

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

### **CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA APLICACIONES DE CONTROL INDUSTRIAL CON UN RELÉ PROGRAMABLE**

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

**CRISTIAN ANTONIO CATICUAGO FARINANGO**

**cristian.caticuago@epn.edu.ec**

**SANDRA MILENA PERUGACHI URRESTI**

**sandra.perugachi@epn.edu.ec**

**DIRECTOR: ING. PABLO ANDRÉS PROAÑO CHAMORRO**

**pablo.proano@epn.edu.ec**

**CODIRECTOR: ING. CARLOS ORLANDO ROMO HERRERA**

**carlos.romo@epn.edu.ec**

**Quito, Febrero 2019**

## Declaración

Nosotros, Cristian Antonio Caticuago Farinango y Sandra Milena Perugachi Urresti, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Cristian Antonio Caticuago Farinango**

---

**Sandra Milena Perugachi Urresti**

## CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Cristian Antonio Caticuago Farinango y Sandra Milena Perugachi Urresti, bajo nuestra supervisión.

---

**Ing. Pablo Andrés Proaño Chamorro**

**DIRECTOR DE PROYECTO**

---

**Ing. Carlos Orlando Romo Herrera**

**CODIRECTOR DE PROYECTO**

## AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme salud y vida, por siempre bendecirme todos los días, con mucho más de lo que merezco.

A mi madre, Sonia, y a hermano Henry, quienes siempre están a mi lado, gracias por ese apoyo incondicional y por enseñarme a perseverar en la vida. A mis abuelitos, quienes siempre están cuidándonos y bendiciéndonos. A mis tíos, a quienes aprecio y agradezco por todos sus gestos de amabilidad.

A mis amigos, con quienes he compartido momentos gratos de mi vida estudiantil. A la Unidad de Izquierda Politécnica e Integración Politécnica, por el trabajo desarrollado en mejora del movimiento estudiantil.

A la Escuela Politécnica Nacional, quien me ha nutrido de conocimientos y valores.

Cristian

## DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a la memoria de mi abuelito Antonio, quien siempre estuvo conmigo en los momentos más felices y tristes de mi vida. Gracias, papito, por haberme enseñado a luchar, a trabajar y a nunca darme por vencido.

Cristian

## AGRADECIMIENTO

Primero a Dios, agradezco por todas las bendiciones en mi vida.

A mis padres, porque cada día han trabajado duro, para que yo y mis hermanos nos llevemos la mejor herencia, el conocimiento. Su sacrificio y amor hacia nosotros es su mejor regalo, agradezco por todos sabios consejos, enseñanzas, apoyo. Ellos me enseñaron a seguir adelante a pesar de los obstáculos que se presentaron en cada etapa de mi vida.

A toda mi familia, ellos son la motivación de cada día. Sus palabras de aliento, confianza y apoyo han logrado que se cumpla uno de mis objetivos.

A cada uno de los docentes que compartieron su conocimiento y, sobre todo, compartieron experiencias de vida, me enseñaron a obtener conocimiento con esfuerzo y dedicación.

A mi amigo Cristian Caticuago, por el apoyo durante todo este tiempo de vida estudiantil, hemos hecho un grupo de trabajo para cumplir cada uno nuestros sueños.

Sandra

## DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a toda mi familia, en especial a mi madre, Gloria, y a mi madre Rosa, quienes con sus sabios conocimientos me supieron guiar para lograr cada uno de mis objetivos, con esfuerzo y dedicación, pero sobre todo con su apoyo incondicional en cada etapa a lo largo de mi vida estudiantil.

A mi padre, Jorge, por ser mi amigo, aquel que siempre confió en mí e impartió valores y virtudes que me han enseñado a formarme como una excelente profesional.

A mis hermanos, Fernanda, Daniel y Paúl, porque son mi fuente de inspiración, con ellos he compartido momentos de alegría, tristeza, por esta razón cada día me mantengo de pie ante los obstáculos, con el propósito de ser su ejemplo a seguir.

A mi abuelito Alcides, porque es más que un padre para mí, desde niña me ha acompañado incondicionalmente hasta el día de hoy.

A mis sobrinos, Aylin y Samir, porque son la luz de mis ojos, causa y razón que me alentaron en todo momento para seguir adelante con mis propósitos.

A mis tíos, primos y cuñados, por su cariño y confianza en mí todo este tiempo.

A mi novio, Byron, porque con su amor, paciencia y confianza me enseñaron a creer en mí, por esa razón he llegado a conseguir uno de mis sueños ser tecnóloga.

Sandra

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Planteamiento del problema .....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos .....	2
2. METODOLOGÍA .....	3
2.1 Tipo de investigación.....	3
2.2 Descripción de la metodología usada .....	3
3. EJECUCIÓN Y RESULTADOS .....	4
3.1 Implementación de la acometida eléctrica .....	5
3.1.1 Selección del contactor principal.....	6
3.1.2 Selección de la protección magnetotérmica .....	9
3.1.3 Cálculo de la sección y caída de tensión en conductores eléctricos.....	13
3.1.4 Circuito de la acometida eléctrica .....	16
3.1.5 Selección de los elementos de control para las placas móviles .....	17
3.2 Diseño y construcción de la estructura del módulo didáctico .....	22
3.2.1 Construcción de la estructura del módulo didáctico .....	22
3.2.2 Elaboración de las placas móviles .....	25
3.2.3 Instalación y conexión de los elementos en las placas móviles.....	28
3.2.4 Distribución de las placas móviles.....	31
3.3 Programación e implementación de los circuitos prácticos a desarrollar .....	32
3.3.1 Comunicación .....	33
3.3.2 Lenguaje de programación .....	34
3.3.3 Desarrollo de las prácticas de laboratorio .....	35
3.4 Pruebas y análisis de resultados .....	35
3.4.1 Pruebas eléctricas .....	35
3.4.2 Pruebas mecánicas .....	39
3.4.3 Pruebas funcionales .....	40
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	42
4.1 Conclusiones.....	42
4.2 Recomendaciones.....	42
BIBLIOGRAFÍA.....	44
ANEXOS.....	45



## Índice de figuras

Figura 1. Elementos principales del módulo didáctico. ....	4
Figura 2. Maqueta del motor jaula de ardilla. ....	5
Figura 3. Contactor de 16 (A). ....	8
Figura 4. Interruptores magnetotérmicos tripolares. ....	9
Figura 5. Interruptor magnetotérmico unipolar de 16 (A) ....	11
Figura 6. Curvas B, C, D calibres de 6 a 63°. ....	12
Figura 7. Esquema de los conductores eléctricos.....	14
Figura 8. Tablero de servicio principal y canaleta PVC.....	14
Figura 9. Elementos de la alimentación eléctrica.....	16
Figura 10. Diseño 3D de la estructura metálica. ....	22
Figura 11. Corte por abrasión de los ángulos metálicos ..... 23	23
Figura 12. Tipo de soldadura filete (2F, 3F, 4F).....	24
Figura 13. Tipo de soldadura biselada (1G, 2G, 3G) ..... 24	24
Figura 14. Estructura metálica en su etapa final. ....	25
Figura 15. Medida de las placas móviles 206x150 (mm) ..... 26	26
Figura 16. Broca escalonada de 4 a 20 (mm). ....	27
Figura 17. Perforación de las placas móviles ..... 27	27
Figura 18. Adherido de la nomenclatura y simbología ..... 28	28
Figura 19. Jacks banana hembra rojo y negro (borneras) ..... 29	29
Figura 20. Montaje de los terminales jacks banana ..... 29	29
Figura 21. Montaje de los contactores en las placas móviles (vista posterior). .... 30	30
Figura 22. Montaje de los contactores en las placas móviles (vista frontal). .... 30	30
Figura 23. Montaje de los relés auxiliares en las placas móviles (vista posterior). .... 30	30
Figura 24. Montaje de los pulsadores en las placas móviles (vista frontal). .... 31	31
Figura 25. Orden de las placas móviles en el módulo didáctico. .... 31	31
Figura 26. Relé programable modelo 230 RCE. .... 32	32
Figura 27. Partes del LOGO 230 RCE. .... 33	33
Figura 28. Ejemplo de programación en lenguaje de contactos. .... 34	34
Figura 29. Símbolos del lenguaje LD. .... 35	35
Figura 30. Diagrama pastel de las placas móviles..... 40	40

## Índice de tablas

Tabla 1. Elementos para el módulo didáctico .....	5
Tabla 2. Valores estimados de cargas.....	6
Tabla 3. Categoría de servicio de los contactores de c.a.....	8
Tabla 4. Datos técnicos del contactor de 16 (A) .....	8
Tabla 5. Características de la curva tipo C .....	12
Tabla 6. Selección de los interruptores automáticos.....	13
Tabla 7. Código de colores según la norma IEC 60446.....	15
Tabla 8. Equivalencia de (mm <sup>2</sup> ) a (AWG) y (A).....	16
Tabla 9. Valores aproximados de I <sub>pc</sub> para motores de c.a .....	17
Tabla 10. Características técnicas del contactor de 9 (A).....	18
Tabla 11. Características técnicas del guardamotor 2,2 - 3,2 (A).....	19
Tabla 12. Características técnicas del relé auxiliar de 6 (A).....	20
Tabla 13. Características técnicas de los pulsadores .....	20
Tabla 14. Características técnicas de los selectores .....	22
Tabla 15. Características técnicas de las luces piloto.....	21
Tabla 16. Identificaciones de los materiales de la estructura metálica .....	23
Tabla 17. Identificación de los materiales de las placas móviles .....	25
Tabla 18. Nomenclatura de las placas móviles.....	28
Tabla 19. Prueba de continuidad en los conductores .....	36
Tabla 20. Valores de las tensiones.....	36
Tabla 21. Prueba de funcionamiento del pulsador de paro de emergencia.....	37
Tabla 22. Prueba de funcionamiento de los elementos de protección .....	37
Tabla 23. Medición de resistencias del bobinado .....	38
Tabla 24. Prueba de funcionamiento de los contactores .....	38
Tabla 25. Prueba de funcionamiento de los relés auxiliares .....	39
Tabla 26. Prueba de funcionamiento de las luces piloto .....	39
Tabla 27. Prueba de funcionamiento de los pulsadores .....	40
Tabla 28. Prueba de funcionamiento de selectores .....	41
Tabla 29. Prueba de funcionamiento del relé programable.....	41

## Resumen

El presente proyecto de titulación, “CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA APLICACIONES DE CONTROL INDUSTRIAL CON UN RELÉ PROGRAMABLE”, pretende servir como un soporte didáctico en el proceso de enseñanza y aprendizaje a los alumnos de la carrera de Tecnología Electromecánica. El módulo didáctico entregado al Laboratorio de Tecnología Industrial permitirá a los estudiantes desarrollar prácticas e iniciar con la programación de autómatas programables. El proyecto consta de cuatro capítulos, que se resumen a continuación.

El capítulo uno contiene la introducción y características de la investigación, además del planteamiento del problema, que parte de la necesidad de complementar el Laboratorio de Tecnología Industrial; asimismo, se encuentra la justificación, que señala la razón de por qué y para qué se implementa el proyecto y los objetivos que se refieren a la asignación de las tareas.

El capítulo dos describe la metodología empleada para el desarrollo del proyecto y expone las actividades necesarias para la realización de los objetivos, utilizando técnicas e instrumentos en la ejecución del mismo.

El capítulo tres detalla el análisis de resultados e indica el diseño e implementación de la acometida eléctrica, la construcción de la estructura metálica establecida en los diseños existentes, programación de las prácticas y las pruebas y sus resultados.

El capítulo cuarto muestra las conclusiones y recomendaciones obtenidas de la ejecución y funcionamiento del proyecto.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Planteamiento del problema

Dentro de los objetivos de la Escuela Politécnica Nacional está formar profesionales tecnólogos que puedan desarrollar excelentes conocimientos a nivel industrial (Esfot, 2017). En los últimos periodos las aplicaciones en este campo se han realizado de manera más teórica que práctica, debido a que únicamente se lograba realizar las prácticas del semestre en el laboratorio que proporcionaba la FIEE (Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica), y ello en determinados horarios; por tal motivo, la ESFOT (Escuela de Formación de Tecnólogos) tuvo la iniciativa de implementar un laboratorio de control industrial e instrumentación para que los estudiantes puedan familiarizarse con el control de máquinas eléctricas y procesos industriales a través de controladores lógicos programables.

Los automatismos industriales cada día son más indispensables en las industrias, debido a que disponen de un gran número de aplicaciones que facilitan los procesos de manufactura, control de máquinas y adquisición de datos en tiempo real (Pérez, 2007). El plantear los sistemas de control en forma didáctica permite a los estudiantes desarrollar habilidades prácticas que complementen a los conocimientos adquiridos en las aulas, y que los habiliten para encontrar soluciones a los problemas técnicos que se presenten en el campo laboral.

Por lo antes citado, se considera necesaria la “CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA APLICACIONES DE CONTROL INDUSTRIAL CON UN RELÉ PROGRAMABLE”. El mismo que constará de tres prácticas de laboratorio: circuito de control para detectar una secuencia de operación correcta o incorrecta de pulsadores, circuito de control para el manejo de un motor trifásico de forma cíclica y accionamiento de motores de inducción empleando entradas digitales del LOGO.

### 1.2 Justificación

El propósito del proyecto se basa en la construcción de un módulo didáctico para el desarrollo de prácticas de control industrial a través de la lógica cableada y de un relé programable, de modo que se permita acoplar la teoría con la práctica, estableciendo una ayuda en el aprendizaje de autómatas programables y mejorando la formación del estudiante tecnólogo.

El proyecto a desarrollarse parte en los requerimientos de previsión de potencia e implementación de la acometida, cálculo de dimensionamiento de los elementos de protección y

conductores, diseño y construcción de la estructura, montaje de los elementos y equipos, programación de las prácticas y, finalmente, pruebas y resultados.

En la medida en que los estudiantes de tecnología electromecánica desarrollen más prácticas en el laboratorio, estimularán sus habilidades y lograrán entender con facilidad los elementos y equipos de la industria. Por ello, el módulo didáctico se prestará para facilitar ese aprendizaje con contactores, relés auxiliares, selectores, pulsadores, luces leds y relé programable. Así, un tecnólogo politécnico tendrá más experticia en el control de máquinas eléctricas.

### **1.3 Objetivos**

#### **❖ Objetivo general**

Construir un módulo didáctico para aplicaciones de control industrial con un relé programable.

#### **❖ Objetivos específicos**

- Determinar los requerimientos para la construcción del módulo didáctico.
- Construir el módulo didáctico en base a los diseños existentes.
- Implementar la alimentación eléctrica al módulo didáctico.
- Programar los circuitos de control y de fuerza para las prácticas a desarrollarse.
- Elaborar las hojas guías de las prácticas desarrolladas.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1 Tipo de investigación**

La ejecución del proyecto se fundamenta en la investigación aplicada, que se caracteriza porque busca la aplicación o uso de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en la investigación. En este sentido, se concibe como investigación aplicada tanto a la innovación técnica, artesanal e industrial como a la propiamente científica (Vargas Cordero, 2014).

A través de fuentes de información como libros, tesis, artículos, monografías y documentos se adquieren los conocimientos previos al desarrollo y ejecución del proyecto.

### **2.2 Descripción de la metodología usada**

Para el desarrollo del proyecto se ha utilizado información técnica, la misma que ha servido para determinar los requerimientos de construcción e implementación.

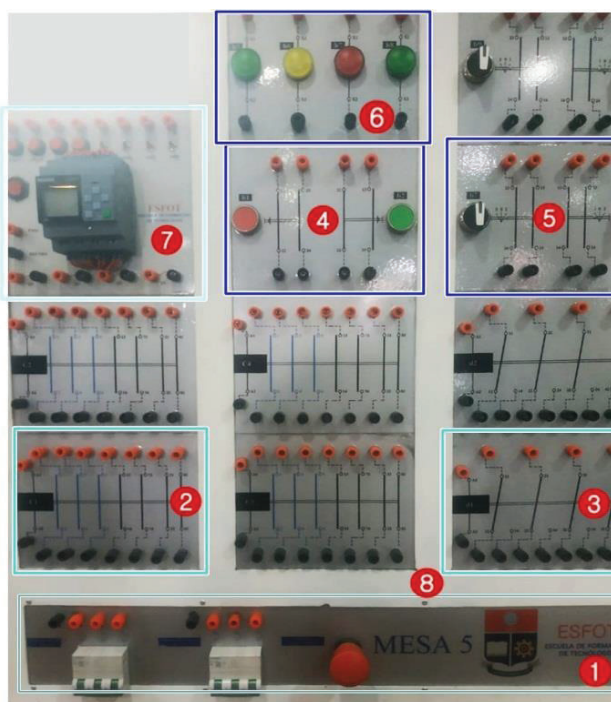
La estructura metálica se construyó en base a diseños existentes, se tomaron las medidas de las estructuras y placas móviles y, mediante el software de diseño AutoCAD, se dibujó detalladamente el modelo para digitalizar un plano con vistas y acotaciones que permitan una interpretación más precisa en los cortes y juntas de soldadura. En el mismo software se trazó la simbología que se imprimió en papel adhesivo para su posterior fijado en las placas móviles.

