descripción de la Práctica

- **Posición normal:**

En la posición inicial los vástagos de los cilindros se encuentran en reposo.

- **Fase 1-2:**

Inicializando el programa, las piezas son alimentadas por un dosificador vertical, el cilindro 1 es activado llevando a la pieza hasta un tope lo que activa al cilindro 2.

- **Fase 2-3:**

El cilindro 2 se activa y realiza el marcado de la pieza, regresa a su posición inicial, del mismo modo el cilindro 1 regresa a su posición inicial, se activa el cilindro 3.

- **Fase 3-4:**

El cilindro 3 es el encargado de expulsar las piezas, regresa a su posición inicial de esta manera termina el ciclo.

- **Zona limite**

Para que se realice la secuencia correcta deberán activarse los sensores en el orden indicado caso contrario se detendrá la secuencia ya que el siguiente cilindro se activa con el anterior.

## **2.6. Informe**

Se debe realizar el informe de la práctica siguiendo el modelo planteado en el anexo 3 y realizando las gráficas a continuación solicitadas.

- Gráfica del Proceso en TouchWin
- Diagrama de Fases
- Diagrama Grafcet
- Diagrama eléctrico

## **Práctica 3: Plegadora**

### **3.1. Objetivo General**

Desarrollar e implementar un programa para el proceso de doblado de perfiles.

#### **3.1.1. Objetivos Específicos**

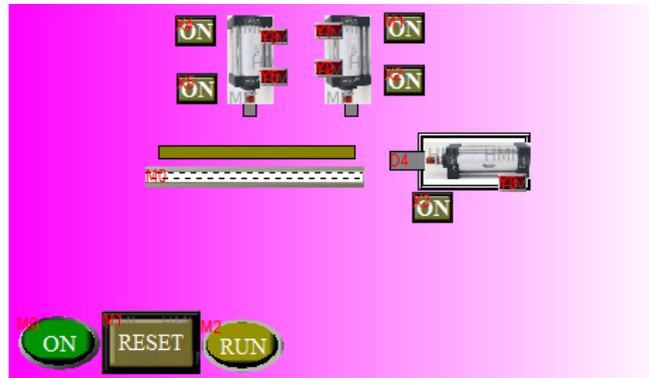
- Conocer el proceso a controlar
- Saber la resistencia que presenta el perfil
- Elaborar el programa para el PLC y HMI.
- Implementar el circuito neumático y de control para el proceso

### **3.2. Materiales Requeridos**

- Unidad de mantenimiento
- Distribuidor de aire
- 1 cilindros simple efecto
- 2 cilindros doble efecto
- 1 electroválvula 3/2
- 2 electroválvulas 5/2
- TouchWin (HMI)
- PLC Xinje

### **3.3. Preparatorio**

- Tener en claro los conceptos y el funcionamiento de los software de programación del PLC y la Touch Screen.
- Realizar el graficet del ejercicio, circuito neumático y de fases.
- Realizar la siguiente secuencia de cilindros en el software fluidSim A+, B+, B-, C-, C-, A-.
- Realizar el diagrama eléctrico de la práctica.
- Realizar el diseño de la práctica en el software TouchWin del proceso planteado como práctica. Para la realización del diseño puede seguir el propuesto a continuación o el estudiante podrá realizar su propio diseño.



### 3.4. Introducción

Desarrollar un programa para el doblado de perfiles, mediante el control y accionamiento de electroválvulas y actuadores.

Se desarrollará tanto el programa para el PLC como para la Touch, a la vez implementar el circuito de conexión neumático y eléctrico. Al cargar el programa en la Touch y PLC se debe inicializar el programa oprimiendo el botón de encendido, el cilindro 1 es accionado presionando el perfil, el cilindro 2 se activa el cual realiza la acción de doblado del material, el tercer cilindro es activado, se encarga de realizar un segundo doblado, de esta manera se termina con el proceso. Si un cilindro no se acciona o paso algo en las estaciones el proceso no continúa ya que la activación de los cilindros es por medio de sensores magnéticos que activan a los siguientes para continuar con el proceso.

### 3.5. Descripción de la Práctica

- **Posición normal:**

En la posición inicial los vástagos de los cilindros se encuentran en reposo.

- **Fase 1-2:**

Inicializando el programa una banda transportadora traslada el perfil hasta llegar al cilindro 1, el cual lo presiona y activa el cilindro 2.

- **Fase 2-3:**

El cilindro 2 se activa y realiza el doblado del perfil regresando a su posición inicial y activando el cilindro 3.

- **Fase 3-4:**

El cilindro 3 cambia a una posición 2, realiza un segundo doblado y regresa a su posición inicial, finalmente el cilindro 1 regresa a su posición inicial y termina el ciclo.

- **Zona limite**

Para que se realice la secuencia correcta deberán activarse los sensores en el orden indicado caso contrario se detendrá la secuencia ya que el siguiente cilindro se activa con el anterior.

### **3.6. Informe**

Se debe realizar el informe de la práctica siguiendo el modelo planteado en el anexo 3 y realizando las gráficas a continuación solicitadas.

- Gráfica del Proceso en TouchWin
- Diagrama de Fases
- Diagrama del Circuito Neumático en FluidSim
- Diagrama Grafcet
- Diagrama eléctrico

## **Práctica 4: Sistema de Empacado de Piezas**

### **4.1. Objetivo de la Práctica**

Desarrollar e implementar un programa para un proceso industrial por medio de un PLC y HMI.