Una vez destinado el espacio de trabajo se implementó la acometida eléctrica, aquí se realizaron las evaluaciones y diagnósticos a las instalaciones eléctricas del laboratorio. Se determinó una acometida trifásica compuesta de tres fases, un conductor neutro y un conductor de tierra. Se seleccionó un sistema trifásico para las prácticas de arranques de motores de inducción.

Terminada la estructura y alimentación eléctrica se empezaron a realizar pruebas de funcionamiento de cada elemento, dispositivo y equipo que lo conforman. Y, finalmente, se elaboraron las hojas guías de las prácticas de laboratorio.

### 3. EJECUCIÓN Y RESULTADOS

El proyecto finalizado se muestra en la Figura 1, en donde se pueden observar los elementos principales que lo conforman. El módulo se encuentra en el Laboratorio de Tecnología Industrial y aquí los estudiantes ejecutan sus prácticas de control industrial.



*Figura 1.* Elementos principales del módulo didáctico.  
Elaboración: Propia.

1. Circuito de derivación (interruptores magnetotérmicos y paro de emergencia).
2. Placa móvil de contactores.
3. Placa móvil de relés auxiliares.
4. Placa móvil de pulsadores.
5. Placa móvil de selectores.
6. Placa móvil de luces piloto.
7. Relé programable.
8. Estructura metálica.

El módulo cuenta con 16 placas móviles, un motor de inducción de 0,75 (Hp) y un guardamotor como protección para las prácticas de arranques de motores, tal y como se observa en la Figura 2.



Figura 2. Maqueta del motor jaula de ardilla.  
Elaboración: Propia.

9. Terminales del motor.

10. Guardamotor.

### 3.1 Implementación de la acometida eléctrica

En la implementación de la acometida se utiliza técnicas y métodos que permiten realizar el circuito de alimentación, porque necesario proveer de energía eléctrica al módulo didáctico para hacer uso del mismo y de todos sus elementos. El diseño garantiza su correcto funcionamiento y salvaguarda a quienes lo utilicen.

- Identificación de los elementos para el módulo

Se identifica a los elementos electromecánicos, elementos de protecciones, motor de inducción y relé programable que forman parte del módulo. La lista se lleva a cabo de acuerdo a las tres prácticas propuestas, las que se ajustan con el resto de módulos existentes.



Tabla 1.  
*Elementos para el módulo didáctico*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Motor trifásico	1	Pulsador de emergencia	1
Contactores	5	Selectores	3
Guardamotor	1	Pulsadores	6
Relés auxiliares	4	Luces piloto	6
Interruptores magnetotérmicos	3	PLC LOGO	1

Elaboración: Propia.

Los elementos y equipos que se adquirieren son de la marca Siemens, que es muy reconocida en el sector industrial y energético. Así se abastece a la implementación de las prácticas de laboratorio.

### 3.1.1 Selección del contactor principal.

Para seleccionar el contactor principal se evalúa un consumo de carga aproximado del módulo. En la Tabla 2 se indica un estimado de cargas.

Tabla 2.  
*Valores estimados de cargas*

<b>Actuadores eléctricos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Carga instalada (kW)</b>	<b>Carga demanda (kW)</b>
Motores trifásicos 0,75 (Hp)	3	1,2	0,9
Resistencias eléctricas	1	2,5	2
<b>Potencia trifásica</b>		<b>3,7</b>	<b>2,9</b>
LOGO 230RCE	1	0,8	0,8
Otros (bobinas de contactores, relés, luces piloto, etc.)	1	1	0,7
<b>Potencia circuitos de control</b>		<b>1,8</b>	<b>1,5</b>
Computador de escritorio, laptops, cargadores, lámpara incandescente, caudín, fuentes de voltaje, etc.	1	1,3	0,8
<b>Potencia circuitos de uso común</b>		<b>1,3</b>	<b>0,8</b>

Elaboración: Propia

Con la potencia trifásica activa total se calcula la corriente principal de consumo para cargas trifásicas y se contempla el uso de un sistema trifásico de cuatro hilos de 220 (V). En la ecuación 1 se muestra el desarrollo.

$$I_L = \frac{P_{3\phi}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot \cos\theta} \quad \text{Ec.1}$$

$I_L$  = Intensidad de línea (A)

$P_{3\phi}$  = Potencia trifásica activa total (W)

$V_L$  = Tensión de línea (V)

$\cos\theta$  = Factor de potencia

$$I_L = \frac{3,7 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 220 \text{ V} \cdot 0,8} = 12,14 \text{ (A)}$$

$$I_L = I_{nm} \quad \text{Ec.2}$$

$I_{nm}$  = Corriente nominal del módulo (A)

La corriente trifásica de 12,14 (A) es la principal que alimenta al interruptor tripolar primario y se distribuye a las cargas de los circuitos de control, es decir se derivara una corriente y de la misma forma circula otra corriente para las cargas de uso común 110 (V).

En el Anexo A se muestra el diagrama eléctrico y se observa que en caso extremo se puede sobrecargar la línea tres (L3) porque tiene relación entre los circuitos de control y de uso común, sin embargo, el tablero de servicio principal posee un supervisor de fases que protege contra cortos circuitos, tanto en el control como en las líneas de tres fases.

Para energizar al módulo desde el tablero principal se recurre a un contactor. El valor del contactor no se puede ajustar a más de 150 % la corriente a plena carga (Henriquez Harper, 2014).

$$I_{cp} = I_{nm} \cdot 1,5 \quad \text{Ec.3}$$

$I_{cp}$  = Corriente del contactor principal (A)

$I_{nm}$  = Corriente nominal del módulo (A)

1,5 = Factor de dimensionamiento

$$I_{cp} = 12,14 \text{ (A)} \cdot 1,50 = 15,17 \text{ (A)}$$

Se selecciona un contactor de 16 (A) cercano a los valores comerciales y se elige la categoría de empleo, para el proyecto se aplica con cargas alimentadas por corriente alterna.

Tabla 3.

*Categoría de servicio de los contactores de c.a.*

Categoría	Descripción
AC-1	Cargas con factor de potencia superior a 0,95 sin demanda de picos de corriente al energizarlas.
AC-2	Arranque, inversión, frenado, marcha a pulsos de motores de anillos rozantes.
AC-3	Arranque y frenado (standard) de motores de inducción.
AC-4	Arranque, inversión o marcha a pulsos, frenado contracorriente de motores jaula de ardilla, anillos rozantes.

Fuente: Molina, 2013.

Por las características de la Tabla 3 se emplea contactores de categoría AC-3. En la Figura 3 se muestra al contactor de 16 (A) utilizado para la alimentación eléctrica.

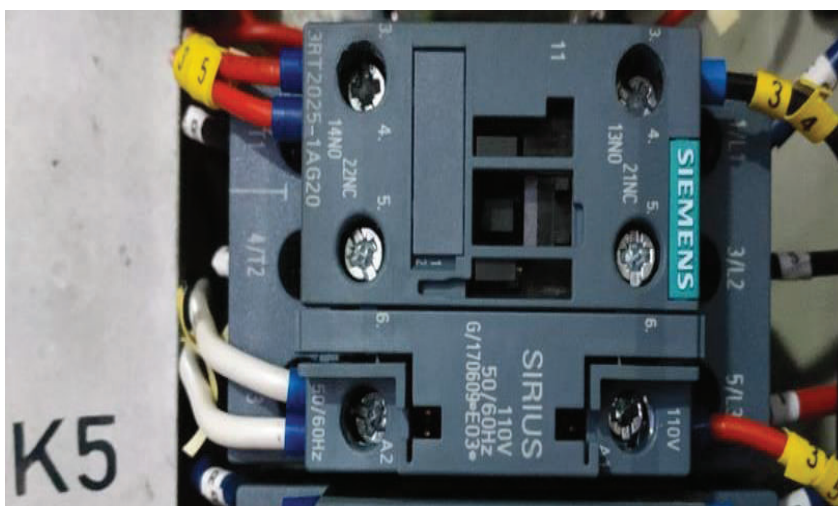


Figura 3. Contactor de 16 (A).  
Elaboración: Propia.

A continuación, en la Tabla 4 se detallan los datos técnicos y características del contactor. Toda la información se obtiene de los manuales propios del proveedor.

Tabla 4.  
 Datos técnicos del contador 16 (A)

<b>Contactor 16 (A) serie 3RT2025-1AG20</b>	
Marca	Siemens
Categoría	AC-3
Protección frontal y de terminales	IP 20
Voltaje asignado de empleo	AC 110 (V) 50/60Hz
Corriente asignada de empleo	16 (A)
Contactos principales	3 contactos NA, 0 contactos NC
Contactos auxiliares	1 contacto NA, 1 contacto NC

Fuente: Siemens, 2018.

### 3.1.2 Selección de la protección magnetotérmica

Para la protección contra corrientes de sobrecargas y cortocircuitos se utiliza interruptores termomagnéticos que provoquen la apertura automática del circuito en el que está instalado cuando dichas corrientes tengan lugar (Martin & García, 2015).

Se seleccionan magnetotérmicos tripolares que reciben la energía eléctrica del tablero principal de servicio para su posterior distribución. Los modelos empleados se observan en la Figura 4.

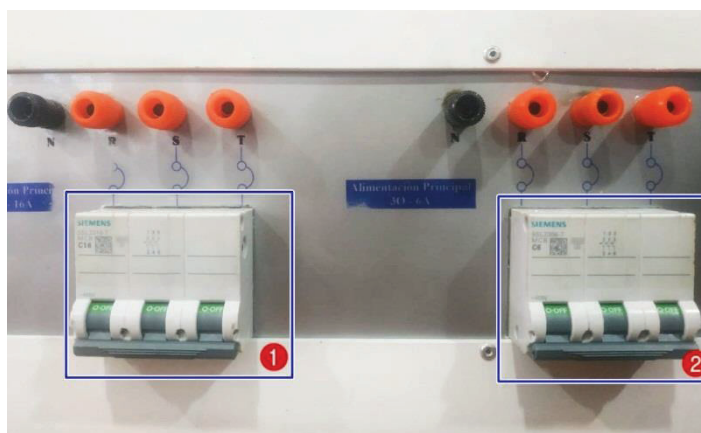


Figura 4. Interruptores magnetotérmicos tripolares.  
 Elaboración: Propia.

1. Interruptor magnetotérmico de 16 (A) para los circuitos de fuerza.
2. Interruptor magnetotérmico de 8 (A) para los circuitos de control.

Para una correcta selección se debe consultar al IEC (Comisión Electrotécnica Internacional), que indica que el valor de la protección debe ser no mayor a 1,25 veces la corriente nominal del circuito (IEC, 2018). Entonces se obtiene la siguiente ecuación:

$$I_{m1} = I_{nm} \cdot 1,25 \quad \text{Ec.4}$$

$I_{m1}$  = Corriente del magnetotérmico principal (A)

$I_{nm}$  = Corriente nominal del módulo (A)

1,25 = Factor de dimensionamiento

$$I_{m1} = 12,14 \text{ (A)} \cdot 1,25 = 15,17 \text{ (A)}$$

Se selecciona un valor nominal a los comerciales de 16 (A) y trabaja únicamente con los circuitos de fuerza.

De la Tabla 2, valores estimados de cargas, se suma por separado a dos grupos de potencias que tengan relación con los elementos de control.

$$P_{cc} = P_{\text{LOGO}} + P_{\text{OTROS}} \quad \text{Ec.5}$$

$P_{cc}$  = Potencia circuitos de control

$P_{\text{LOGO}}$  = Potencia activa del LOGO

$P_{\text{OTROS}}$  = Potencias activas de otros

$$P_{cc} = 0,8 \text{ (kW)} + 1 \text{ (kW)} = 1,8 \text{ (kW)}$$

Se calcula la corriente nominal de los circuitos de control para lograr un valor cercano en el dimensionamiento del elemento de protección.

$$I_{nmc} = \frac{P_{cc}}{1,15 \cdot V_L \cdot \cos\theta} \quad \text{Ec.6}$$

$I_{ncc}$  = Corriente nominal de los circuitos de control (A)

$$I_{ncc} = \frac{1,8 \text{ kW}}{1,15 \cdot 220\text{V} \cdot 0,8} = 5,92 \text{ (A)}$$

A la corriente calculada de los circuitos de control se le multiplica un factor de dimensionamiento de 1,25, porque su uso es de forma regular.

$I_{m2}$  = Corriente del magnetotérmico secundario (A)

$$I_{m2} = 5,92 \text{ (A)} \cdot 1,25 = 7,4 \text{ (A)} \quad \text{Ec.7}$$

El valor nominal que se selecciona es de 8 (A) y por la dimensión de las prácticas se selecciona un interruptor tripolar.

Finalmente, se calcula la corriente para las cargas de uso común a una tensión de 110 (V).

$$I_m = \frac{P_1}{V} \quad \text{Ec.8}$$

$I_m$  = Corriente monofásica de línea (A)

$P_1$  = Potencia monofásica (W)

$V$  = Tensión de línea (V)

$$I_m = \frac{1,3 \text{ (kW)}}{110 \text{ (V)}} = 11,82 \text{ (A)} \quad \text{Ec.9}$$

El valor del magnetotérmico unipolar no debe ser mayor a 1,25 veces la corriente nominal del circuito monofásico.

$I_{mu}$  = Corriente del magnetotérmico unipolar (A)

$$I_{mu} = 11,82 \text{ (A)} \cdot 1,25 = 14,77 \text{ (A)} \quad \text{Ec.10}$$

Un valor aproximado en el medio comercial es 16 (A). Este interruptor magnetotérmico unipolar opera con cargas a una tensión de 110 (V) como se observa en la Figura 5.



*Figura 5.* Interruptor magnetotérmico unipolar de 16 (A)  
Elaboración: Propia.

En cuanto se han calculado los valores de las corrientes, se pasa a determinar la clasificación por el nivel de voltaje y por la forma de sus curvas.

Debido a que existen interruptores magnetotérmicos para todo nivel de voltaje, para el proyecto se utiliza los de bajo voltaje hasta 400 (V).

Los interruptores magnetotérmicos están marcados con la corriente nominal en amperios, pero sin el símbolo de la unidad A. En cambio, la cifra amperio es precedida por una letra C, que indica

la intensidad de disparo instantáneo que hace que el elemento de protección actúe sin retardo (Adrian López, 2010).

Tabla 5.  
Características de la curva tipo C

Tipo de curva	Descripción
Curva C	Disparo entre 3,85 y 8,8 In: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección de cables alimentando receptores clásicos.</li> <li>• Sobrecarga: térmico estándar.</li> <li>• Cortocircuito: umbrales magnéticos fijados por curva C (Im entre 5 y 10 In o 7 y 10 según los aparatos, según UNE-EN 60898 y UNE-EN 60947-2 respectivamente).</li> </ul>

Fuente: Harper, 2014.

Para el proyecto se empleó interruptores automáticos con curva C, la misma se indica en la Figura 6, por las características que se muestran en la Tabla 5 y por las aplicaciones en instalaciones con elevadas intensidades de conexión o arranque de motores.

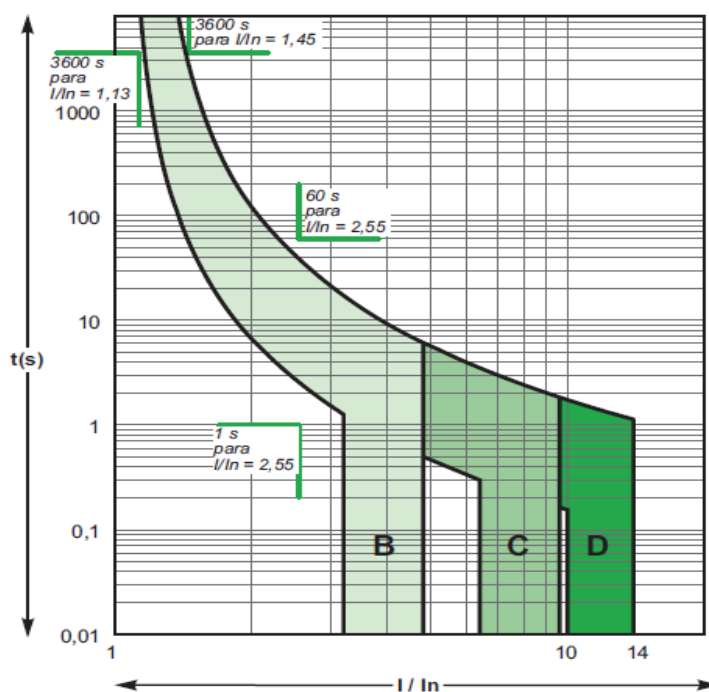


Figura 6. Curvas B, C, D calibres de 6 a 63°.  
Fuente: Cerda, 2014.

En la Tabla 6 se indica la selección de los elementos de protección.

Tabla 6.  
*Selección de los interruptores automáticos*

<b>Interruptores magnetotérmicos</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Número de polos</b>	<b>Capacidad (A)</b>	<b>Tipo de curva</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Aplicación</b>
Interruptor 1 5SL3316-7 Siemens	3P	16	C	Q1	Circuitos de fuerza
Interruptor 2 5SL3306-7 Siemens	3P	8	C	Q2	Circuitos de control
Interruptor 3 5SL3116-7 Siemens	1P	16	C	Q3	Circuitos de uso común

Elaboración: Propia.

### **3.1.3 Cálculo de la sección y caída de tensión en conductores eléctricos**

Para el dimensionamiento de las instalaciones eléctricas la selección de un conductor que llevará corriente a un dispositivo específico se toma en consideración dos factores: la capacidad de conducción de corriente y la caída de tensión (Henriquez Harper, 2014).

Los conductores eléctricos empleados en las instalaciones del proyecto son de cobre y están tendidos sobre canaletas de PVC. Para seleccionar y montar los conductores eléctricos se siguen los siguientes pasos:

- Determinar la distancia, colores y elementos del tendido de los conductores eléctricos

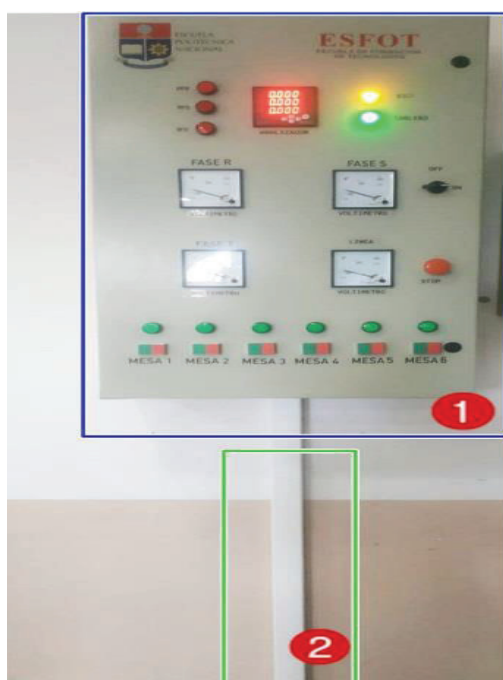
El proyecto consta de un sistema trifásico a cuatro hilos, tierra de protección e hilos de mando, estos últimos pasan por el botón de emergencia para el bloqueo o desenergización. La distancia entre el módulo didáctico y el tablero de servicio principal es de 5,30 (m). En la Figura 7 se muestra el diagrama del tendido de los conductores eléctricos.





*Figura 7.* Esquema de los conductores eléctricos  
Elaboración: Propia.

En la Figura 8 se muestra el tablero de servicio principal y canaleta PVC que se empleó en el tendido de los conductores eléctricos.



*Figura 8.* Tablero de servicio principal y canaleta PVC  
Elaboración: Propia

1. Tablero de servicio principal.
2. Canaleta eléctrica de PVC.

A través de la norma IEC 60446 que define los principios básicos de seguridad para la identificación de conductores eléctricos por colores o números (IEC, 2018), se delimita la Tabla 7 para la personalización de los conductores del proyecto.

Tabla 7.  
Código de colores según la norma IEC 60446

<b>Colores de los conductores eléctricos</b>	
Sistema	3ΦY
Tensión Nominal	220 (V)
Fases	L1 (café)
	L2 (negro)
	L3 (amarillo)
Neutro	N (blanco)
Tierra de Protección	GND (verde)
Hilo de mando	CONTROL(rojo)
	CONTROL(rojo)

Elaboración: Propia.

- Cálculo de la caída de tensión ( $\Delta V$ ) y selección del calibre

La selección de los conductores a utilizar se determina de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea, salvo lo prescrito en las instrucciones particulares, menor al 3% de la tensión nominal para cualquier circuito interior.

$$\Delta V = \% \cdot V_{\text{nom}} \quad \text{Ec.11}$$

$\Delta V$  = Caída de tensión máxima admisible.

% = Porcentaje de caída de tensión máxima admisible.

$V_{\text{nom}}$  = Voltaje de la instalación (V).

$$\Delta V = 5\% \cdot 220 \text{ (V)} = 1,1 \text{ (V)}$$

Con el cálculo del porcentaje de caída de tensión se calculó la sección de los conductores eléctricos.

$$S = \rho \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \alpha}{\Delta V} \quad \text{Ec.12}$$

S = Sección del conductor ( $\text{mm}^2$ )

L = Longitud sencilla (m)

I = Intensidad (A)

$\cos \alpha$  = Factor de potencia

$\rho$  = Resistencia del conductor ( $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ )

$\Delta V$  = Caída de tensión máxima admisible

$$S = 0,023 \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot 5,30 \cdot 12,14 \cdot 0,8}{1,1} = 1,87 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Se selecciona una sección inmediatamente normalizada que es de 2,1 (mm<sup>2</sup>) de acuerdo a los cálculos realizados.

Tabla 8.  
Equivalencia de (mm<sup>2</sup>) a (AWG) y (A)

Calibre conductor (AWG)	Sección nominal (mm <sup>2</sup> )	Amperaje (A)	Tipo de cable
14	2,1	20	Cobre THHN

Elaboración: Propia.

La Tabla 8 indica que la sección normalizada admite hasta 20 (A) y que coincide con los valores calculados, por lo tanto, se selecciona un calibre de 14 AWG y de tipo THHN para el cableado de la acometida principal y placas móviles.

### 3.1.4 Circuito de la acometida eléctrica

Con los cálculos anteriores se diseña y ejecuta el circuito de alimentación. En el Anexo A se aprecia el esquema de potencia y control del circuito de alimentación trazado en el software AutoCAD Electrical, en este diseño se pueden apreciar los elementos y dispositivos que lo conforman.

El control para energizar al módulo didáctico consiste en enclavar al contactor principal (K5) que permite el paso de la corriente eléctrica hacia los magnetotérmicos, presionando el pulsador de marcha desde el tablero de servicio principal, y una luz led indica el estado. Para apagarlo hay dos opciones: puede ser desde el paro de emergencia en el módulo o con el pulsador de paro.



Figura 9. Elementos de la alimentación eléctrica.  
Elaboración: Propia.

1. Pulsador doble para el encendido o apagado.
2. Led piloto indicadora de encendido del módulo.

### 3.1.5 Selección de los elementos de control para las placas móviles

#### ❖ Contactores

Se selecciona contactores que toleren un arranque directo o un arranque estrella-triángulo de motores de inducción trifásicos. El módulo cuenta con un motor de 0,75 (Hp) para la ejecución de las prácticas de laboratorio, en la Tabla 9 se establece un rango que se ajusta al módulo de trabajo.

Tabla 9.  
*Valores aproximados de  $I_{pc}$  para motores c.a.*

HP	Velocidad Síncrona (RPM)	Corriente a plena carga (A)
0,5	1800	1,8
0,75	1800	2,4
1	1800	3
1,5	1800	4,5
2	1800	5,7

Fuente: Harper, 2014.

La Tabla 9 indica que como valor máximo se puede trabajar con motores de inducción de hasta 2 (Hp), y con su corriente a plena carga se dimensionan los contactores.

$$I_C = I_{pc} \cdot 1,5 \quad \text{Ec.13}$$

$I_C$  = Corriente del contactor (A)



$I_{pc}$  = Corriente a plena carga (A)

1,5 = Factor de dimensionamiento

$$I_C = 5,7 \text{ (A)} \cdot 1,5 = 8,55 \text{ (A)}$$

Se selecciona contactores de 9 (A) de acuerdo a los valores comerciales y las características se indican en la Tabla 10.

Tabla 10.  
Características técnicas del contactor de 9 (A)

<b>Contactor serie 3RT2023-1AN20</b>		
	Cantidad de dispositivos	4
	Marca	Siemens
	Categoría	AC-3
	Protección frontal y de terminales	IP 20
	Voltaje asignado de empleo	AC 220(V) 50/60Hz
	Corriente asignada de empleo	9 (A)
	Contactos principales	3 contactos NA, 0 contactos NC
	Contactos auxiliares	1 contacto NA + 1 contacto NC
<b>Contacto Auxiliar Frontal serie 3RH2911-1LA11</b>		
	Contacto auxiliares	1 contacto NA + 1 contacto NC


Fuente: Siemens, 2018

Nota: Se asignan cuatro contactores debido a las prácticas de arranque de motores eléctricos en estrella-triángulo, inversión de giro y bloqueos mecánicos.

#### ❖ Guardamotor

De los datos de la placa del motor se considera la corriente nominal, y partir de aquí se seleccionó al guardamotor. El motor de 0,75 (Hp) tiene la siguiente corriente nominal de 2,4 (A). De acuerdo a la información se selecciona el siguiente rango 2,2 a 3,2 (A). En la Tabla 11 se indica las características técnicas.

Tabla 11.  
Características técnicas del guardamotor 2,2 – 3,2 (A)

<b>Guardamotor serie 3RV2011-1DA10</b>		
	Cantidad de dispositivos	1
	Marca	Siemens
	Protección frontal y de terminales	IP 20
	Voltaje asignado de empleo	AC 220(V) 50/60Hz
	Rango de operación de corrientes	2,2 - 3,2 (A)

Fuente: Siemens, 2018

#### ❖ Relés auxiliares

De los cálculos para la selección de los magnetotérmicos, se utiliza la corriente nominal de los circuitos de control.

$$I_{ax} = I_{nmc} (A) \cdot 1,5 \quad \text{Ec.14}$$

$I_{ax}$  = Corriente del relé auxiliar (A)

$I_{nmc}$  = Corriente nominal de los circuitos de control (A)

1,5 = Factor de dimensionamiento

$$I_{ax} = 5,92 (A) \cdot 1,5 = 7,42 (A)$$

De los valores comerciales se selecciona relés auxiliares de 6 (A) y las características técnicas se observa en la Tabla 12. Estos aparatos electromecánicos maniobran únicamente la parte de los circuitos de control.

Tabla 12.  
Características técnicas del relé auxiliar de 6 (A)

<b>Relé auxiliar serie LZX:PT570730</b>		
	Cantidad de dispositivos	4
	Marca	Siemens
	Protección frontal y de terminales	IP 20
	Voltaje asignado de empleo	AC 220(V) 50/60Hz
	Corriente asignada de empleo	6 (A)
	Número de contactos CO para contactos auxiliares	4

Fuente: Siemens, 2018

### ❖ Pulsadores

Los pulsadores que se seleccionan son de accionamiento manual y tienen dos contactos (1NA+1NC) para darle doble funcionalidad al dispositivo. Las características se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13.  
Características técnicas de los pulsadores

<b>Pulsador Verde serie 3SU1130-0AB40-1BA0</b>		
	Cantidad de dispositivos	2
	Marca	Siemens
	Detalle	Anillo metal
	Protección frontal y de terminales	IP 66
	Voltaje asignado de empleo	AC 220(V) 50/60Hz
	Contactos	1 contacto NA + 1 contacto NC
<b>Pulsador Rojo serie 3SU1130-0AB20-1CA0</b>		
	Cantidad de dispositivos	2
	Marca	Siemens
	Detalle	Anillo metal
	Protección frontal y de terminales	IP 66
	Voltaje asignado de empleo	AC 220(V) 50/60Hz
	Contactos	1 contacto NC + 1 contacto NA

Fuente: Siemens, 2018

## ❖ Luces piloto

Las luces piloto que se seleccionan y sus características se indican en la Tabla 14.

Tabla 14.  
*Características técnicas de las luces del piloto*

<b>Luz piloto amarillo serie 3SU1106-6AA30-1AA0</b>		
	Cantidad de dispositivos	2
	Marca	Siemens
	Protección frontal y de terminales	IP 66
	Voltaje asignado de empleo	AC 220(V) 50/60Hz
<b>Luz piloto roja serie 3SU1106-6AA20-1AA0</b>		
	Cantidad de dispositivos	2
	Marca	Siemens
	Protección frontal y de terminales	IP 66
	Voltaje asignado de empleo	AC 220(V) 50/60Hz
<b>Luz piloto verde serie 3SU1106-6AA40-1AA0</b>		
	Cantidad de dispositivos	4
	Marca	Siemens
	Protección frontal y de terminales	IP 66
	Voltaje asignado de empleo	AC 220(V) 50/60Hz


Fuente: Siemens, 2018

## ❖ Selectores

Los selectores que se eligen tienen tres posiciones y permiten direccionar la señal por diferentes ramas de circuito a través de un borne común. Las características se muestran en la Tabla 15.



Tabla 15.  
Características técnicas de los selectores

<b>Selector 3 posiciones serie 3SU1150-2BL60-1NA0</b>		
	Cantidad de dispositivos	4
	Marca	Siemens
	Detalle	Metálico brillante
	Protección frontal y de terminales	IP 66
	Voltaje asignado de empleo	AC 220(V) 50/60Hz
	Contactos	2 contactos NA

Fuente: Siemens, 2018

### 3.2 Diseño y construcción de la estructura del módulo didáctico

#### 3.2.1 Construcción de la estructura del módulo didáctico

En la construcción de la estructura se consideran las dimensiones de los módulos del Laboratorio de Tecnología Industrial con la finalidad de estandarizar y poder utilizar las placas móviles en diferentes estructuras. Se elabora un diseño similar en el software AutoCAD y en el Anexo B se muestra las vistas y acotaciones de plano. En la Figura 10 se puede observar un bosquejo en 3D.

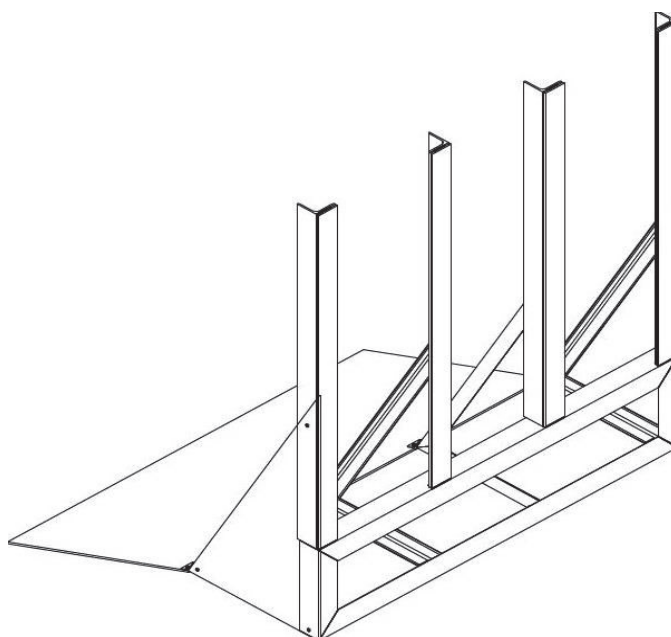







Figura 10. Diseño 3D de la estructura metálica.  
Elaboración: Propia.

Con el diseño se identificó los materiales necesarios para la construcción, la lista se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16.  
*Identificaciones de los materiales de la estructura metálica*

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Detalle</b>
6 metros	Ángulo NH 40 x 40 x 3 (mm)	
6 metros	Ángulo NH 25 x 25 x 3 (mm)	
6 metros	Platina NH 20 x 3 (mm)	
6 metros	Platina NH 30 x 3 (mm)	
6 metros	Platina NH 40 x 3 (mm)	

Elaboración: Propia

Después de haber obtenido los materiales se empieza a construir el diseño en un taller metalmecánico. Se utilizó la amoladora para realizar la operación de corte y de desbaste en los ángulos y platinas. En la Figura 11 se indica cómo se efectuó los cortes a 45°, de acuerdo a las generalidades del plano y, una vez realizadas las cortaduras, se empiezan a juntar con soldadura.

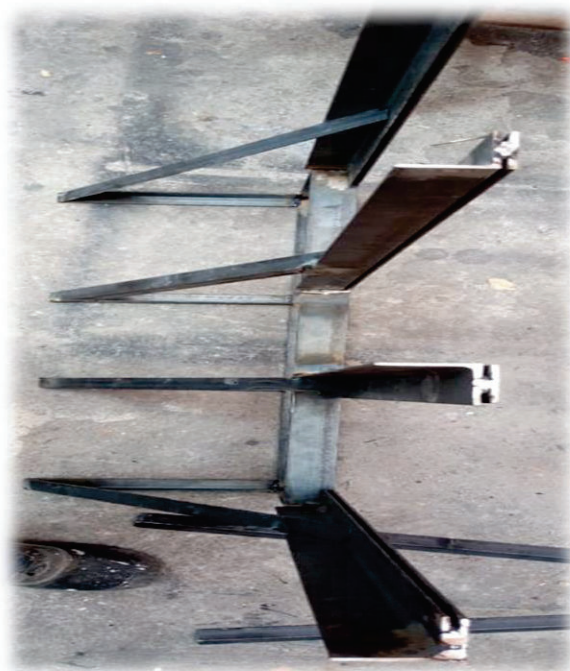


Figura 11. Corte por abrasión de los ángulos metálicos  
Elaboración: Propia.