#### **4.1.1. Objetivos Específicos**

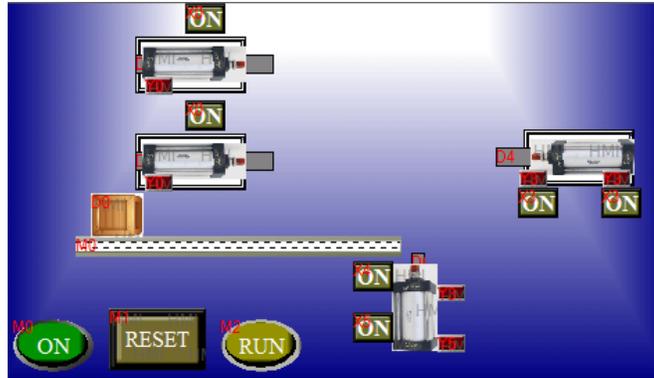
- Conocer el proceso a controlar
- Elaborar el programa para el PLC y HMI.
- Implementar el circuito neumático y de control para el proceso

### **4.2. Materiales Requeridos**

- Unidad de mantenimiento
- Distribuidor de aire
- 2 cilindros simple efecto
- 2 cilindros doble efecto
- 2 electroválvula 3/2
- 2 electroválvulas 5/2
- TouchWin (HMI)
- PLC Xinje

### **4.3. Preparatorio**

- Tener en claro los conceptos y el funcionamiento de los software de programación del PLC y la Touch Screen.
- Realizar la secuencia de cilindros A+,A-,B+,C+,D+,C-,B-,D- en el software fluidSim.
- Realizar el graficet del ejercicio, circuito neumático y de fases.
- Realizar el diagrama eléctrico de la práctica.
- Realizar el diseño de la práctica en el software TouchWin del proceso planteado como práctica. Para la realización del diseño puede seguir el propuesto a continuación o el estudiante podrá realizar su propio diseño.



#### 4.4. Introducción

Desarrollar un programa para el empaqueo de piezas, mediante el control y accionamiento de electroválvulas y actuadores.

Se desarrollará tanto el programa para el PLC como para la Touch, a la vez implementar el circuito de conexión neumático y eléctrico. Al cargar el programa en la Touch y PLC se debe inicializar el programa oprimiendo el botón de encendido, el cilindro 1 es accionado y realiza el trabajo de halar plástico, regresando a su posición inicial, el cilindro 2 se activa el cual realiza la acción de corte del material, el tercer cilindro es activado, se encarga de elevar la pieza de esta manera envolviendo la pieza con el material plástico, de esta manera activa al cilindro 4 que es el encargado de empujar la pieza así terminando el ciclo de empaqueo. Si un cilindro no se acciona o paso algo en las estaciones el proceso no continúa ya que la activación de los cilindros es por medio de sensores magnéticos que activan a los siguientes para continuar con el proceso.

#### 4.5. Descripción del desarrollo de la Práctica

- **Posición normal:**

En la posición inicial los vástagos de los cilindros se encuentran en reposo.

- **Fase 1-2:**

Inicializando el programa una banda transportadora traslada la pieza hasta una bandeja que se encuentra sujeta al cilindro 3, el cilindro 1 sale hala el plástico y regresa a su posición inicial activando al cilindro 2.

- **Fase 2-3:**

El cilindro 2 se activa y realiza el corte del plástico regresando a su posición inicial y activando el cilindro 3.

- **Fase 3-4:**

El cilindro 3 asciende a una posición 2 con la pieza en la bandeja lo que provoca que la pieza se envuelva con el plástico, al llegar a la posición 2 se activa el cuarto cilindro el cual empuja la pieza terminado con el ciclo de empaclado, el cilindro 2 regresa a su posición original, lo mismo el cilindro 3.

- **Zona limite**

Para que se realice la secuencia correcta deberán activarse los sensores en el orden indicado caso contrario se detendrá la secuencia ya que el siguiente cilindro se activa con el anterior.

#### **4.6. Informe**

Se debe realizar el informe de la práctica siguiendo el modelo planteado en el anexo 3 y realizando las gráficas a continuación solicitadas.

- Gráfica del Proceso en TouchWin
- Diagrama de Fases
- Diagrama del Circuito Neumático en FluidSim
- Diagrama Grafcet
- Diagrama eléctrico

## ANEXO 5

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERIA EN MECATRÓNICA

Encuesta dirigida a estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica sobre el uso del Módulo didáctico de Electroneumática.

¿Considera que la práctica es importante para fortalecer los conocimientos impartidos en clase?

SI  NO

¿Considera que el módulo didáctico de electroneumática fortalece los conocimientos en los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica?

SI  NO

¿Considera usted que la implementación de módulos de electroneumática ayudaría a potencializar los laboratorios?

SI  NO

Como usted valoraría a la interfaz gráfica implementada en el módulo electroneumático

Alto

Medio

Bajo

Como valoraría usted al módulo de electroneumática en su totalidad

Alto

Medio

Bajo

¿El módulo cumple la función didáctica de enseñanza para la cual fue construido?

SI  NO

Que tan eficiente resulta el módulo en la asimilación de conocimientos

Alto

Medio

Bajo

¿Usted cree que ayudaría a comprender los procesos industriales de una mejor manera mediante la simulación realizada en el módulo?

SI  NO

## ANEXO 6



Realización de Pruebas con Estudiantes de la Carrera



Estudiante de la Carrera Ejecutando una Práctica



Explicando el funcionamiento del módulo a estudiantes de la carrera



Estudiante descargando el software al PLC y Touch