Se recurre a tipos de soldadura como filete y biseladas. Los cordones se realizan con un electrodo E-6011, lo que permite soldar en todas las posiciones. En las siguientes Figuras, 12 y 13, se puede observar los tipos de soldadura aplicados.



*Figura 12.* Tipo de soldadura filete (2F, 3F, 4F)  
Elaboración: Propia.



*Figura 13.* Tipo de soldadura biselada (1G, 2G, 3G)  
Elaboración: Propia.

En la etapa de la preparación de la superficie se realiza la limpieza con cepillo de disco y lija de hierro 150. Se utiliza pintura anticorrosiva, que es una primera capa de imprimación de pintura que se ha de dar a la superficie; además, se usa una pistola de aire para lograr un mejor resultado al pintar. En la Figura 14 se muestra finalizada la estructura.



*Figura 14.* Estructura metálica en su etapa final.  
Elaboración: Propia.

Por último, la estructura es anclada a la mesa de trabajo para su servicio y operación.

### **3.2.2 Elaboración de las placas móviles**

Al igual que en la estructura metálica, se elabora un diseño previo. En el Anexo C se muestran los bocetos de las placas móviles.

Se elaboran en acero inoxidable y galvanizado. De acuerdo a ello se adquieren los siguientes materiales de la Tabla 17.

Tabla 17.  
Identificación de los materiales de las placas móviles

Cantidad	Descripción
1220 x 2440 (mm)	Plancha de galvanizado de 1 (mm)
1220 x 2440 (mm)	Plancha de acero inoxidable de 0,7 (mm)
1220 x 2440 (mm)	Plancha de acero inoxidable de 2 (mm)

Elaboración: Propia.

En el taller metalmecánico se realizan los cortes a las placas móviles que tienen una medida de 206x150 (mm) como se indica en la Figura 15. A excepción de la del LOGO que tiene 206x195 (mm).

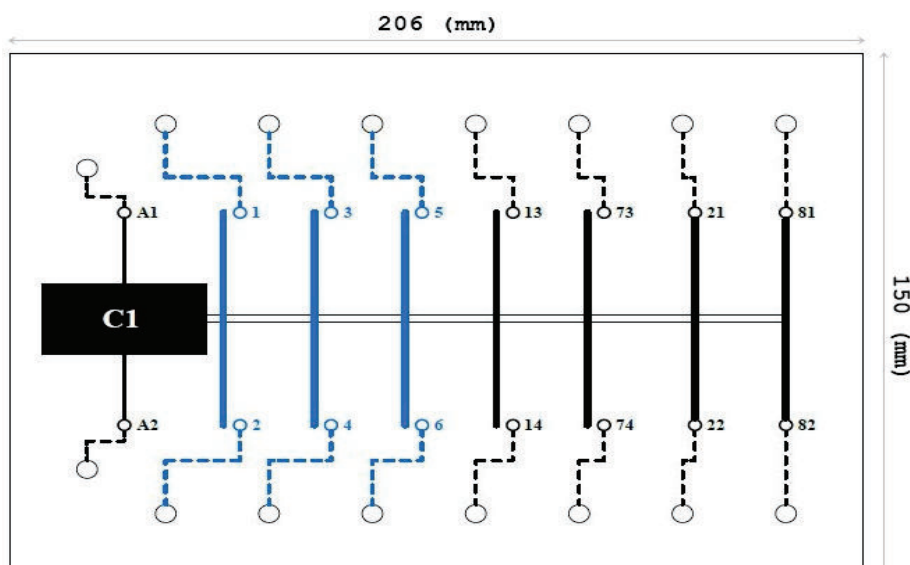
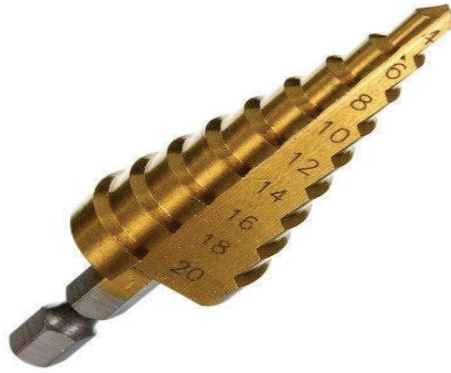


Figura 15. Medida de las placas móviles 206x150 (mm)  
Elaboración: Propia.

Después de aplicar los cortes, se utiliza la técnica de trazos para fijar el diseño y ejecutar las perforaciones. Se usa una broca escalonada que sirve para taladrar o ampliar orificios de diferentes tamaños en metal.

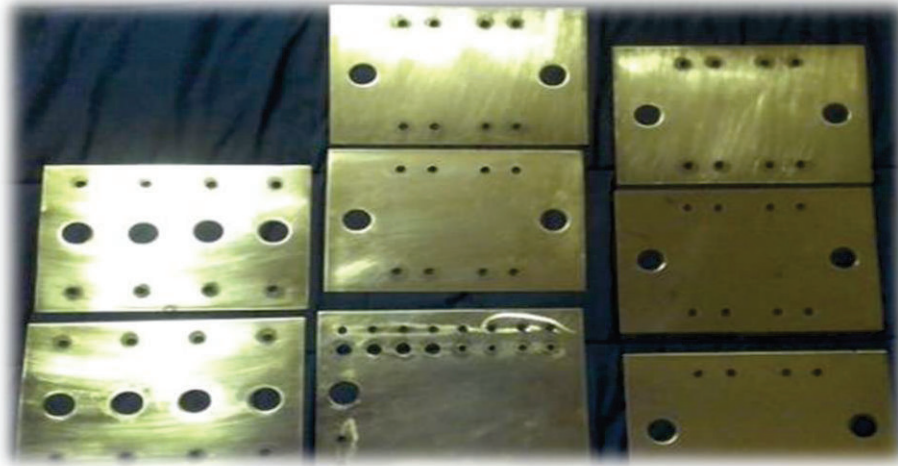
Se indica la broca escalonada en la Figura 16.





*Figura 16.* Broca escalonada de 4 a 20 (mm).  
Elaboración: Propia.

Con la ayuda de esta broca se ejecuta las perforaciones que se observan en la Figura 17.



*Figura 17.* Perforación de las placas móviles  
Elaboración: Propia.

Únicamente para fijar y montar a los contactores y relés auxiliares se ejecuta una junta de soldadura de un rail DIN.

Se emplea un papel adhesivo transparente para la impresión de los diseños, los mismos se muestran en el Anexo D. Para facilitar la identificación de las placas móviles se realizó la Tabla 18 con las nomenclaturas correspondientes.

Tabla 18.  
Nomenclatura de las placas móviles

Número de placas móviles	Nomenclatura	Definición
4	C1-C2-C3-C4	Contactores
4	d1-d2-d3-d4	Relés auxiliares
3	b1-b2-b3-b4-b5-b6	Pulsadores
2	b7-b8-b9-b10	Selectores
2	h1-h2-h3-h4-h5-h6-h7-h8	Luces Piloto
1	-	PLC LOGO
-	-	Alimentación principal

Elaboración: Propia.

Con estas apreciaciones se imprime los modelos con las nomenclaturas y simbología. Antes del pegado se efectúa una limpieza con alcohol antiséptico a las placas móviles y, detenidamente, se coloca los diseños impresos.

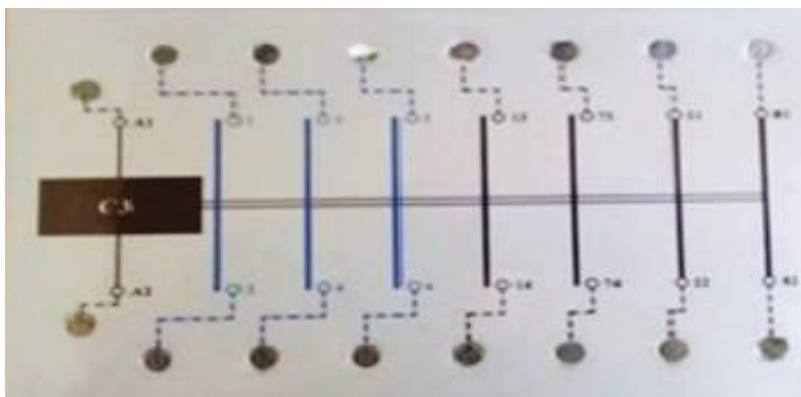


Figura 18. Adherido de la nomenclatura y simbología  
Elaboración: Propia.

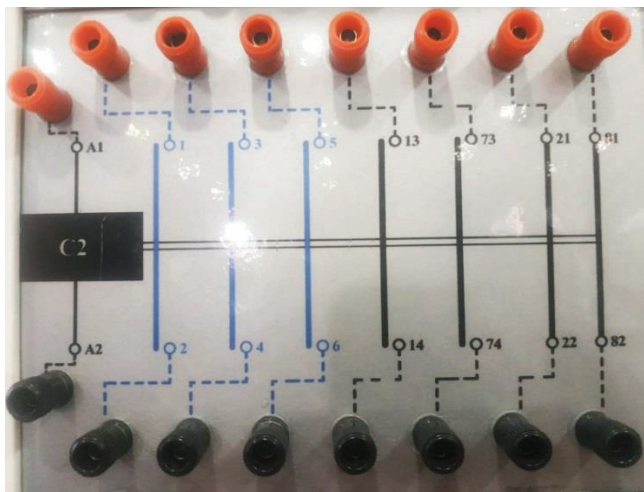
### 3.2.3 Instalación y conexión de los elementos en las placas móviles

Se emplea terminales bananas que son conectores eléctricos de un solo hilo utilizados para unir cables a equipos. En la Figura 19 se muestra un ejemplo de los mismos.



*Figura 19.* Jacks banana hembra rojo y negro (borneras)  
Elaboración: Propia.

Para tener acceso a las entradas y salidas de: los contactores, relés auxiliares, pulsadores, selectores, luces piloto y especialmente al controlador LOGO, se utilizaron los terminales jacks tipo banana.



*Figura 20.* Montaje de los terminales jacks banana  
Elaboración: Propia.

Para la instalación de los elementos eléctricos se utiliza terminales tipo ojo y puntera para asegurar los cables a los elementos y dispositivos. Las conexiones se realizan de acuerdo a los diagramas realizados.

En las siguientes Figuras: 21, 22, 23 y 24, se observan las vistas frontales y posteriores del montaje de los elementos sobre las placas móviles.





Figura 21. Montaje de los contactores en las placas móviles (vista posterior).  
Elaboración: Propia.

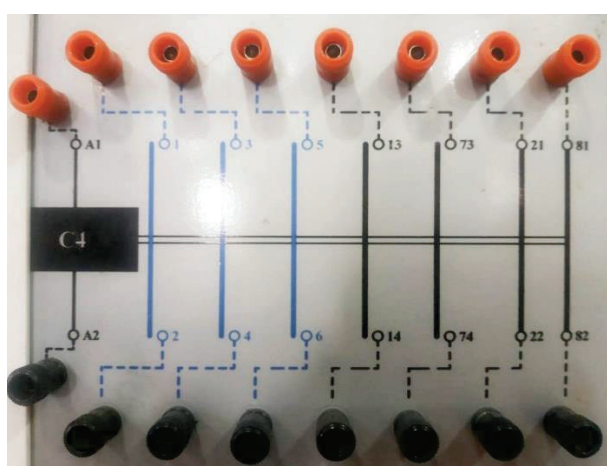


Figura 22. Montaje de los contactores en las placas móviles (vista frontal).  
Elaboración: Propia.

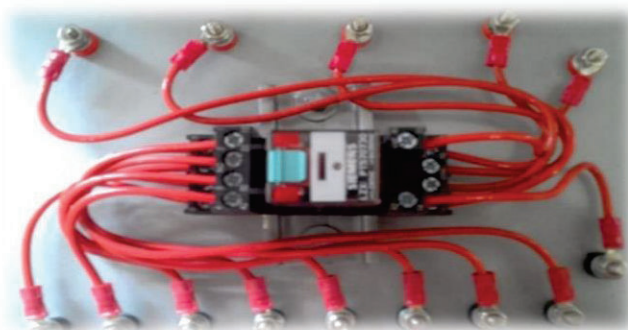


Figura 23. Montaje de los relés auxiliares en las placas móviles (vista posterior).  
Elaboración: Propia.

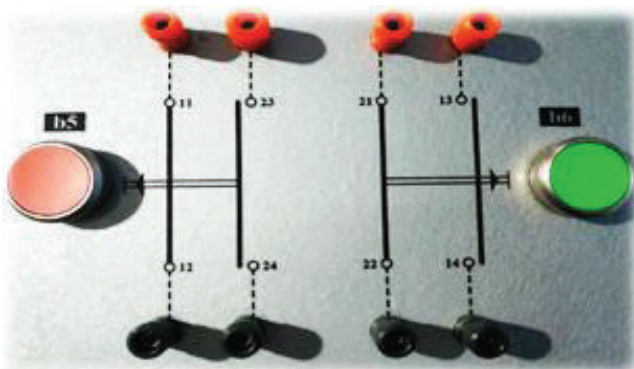


Figura 24. Montaje de los pulsadores en las placas móviles (vista frontal).  
Elaboración: Propia.

De esta forma se hace el acoplamiento de los dispositivos sobre las placas móviles. La placa que contiene a los elementos de la alimentación eléctrica van fijos a la estructura metálica.

Se adjuntan en los Anexos C y D los diseños y la simbología de las placas móviles.

### 3.2.4 Distribución de las placas móviles

Las placas móviles están situadas de la siguiente manera como muestra la Figura 25 para facilidad de trabajo y una organización de las mismas.

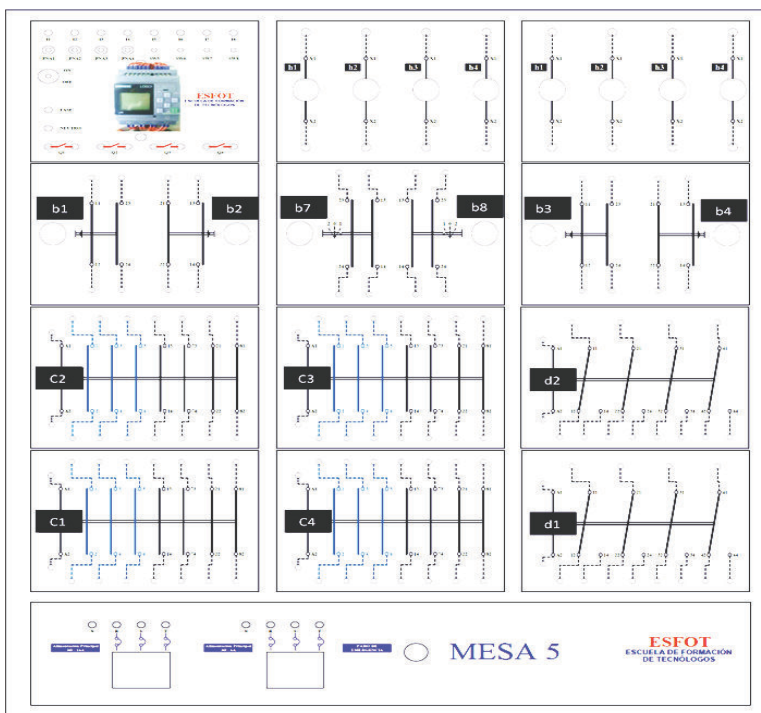


Figura 25. Orden de las placas móviles en el módulo didáctico.  
Elaboración: Propia.

- En la primera fila de abajo hacia arriba están instalados de forma fija los interruptores magnetotérmicos, el pulsador de paro de emergencia y la nomenclatura de la mesa.
- En la segunda fila de abajo hacia arriba se ubican las placas móviles de los contactores C1-C4 y un relé auxiliar d1.
- En la tercera fila de abajo hacia arriba se ubican las placas móviles de los contactores C2-C3 y un relé auxiliar d2.
- En la cuarta fila de abajo hacia arriba se ubican las placas móviles de los pulsadores (b1-b6) y selectores (b7-b10).
- En la quinta fila se sitúa la placa móvil del relé programable y las luces piloto (h1-h8).

Se utiliza esta distribución para mantenerlas fijas y evitar inconvenientes al momento de realizar las prácticas. La placa móvil del LOGO es necesario ubicarla en el lugar que muestra la Figura 25, para una mayor facilidad al momento de hacer la conexión con el ordenador.

### 3.3 Programación e implementación de los circuitos prácticos a desarrollar

Para implementar las prácticas propuestas se adquirió un relé programable LOGO modelo 230 RCE y su software de programación. En la Figura 26 se muestra la placa móvil del relé programable.



Figura 26. Relé programable modelo 230 RCE.  
Elaboración: Propia.

Se selecciona este equipo porque posee funciones básicas para introducirse a la programación de autómatas programables y se ajusta a las prácticas, también es de los más utilizados en la industria. A continuación, en la Figura 27 se indican las partes principales del relé programable.

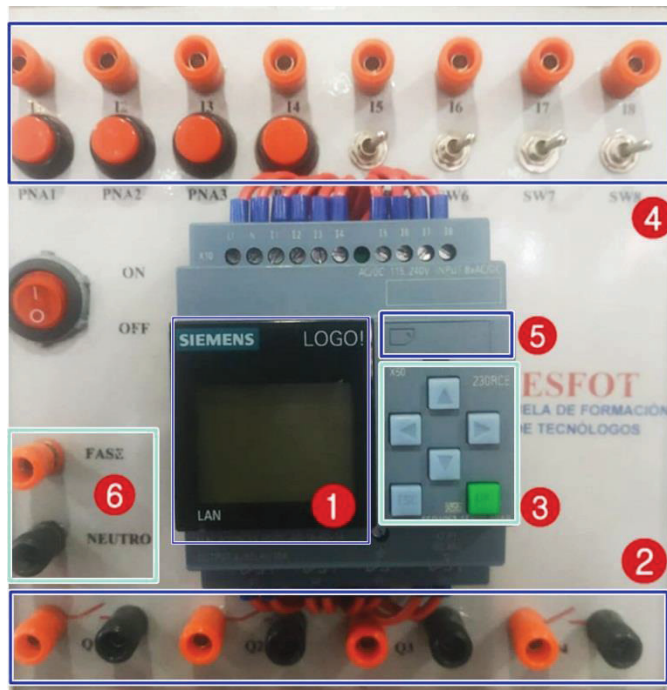


Figura 27. Partes del LOGO 230 RCE.  
Elaboración: Propia.

1. Pantalla.
2. Salidas digitales Q1 a Q4.
3. Teclado de programación.
4. Entradas digitales I1 a I8.
5. Conexión Ethernet.
6. Alimentación 115/230 V.

### 3.3.1 Comunicación

La comunicación Ethernet permite, mediante el *software* LOGOSoft Comfort, transferir algoritmos de control (ladder o fbd) desarrollados en la PC al LOGO. Se enumeran los pasos para comunicarse:

1. Conectar la alimentación eléctrica al LOGO y encender.
2. Conectar el cable Ethernet desde la PC a la entrada de comunicación.
3. En el menú, con las teclas, desplazarse y seleccionar la opción RED (la opción red permite visualizar la dirección IP que se va a utilizar con su respectiva máscara de subred).
4. En la PC dirigirse al centro de recursos compartidos, cambiar la configuración de adaptador, opción Ethernet.
5. En las propiedades de Ethernet seleccionar las propiedades de Internet versión IPV4, esta opción permite colocar la dirección IP.
6. En la barra de herramientas del software LOGOSoft Comfort seleccionar la pestaña Transferir PC-LOGO, una vez que reconozca la dirección IP se acepta la comunicación.
7. Se activa modo RUN.

Se siguieron estos pasos y se logra enlazar de forma remota el ordenador y el LOGO. En la pantalla del equipo se consigue visualizar la disponibilidad de las entradas y salidas.

### 3.3.2 Lenguaje de programación

El lenguaje que se emplea en la simulación de las prácticas de laboratorio es el lenguaje de contactos (LD o KOP). Su simbología es similar a los esquemas de circuitos eléctricos, por lo tanto, el estudiante se adapta inmediatamente con este tipo de lenguaje. En la Figura 28 se muestra un ejemplo.

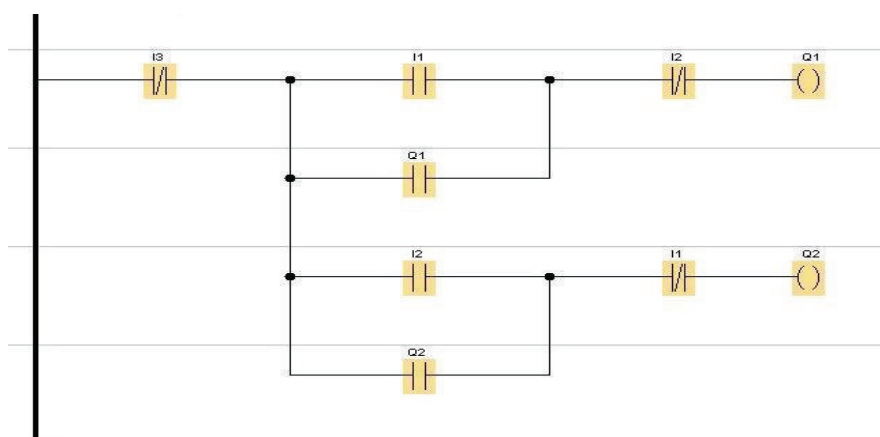


Figura 28. Ejemplo de programación en lenguaje de contactos.  
Elaboración: Propia.

En la programación en lenguaje LD, además de estar familiarizado con las reglas de los circuitos de conmutación, es necesario conocer a cada uno de los elementos que constan de este

lenguaje. En la Figura 29 se pueden observar los símbolos de los elementos básicos, junto con sus respectivas descripciones.

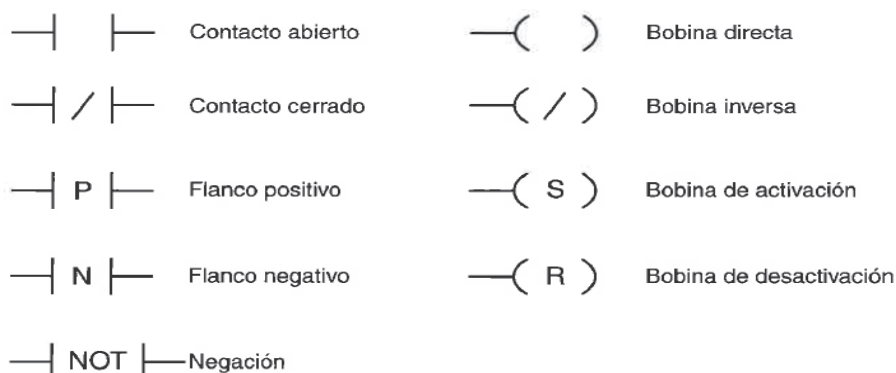


Figura 29. Símbolos del lenguaje LD.  
Fuente: Juan Martín, 2015.

### 3.3.3 Desarrollo de las prácticas de laboratorio

Luego de conocer el lenguaje de programación, las funciones y conexiones del relé programable, se muestran en el Anexo E las tres prácticas planteadas.

Estas prácticas se ejecutan en el módulo didáctico y las hojas guías contienen: objetivos, equipos, información y procedimiento de armado, que darán soporte al cumplimiento de las mismas.

### 3.4 Pruebas y análisis de resultados

Una vez concluida la construcción del módulo didáctico, se procede a realizar diferentes pruebas, con el propósito de determinar el correcto funcionamiento y cumplimiento de los objetivos planteados.

Entre el tipo de pruebas que se realizan al módulo para evaluar su funcionalidad, están las siguientes:

- Pruebas eléctricas
- Pruebas mecánicas
- Pruebas funcionales

#### 3.4.1 Pruebas eléctricas

- **Prueba de continuidad en los circuitos de fuerza y control de la acometida**

Con el multímetro se mide la continuidad en el cableado de los conductores de la acometida eléctrica para comprobar su distribución y estado.

Tabla 19.  
Prueba de continuidad de los conductores

Conductores	Conductividad	
	Si	No
L1	✓	
L2	✓	
L3	✓	
N	✓	
GND	✓	
Hilo de control 1 y 2	✓	

Elaboración: Propia.

Mediante las pruebas de continuidad se comprueba las conexiones de los circuitos de potencia y control de la acometida eléctrica. En la Tabla 19 se evidencia el estado de los conductores, lo que señala que no tienen ninguna fisura y que se encuentran preparados para inducir energía eléctrica.

- **Prueba de funcionamiento del circuito de alimentación**

Para verificar que las tensiones entregadas por el tablero principal de servicio sean confiables se procede a medir los voltajes entre L-N (línea y neutro) y L-L (línea y línea) a las entradas del magnetotérmico principal, utilizado para la distribución de energía eléctrica. En la tabla 20 se indican los valores receptados.

Tabla 20.  
Valores de las tensiones

	Tensiones entre L-N (V)			Tensiones entre L-L (V)		
	L1-N	L2-N	L3-N	L1-L2	L2-L3	L3-L1
Magnetotérmico principal (práctico)	127,5	126,1	126,8	220,5	219,3	218,8
Magnetotérmico principal (ideal)	127	127	127	220	220	220
Margen de error %	±0,39	±0,71	±0,16	±0,23	±0,32	±0,55

Elaboración: Propia.

Para calcular el margen de error se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Error} = \frac{\text{Valor ideal} - \text{Valor práctico}}{\text{Valor ideal}} \times 100\%$$

Ec.15



Los valores medidos (prácticos) son comparados con los de referencias (ideales). Las mediciones de tensión se encuentran en un rango de error tolerable, por lo tanto, válida a la acometida de la alimentación eléctrica.

- **Prueba de desenergización del módulo didáctico**

Para la prueba se energiza al módulo, y desde el mismo se presiona al paro de emergencia e inmediatamente se midieron las tensiones en el magnetotérmico principal.

Tabla 21.  
*Prueba de funcionamiento del pulsador de paro de emergencia*

Elemento	Desenergiza	No desenergiza
Pulsador de paro de emergencia	✓	

Elaboración: Propia.

En la Tabla 21 se comprueba que el pulsador paro de emergencia funciona correctamente porque corta el flujo de corriente en el módulo como medida de seguridad en caso de una emergencia.

- **Ensayo de los elementos de protección**

Para la verificación de los interruptores magnetotérmicos, primero se simula una sobrecarga al conectar varias cargas con el propósito de sobrepasar los 12,4 (A) de la corriente nominal del módulo y segundo la prueba de cortocircuito.

Tabla 22.  
*Prueba de funcionamiento de los elementos de protección*

Elementos	Protege	No protege
Q1 (circuitos de fuerza)	✓	
Q2 (circuitos de control)	✓	

Elaboración: Propia.

Como se observa en la Tabla 22, los magnetotérmicos funcionan, es decir, que actúan de acuerdo a los valores estimados y protegen cuando se genera una sobrecarga o cortocircuito. También salvaguardan a los elementos y equipos del módulo.



- **Medida de las resistencias de los bobinados del motor**

Se mide las resistencias de los bobinados del motor de cada par de terminales correspondientes.

Tabla 23.  
*Medición de resistencias del bobinado*

<b>Resistencias del motor de inducción</b>	
<b>Bobinas</b>	<b>Resistencia (<math>\Omega</math>)</b>
Bobina U-X	14,3
Bobina V-Y	14,4
Bobina W-Z	14,3

Elaboración: Propia.

En la Tabla 23 se registra el valor de las resistencias de cada grupo de bobinado y se obtiene como resultado una resistencia similar a la predeterminada por el fabricante 14,5 ( $\Omega$ ), estos valores de resistencias permiten que solo la cantidad exacta de corriente fluya a través de las bobinas.

- **Conmutación de los contactos principales y auxiliares**

Se realiza la energización a la bobina (A1-A2) del contactor a una tensión de 220 (V) y se procedió a verificar la conmutación de los contactos principales y auxiliares como se visualiza en la Tabla 24. El mismo procedimiento se realizó para los relés auxiliares.

Tabla 24.  
*Prueba de funcionamiento de los contactores*

<b>Elementos</b>	<b>Conmutación de contactos</b>	<b>No conmutación de contactos</b>
Contactador (C1)	✓	
Contactador (C2)	✓	
Contactador (C3)	✓	
Contactador (C4)	✓	

Elaboración: Propia.

Mediante la Tabla 25 se comprobó que la bobina funciona porque conmuta inmediatamente a los contactos principales y auxiliares. Asimismo, se verificó que la bobina marcó una resistencia que indicó el buen estado del elemento.

Tabla 25.  
*Prueba de funcionamiento de los relés auxiliares*

Elementos	Conmutación de contactos	No conmutación de contactos
Relé auxiliar (d1)	✓	
Relé auxiliar (d2)	✓	
Relé auxiliar (d3)	✓	
Relé auxiliar (d4)	✓	

Elaboración: Propia.

Se probaron las luces led piloto energizándolas directamente con una tensión de 220 (V), estas encienden inmediatamente.

Tabla 26.  
*Prueba de funcionamiento de las luces piloto*

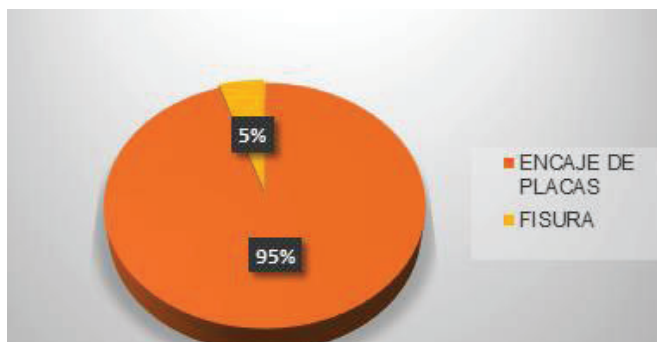
Elementos	Enciende	No enciende
Led piloto h1	✓	
Led piloto h2	✓	
Led piloto h3	✓	
Led piloto h4	✓	
Led piloto h5	✓	
Led piloto h6	✓	
Led piloto h7	✓	
Led piloto h8	✓	

Elaboración: Propia.

Aquí, en la Tabla 26, se demostró que todas las luces led encendieron sin inconvenientes y que están en perfecto estado.

### 3.4.2 Pruebas mecánicas

Para las pruebas mecánicas se consideran a todas las placas móviles y se deslizan de arriba hacia abajo sobre la estructura, verificando que encajan sin hacer esfuerzo o implican inmovilización de las mismas. Se obtuvieron los resultados que se presentan en la Figura 30.



*Figura 30.* Diagrama pastel de las placas móviles  
Elaboración: Propia.

El diagrama pastel indica que un 95% de las placas encajaron correctamente, y que un 5% tiene alguna fisura por el uso, sin embargo, las placas móviles se encuentran en buenas condiciones para trabajar.

### 3.4.3 Pruebas funcionales

- **Placas móviles de los pulsadores**

Para verificar su funcionamiento se presionó el pulsador y se midió con el multímetro la continuidad en los extremos de los bloques de contactos (NC o NO) y cambio de estado de acuerdo al tipo.

Tabla 27.  
*Prueba de funcionamiento de los pulsadores*

Elemento	Contacto normalmente abierto (NO)	Contacto normalmente cerrado (NC)
Pulsador b1	✓	✓
Pulsador b2	✓	✓
Pulsador b3	✓	✓
Pulsador b4	✓	✓
Pulsador b5	✓	✓
Pulsador b6	✓	✓

Elaboración: Propia.

Mediante la Tabla 27 se muestra la conmutación de los contactos, los que se muestran operativos para trabajar.

- **Placas móviles de los selectores**

El selector tiene tres posiciones (1-0-2), entonces, se ubicó al selector en la posición 1, en la que marca la continuidad, puesto que el contacto al inicio estaba en NO, y cambió de estado. Y es lo mismo para la posición 2.

Tabla 28.  
*Prueba de funcionamiento de los selectores*

Elementos	Posición 1	Posición 0	Posición 2
Selector b7	✓	-	✓
Selector b8	✓	-	✓
Selector b9	✓	-	✓
Selector b10	✓	-	✓

Elaboración: Propia.

La Tabla 28 muestra el resultado que al mover la perrilla de los selectores cambian de estado sus contactos, ya sea en la posición 1 o 2.

- **Placa móvil del relé programable**

Se verificó que el relé programable se encuentre en funcionamiento implementando mediante el software LOGOSoft algunos de los algoritmos de las prácticas propuestas para comprobar una comunicación entre PC-LOGO.

Tabla 29.  
*Prueba de funcionamiento del relé programable*

Elemento	Comunicación PC-LOGO	No comunicación PC-LOGO
Relé programable	✓	

Elaboración: Propia.

En la Tabla 29 se indica la comunicación vía Ethernet y se logra transferir algoritmos de control, por lo que se puede trabajar sin inconvenientes.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- Se implementó la acometida eléctrica principal y de derivación para el modulo didáctico, cumpliendo con la caída de tensión máxima admisible y con las normas de instalaciones eléctricas.
- Mediante la prueba mecánica de deslizamiento de las placas móviles sobre todos los espacios de la estructura metálica, se concluye que tiene un corte estándar y que pueden ser reubicadas en los otros módulos para las prácticas de laboratorio que impliquen usar un número mayor de las mismas.
- Con uso del software LOGOSoft Confort se pudo comprobar la ventaja que tiene el LOGO al ser programado en lenguaje de contactos ya que la lógica cableada que maneja un exceso de cables.
- Con las pruebas eléctricas se logró verificar que el circuito de alimentación diseñado e implementado opera de forma adecuada, permitiendo un correcto funcionamiento de las placas móviles y proyectando la cantidad de carga estimada 12 (A).
- Los dispositivos de protección que forman parte del módulo didáctico están dimensionados para trabajar en condiciones superiores a 16 (A) y 6 (A), frente a sobrecargas y cortocircuitos que se presenten, y de esta forma garantizan el bienestar a los usuarios y equipos.
- Se comprobó el estado de los contactores sometiéndolos a una tensión directa a las bobinas, se verificó mediante esta acción la conmutación inmediata de los contactos principales y auxiliares empleados comúnmente en los circuitos de fuerza y control de las prácticas de laboratorio.
- Hasta la presente fecha los estudiantes de tecnología electromecánica realizan sus prácticas de laboratorio en el módulo didáctico, se ha verificado que no tienen inconvenientes en la operación y servicio de los elementos y equipos.

## 4.2 Recomendaciones

- En el desarrollo de las prácticas de laboratorio se puede incluir el monitorear los voltajes de alimentación del módulo didáctico, para comprobar posibles caídas de voltaje o un desbalance.
- Es necesario regular el rango de apertura de disparo del guardamotor para las prácticas con arranque en estrella-triángulo, ya que en la primera etapa la corriente nominal aumenta drásticamente hasta entrar en su segunda etapa y estabilizarse.
- Tomar en cuenta la corriente nominal del módulo didáctico 12 (A) y no sobrecargarlo con máquinas que tengan un elevado consumo de corriente porque puede provocar daños a los equipos e incluso quemaduras a los usuarios.
- Para los estudiantes en las prácticas de laboratorio tomar medidas de precaución como revisar el estado de los cables antes de conectar a los terminales banana y anticipadamente siempre desenergizar el módulo para proceder con el cableado.
- Como trabajo futuro, se puede proponer implementar más placas móviles que contengan otros elementos como relés de nivel, medidores de energía y un módulo de entradas analógicas para el relé programable, así se complementarían el módulo didáctico.
- Los ayudantes de laboratorio deben de realizar un mantenimiento preventivo a las placas móviles: reajustar los terminales, cambiar las borneras y revisar el estado mecánico de las placas. Y anualmente al motor realizarle una prueba de aislamiento y cambiar de rodamientos de ser necesario.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adrian López, V. G. (10 de 12 de 2010). *Aplicación de fusibles e interruptores termomagnéticos*.  
Obtenido de ESPOL: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/101296/D-CD90818.pdf>
- Cerda, L. M. (2014). *Instalaciones eléctricas y automatismos*. Madrid: Paraninfo.
- Domínguez Soriano, E. J., & Ferrer Ruiz, J. (2013). *Técnicas de corte (mecanizado básico)*.  
Pozuelo de Alarcón: Editex.
- Esfot. (2 de enero de 2017). *Misión*. Obtenido de Escuela de Formación de Tecnólogos:  
<https://esfot.epn.edu.ec/index.php>
- Henriquez Harper, G. (2004). *Manual de instalaciones electromecánicas*. México, D.F.: Limusa.
- IEC. (10 de 12 de 2018). *IEC Academy*. Obtenido de International Electrotechnical Commission:  
<https://www.iec.ch/>
- Marin Herrera, A. M. (2016). *Soldadura y estructuras*. Recuperado el 4 de noviembre de 2018, de  
soldadurayestructuras: [http://soldadurayestructuras.com/2184323\\_Inicio.html](http://soldadurayestructuras.com/2184323_Inicio.html)
- Martin, J. C., & García, M. P. (2015). *Automatismos Industriales*. Madrid: Creaciones Copyright.
- Molina, J. (2013). *Apuntes de control industrial*. Quito: EPN.
- Pérez, M. (2007). *Introducción a los sistemas de control y modelo matemático para sistemas  
lineales y variables en el tiempo*. Obtenido de  
<http://dea.unsj.edu.ar/control1/apuntes/unidad1y2.pdf>
- Polanía Puentes, J. (s.f.). *Control de motores eléctricos*. Recuperado el 3 de noviembre de 2018,  
de Grupo Virtus:  
[http://grupovirtus.org/moodle/pluginfile.php/5362/mod\\_resource/content/1/Documentos/Documentos/unidad%205%20maquinas%20electricas%20rotativas/material%204%20motores.pdf](http://grupovirtus.org/moodle/pluginfile.php/5362/mod_resource/content/1/Documentos/Documentos/unidad%205%20maquinas%20electricas%20rotativas/material%204%20motores.pdf)
- Rodríguez, J. (2014). *Instalaciones eléctricas y domóticas*. Madrid: Paraninfo.
- Romero, P. (2018). *Montaje y mantenimiento de líneas automatizadas*. Madrid: Paraninfo.
- Siemens. (1 de noviembre de 2018). *Características generales*. Recuperado el 4 de noviembre  
de 2018, de Siemens:  
[https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores\\_modulares/logo/pages/default.aspx](https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores_modulares/logo/pages/default.aspx)
- Vargas Cordero, Z. R. (2014). La investigación aplicada. *Educación*, 155-165.

# ANEXOS

**ANEXO A:** Circuito de alimentación del módulo didáctico.

**ANEXO B:** Diseño de la estructura metálica del módulo didáctico de control industrial.

**ANEXO C:** Diseño y medidas de las placas móviles.

**ANEXO D:** Diagramas de las conexiones y adhesivos de las placas móviles.

**ANEXO E:** Prácticas.

**ANEXO F:** Certificado de funcionamiento del proyecto.

Carta de donación del módulo didáctico.



## **ANEXO A**

**CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DEL MÓDULO DIDÁCTICO PARA APLICACIONES  
DE CONTROL INDUSTRIAL CON UN RELÉ PROGRAMABLE.**

# CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DEL MÓDULO DIDÁCTICO

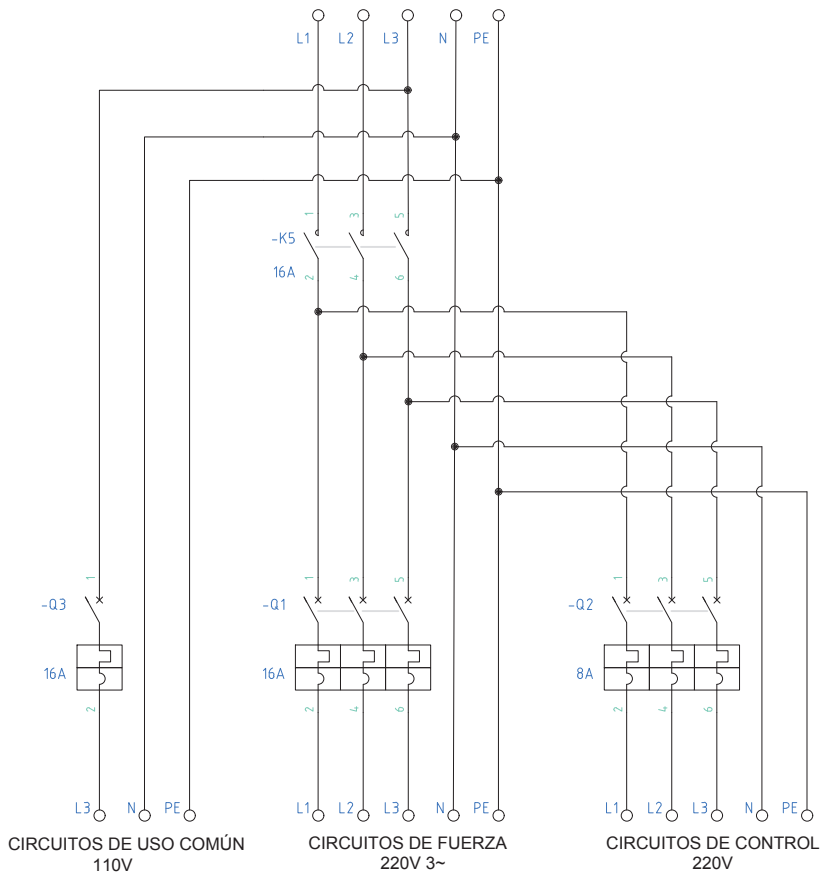


DIAGRAMA DE FUERZA

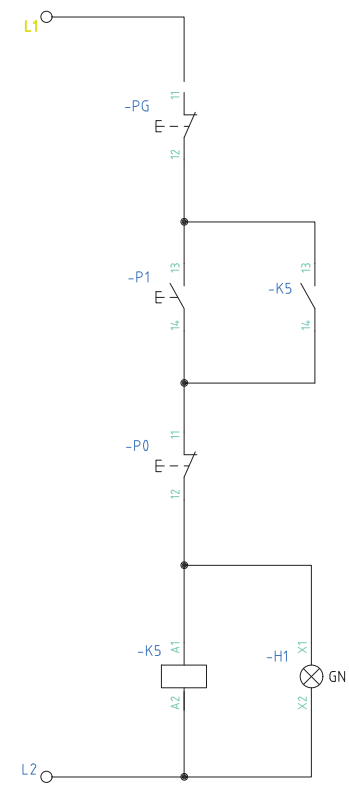
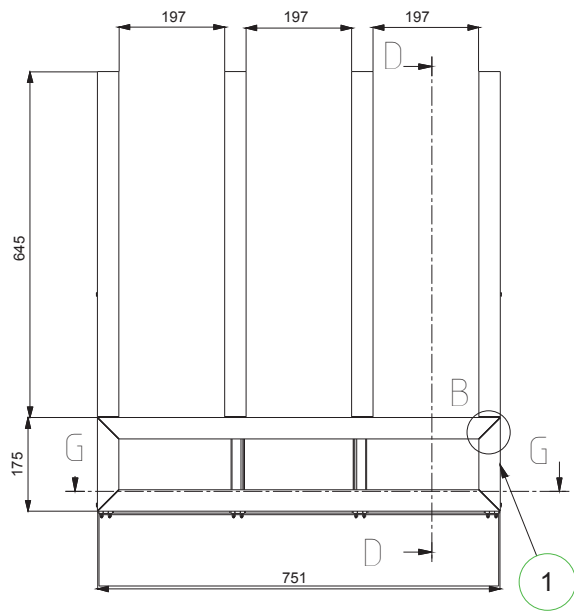


DIAGRAMA DE CONTROL

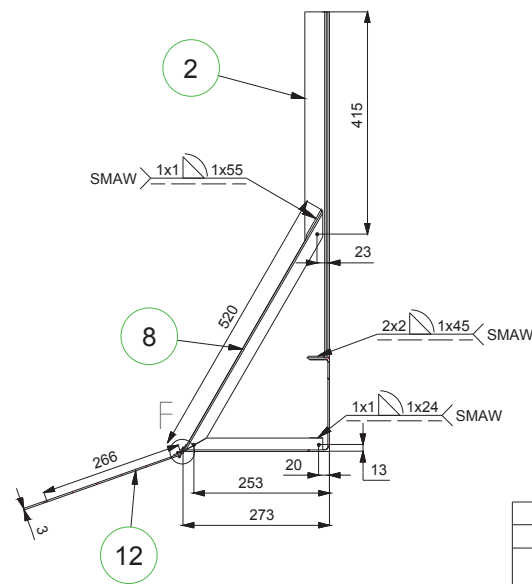
LEYENDAS	
-Q1	Interruptor magnetotérmico tripolar principal
-Q2	Interruptor magnetotérmico tripolar secundario
-Q3	Interruptor magnetotérmico unipolar
-K5	Contactora principal
-PG	Pulsador de paro de emergencia
-P0	Pulsador de paro
-P1	Pulsador de marcha
-H1	Luz piloto

**ANEXO B**

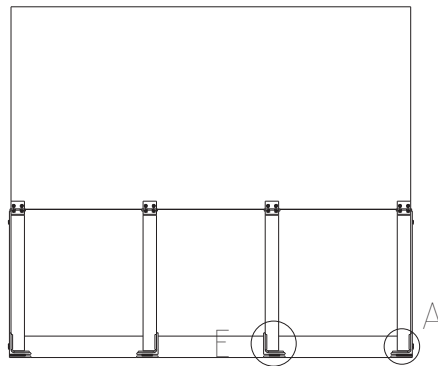
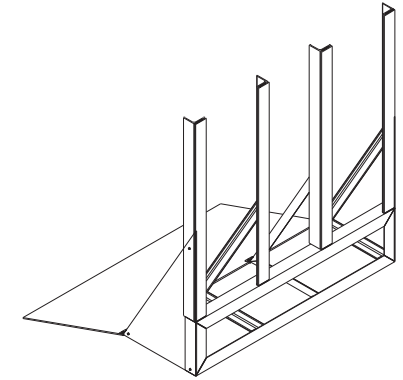
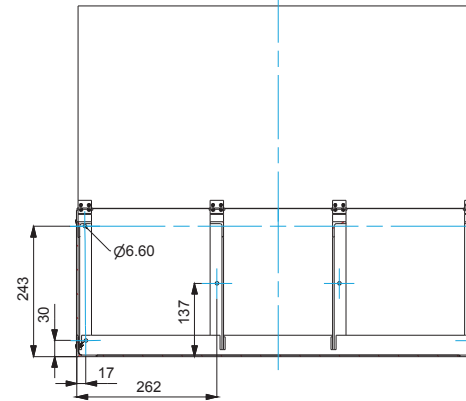
**DISEÑO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE  
CONTROL INDUSTRIAL.**



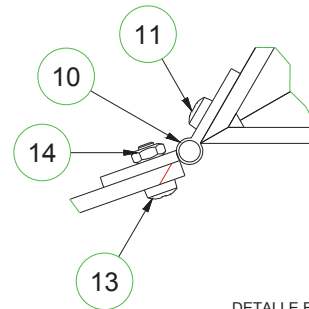
CORTE D-D ( 0,10 : 1 )



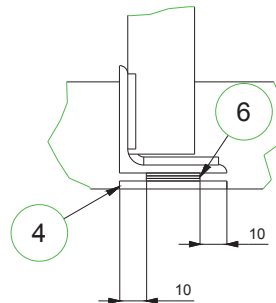
CORTE G-G ( 0,10 : 1 )



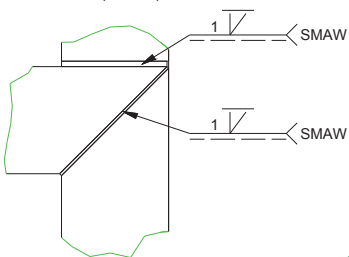
DETALLE F ( 1 : 1 )



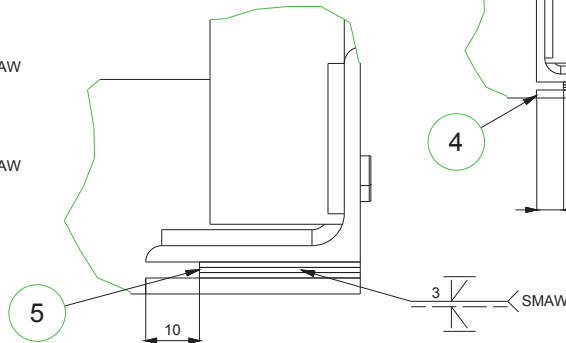
DETALLE E ( 1 : 2 )



DETALLE B ( 0.5 : 1 )



DETALLE A ( 1 : 1 )



Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	347,172 mm	Cuadro	ISO 657-1 - L40x40x3
2	1	Parantes	ISO 657-1 - L40x40x3-173,586
4	4	Platinas de soporte frontal	40X3
5	2	Placas externas de separacion	30X3
6	2	Placas internas de separacion	20X3
8	2	Soporte trasero	L25x25x3
10	4	Bisagra	
11	8	DIN 7985 (H) - M3x4-H	Cross recessed raised cheese head screws - Type H
12	1	Placa posteior	
13	8	DIN 7985 (H) - M3x8-H	Cross recessed raised cheese head screws - Type H
14	8	DIN 934 - M3	Hex Nut
15	2	placas triangulares laterales	
16	6	DIN 7984 - M3 x 8	Cylinder Head Cap Screw
17	6	DIN 439 - M3	Hex Nut



ESCUELA DE FORMACIÓN  
DE TECNÓLOGOS

DIB. Cristian Caticuago, Sandra Perugachi  
DIS. Cristian Caticuago, Sandra Perugachi  
REV. Ing. Pablo Proaño

ESCALA  
1:10

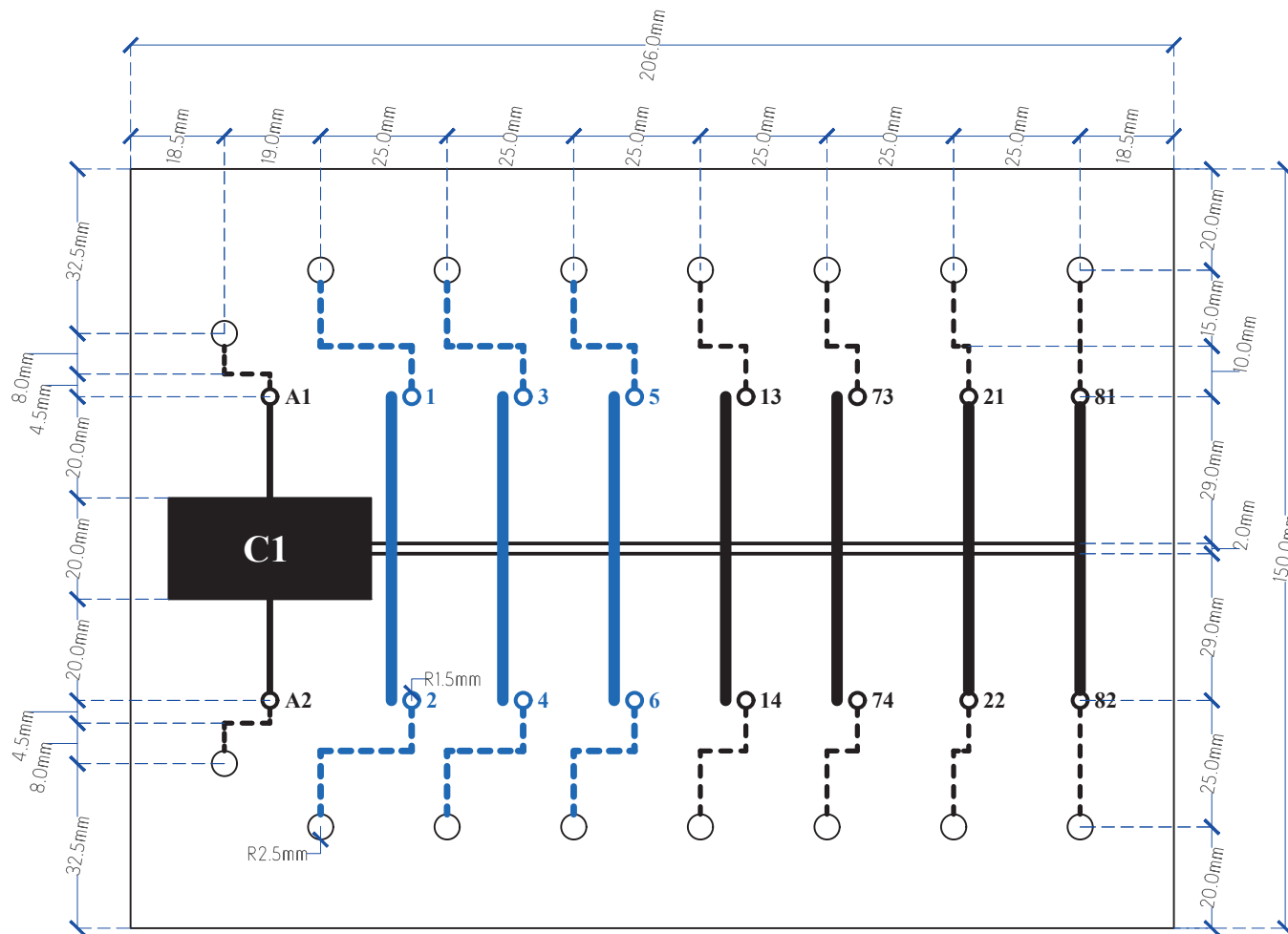
ESTRUCTURA METÁLICA DEL MODULO  
DIDÁCTICO DE CONTROL INDUSTRIAL

EMMDCI-001

FECHA:  
11/09/2018

**ANEXO C**  
**DISEÑO Y MEDIDAS DE LAS PLACAS MÓVILES.**

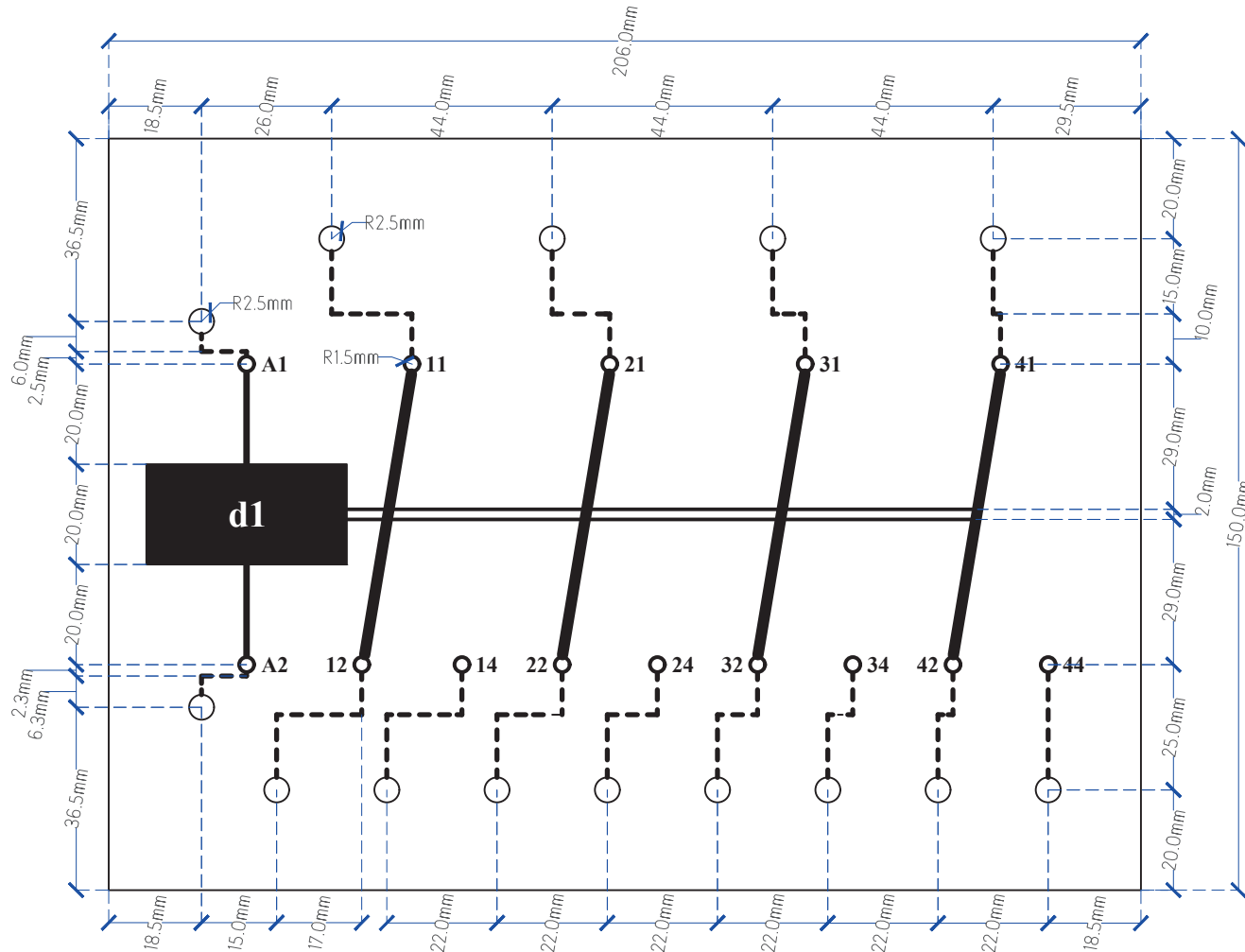
NOTA:  
 LAS PLACAS PARA CONTACTORES C1, C2, C3 Y C4 POSEEN  
 LAS MISMAS DIMENSIONES QUE SE DESCRIBEN EN EL  
 PRESENTE PLANO



	<b>ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS</b>		DIB.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi	<b>ESCALA</b> 1:≈1.472
			DIS.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi	
			REV.	Ing. Pablo Proaño	
<b>PLACAS DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL INDUSTRIAL</b>			<b>EMMDCI-002</b>		<b>FECHA:</b> 05/11/2018

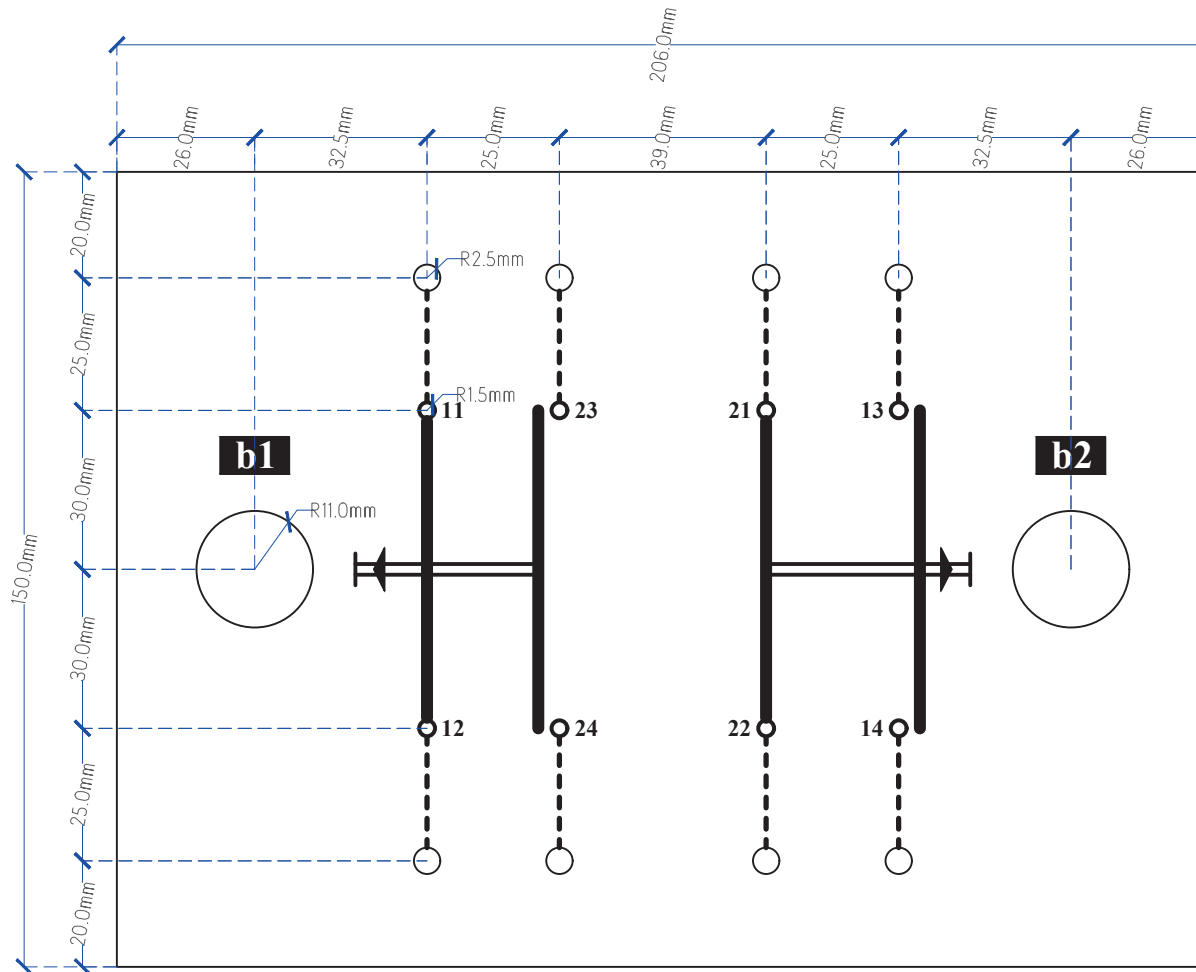
NOTA:

LAS PLACAS PARA RELAY'S d1, d2, d3 Y d4 POSEEN LAS MISMAS DIMENSIONES QUE SE DESCRIBEN EN EL PRESENTE PLANO



	<b>ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS</b>		DIB.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi	<b>ESCALA</b> 1:≈1.472
			DIS.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi	
			REV.	Ing. Pablo Proaño	
<b>PLACAS DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL INDUSTRIAL</b>			<b>EMMDCI-003</b>		<b>FECHA:</b> 05/11/2018

NOTA:  
 LAS PLACAS PARA PULSADORES b1-b2, b3-b4 y b5-b6,  
 POSEEN LAS MISMAS DIMENSIONES QUE SE DESCRIBEN EN  
 EL PRESENTE PLANO



ESCUELA DE FORMACIÓN  
 DE TECNÓLOGOS

DIB.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi
DIS.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi
REV.	Ing. Pablo Proaño

ESCALA  
 1:≈1.472

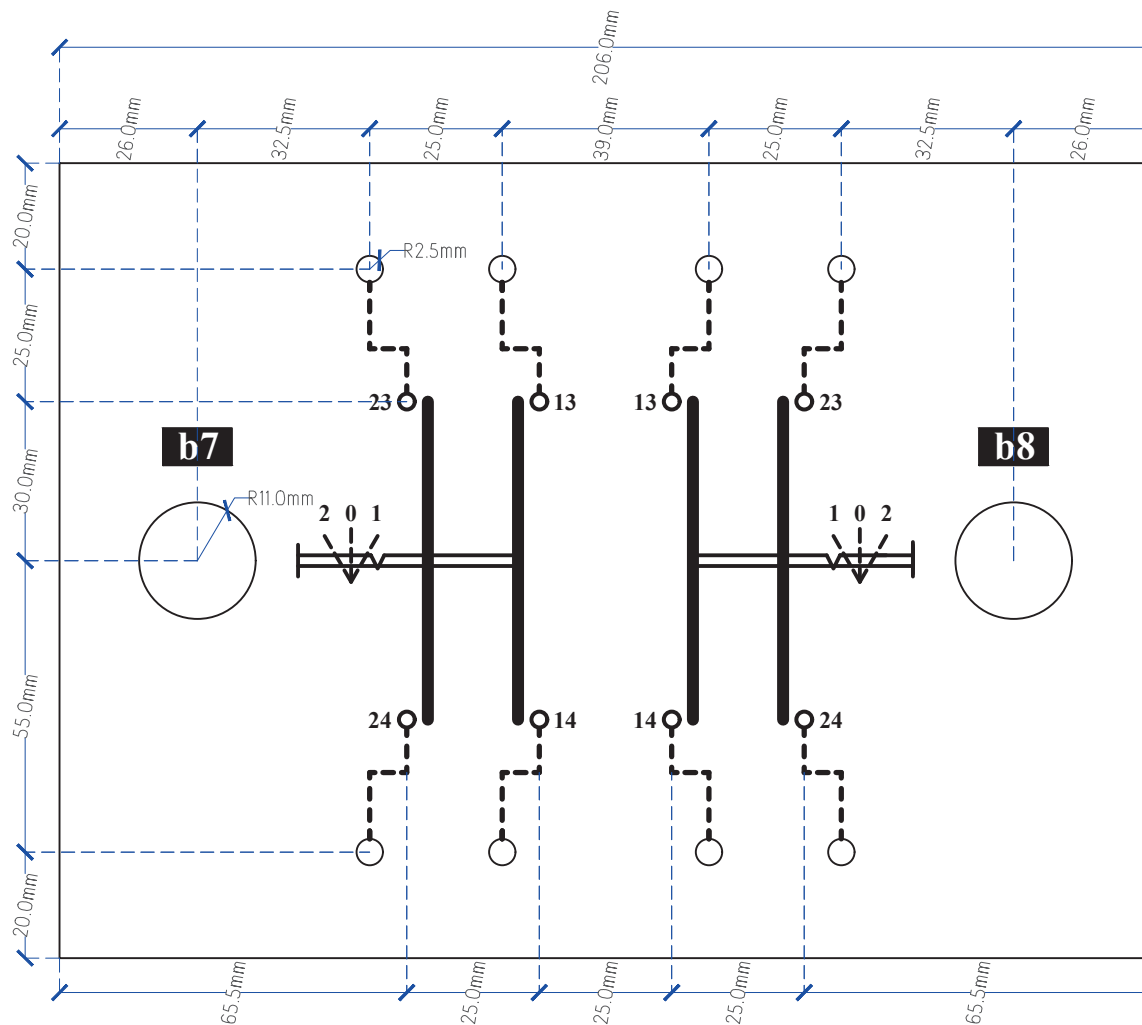
PLACAS DEL MÓDULO  
 DIDÁCTICO DE CONTROL INDUSTRIAL


EMMDCI-005

FECHA:  
 05/11/2018

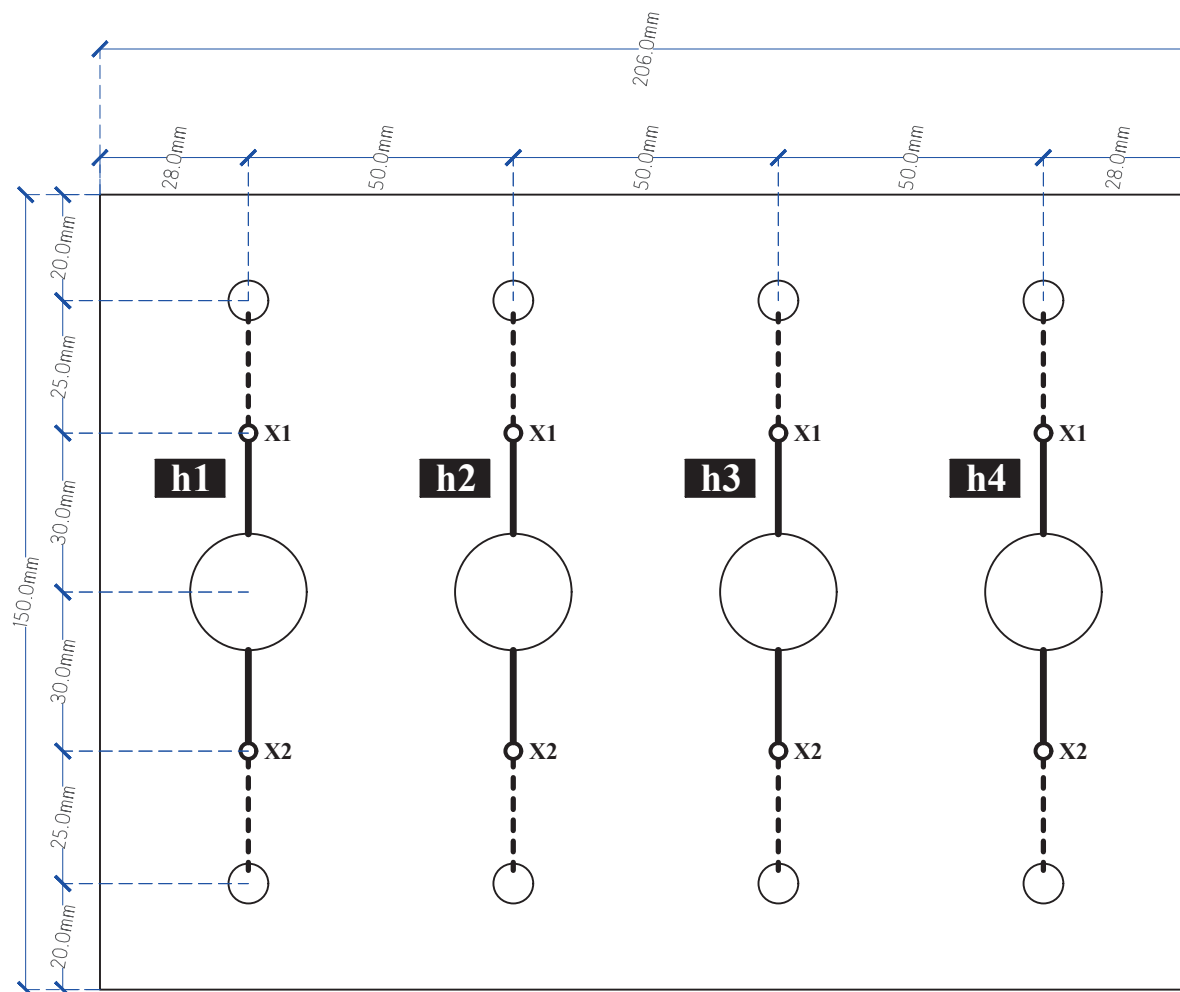


NOTA:  
 LAS PLACAS PARA SELECTORES b7-b8, y b9-b10 POSEEN  
 LAS MISMAS DIMENSIONES QUE SE DESCRIBEN EN EL  
 PRESENTE PLANO



	<b>ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS</b>		DIB.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi	<b>ESCALA</b> 1:≈1.472
			DIS.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi	
			REV.	Ing. Pablo Proaño	
<b>PLACAS DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL INDUSTRIAL</b>			<b>EMMDCI-004</b>		<b>FECHA:</b> 05/11/2018

NOTA:  
 LAS PLACAS PARA LUCES PILOTO h1-h4 y h5-h8, POSEEN  
 LAS DIMENSIONES QUE SE DESCRIBEN EN EL PRESENTE  
 PLANO



ESCUELA DE FORMACIÓN  
 DE TECNÓLOGOS

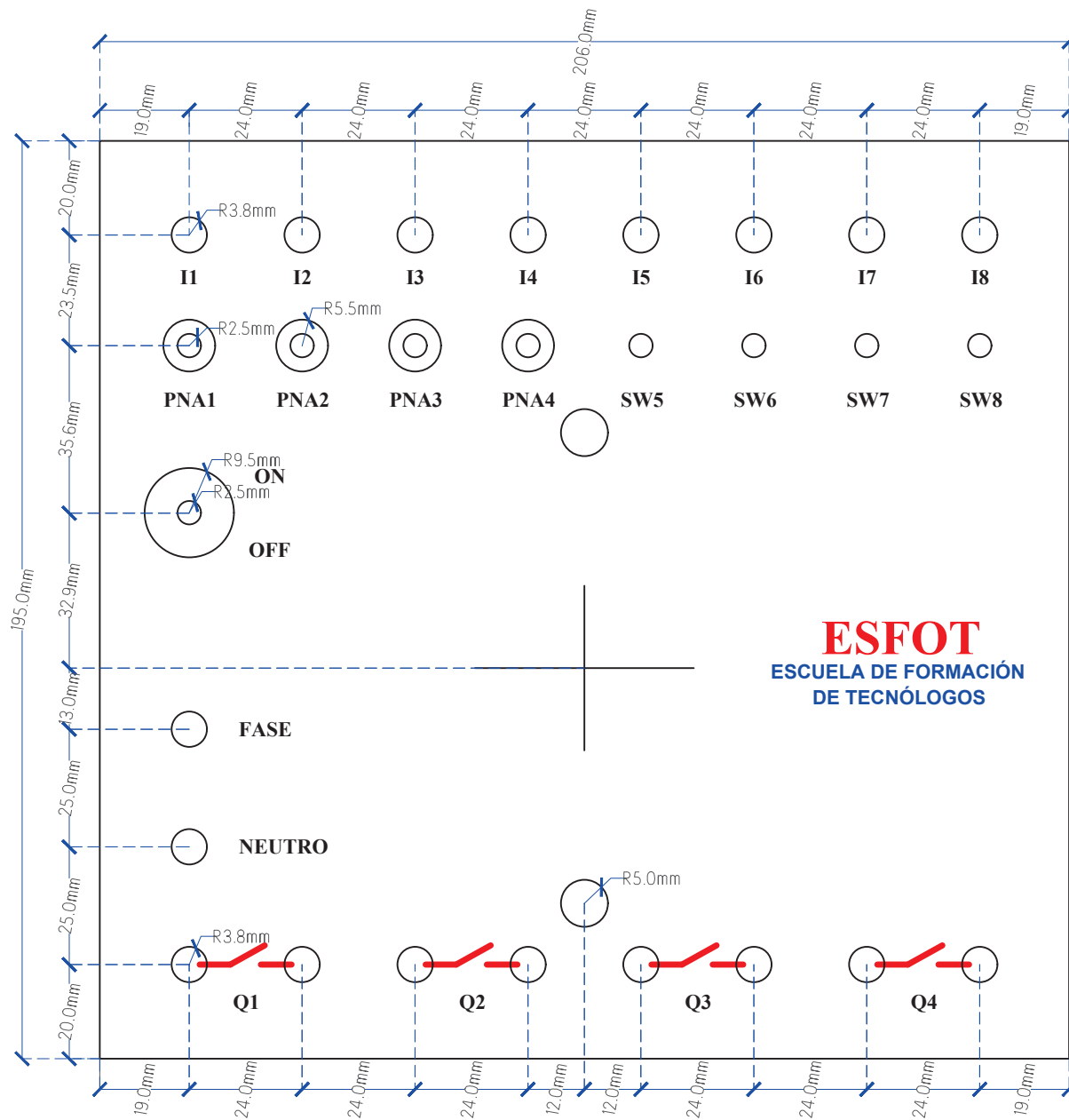
DIB.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi
DIS.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi
REV.	Ing. Pablo Proaño

ESCALA  
 1:≈1.472

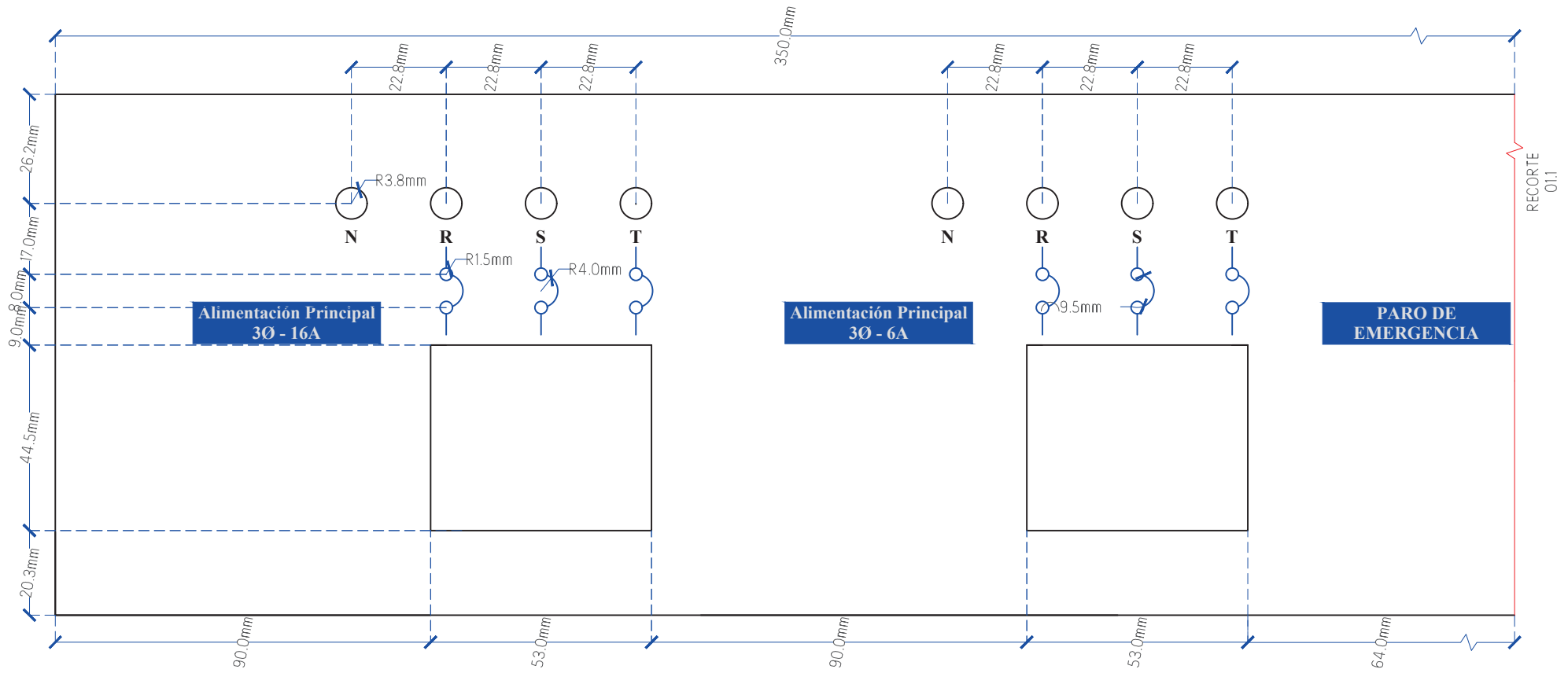
PLACAS DEL MÓDULO  
 DIDÁCTICO DE CONTROL INDUSTRIAL

EMMDCI-008

FECHA:  
 05/11/2018



	<b>ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS</b>		DIB.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi	<b>ESCALA</b> 1:≈1.472
			DIS.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi	
			REV.	Ing. Pablo Proaño	
<b>PLACAS DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL INDUSTRIAL</b>			<b>EMMDCI-006</b>		<b>FECHA:</b> 05/11/2018



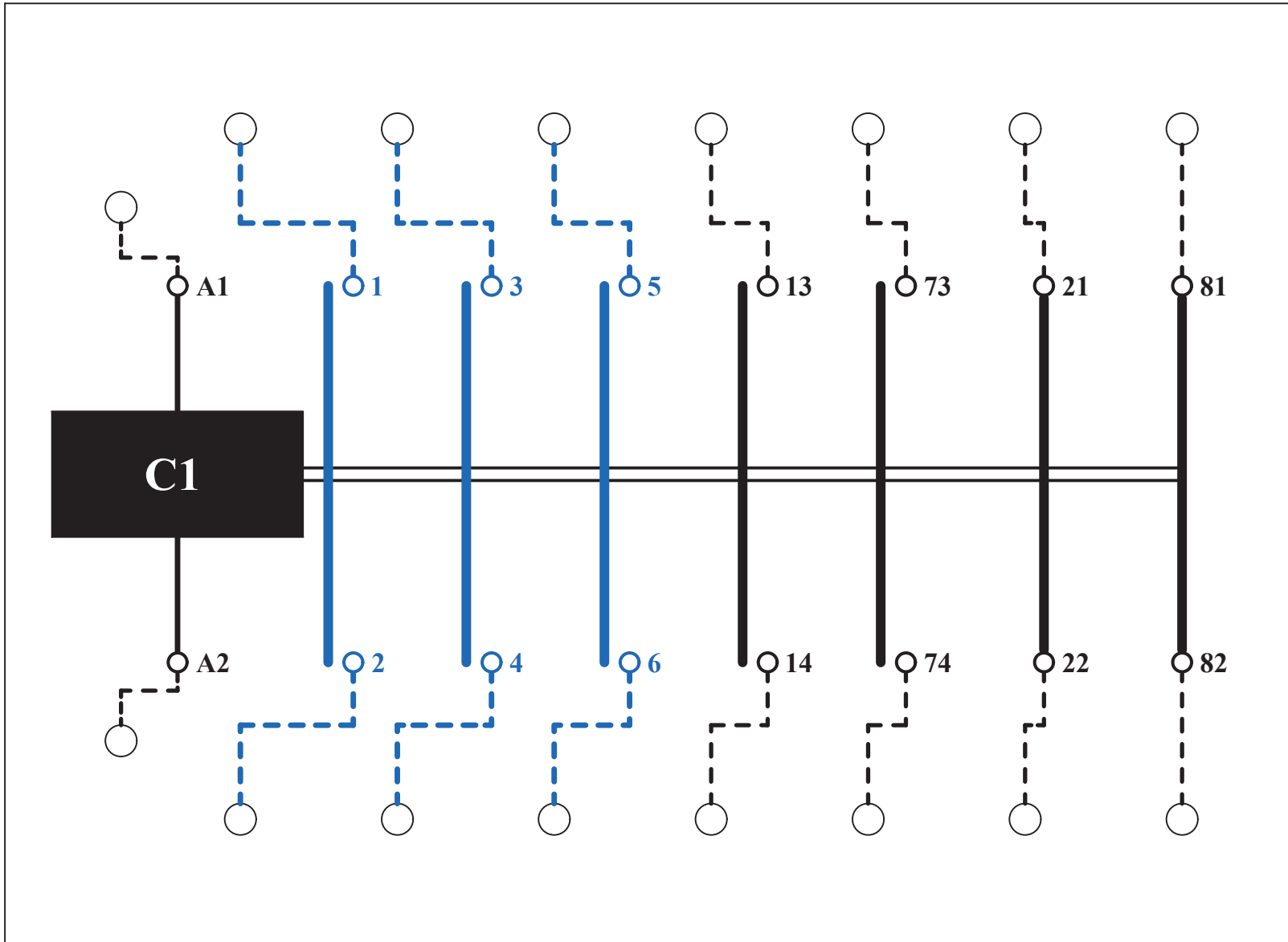
	<b>ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS</b>		DIB.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi	<b>ESCALA</b> 1:≈1.472
			DIS.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi	
			REV.	Ing. Pablo Proaño	
<b>PLACAS DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL INDUSTRIAL</b>			<b>EMMDCI-007.1</b>		<b>FECHA:</b> 05/11/2018



	<b>ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS</b>		DIB.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi	<b>ESCALA:</b> 1:≈1.472
			DIS.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi	
			REV.	Ing. Pablo Proaño	
<b>PLACAS DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL INDUSTRIAL</b>			<b>EMMDCI-007.2</b>		<b>FECHA:</b> 05/11/2018

## **ANEXO D**

**DIAGRAMAS DE CONEXIONES Y ADHESIVOS DE LAS PLACAS MÓVILES.**



NOTA:  
 LOS ADHESIVOS PARA CONTACTORES C1, C2, C3 Y C4  
 POSEEN LAS MISMAS DIMENSIONES DE TRAZO EN GROSOR  
 DE LÍNEA, COMO; SE MUESTRA EN EL PRESENTE PLANO.



ESCUELA DE FORMACIÓN  
 DE TECNÓLOGOS

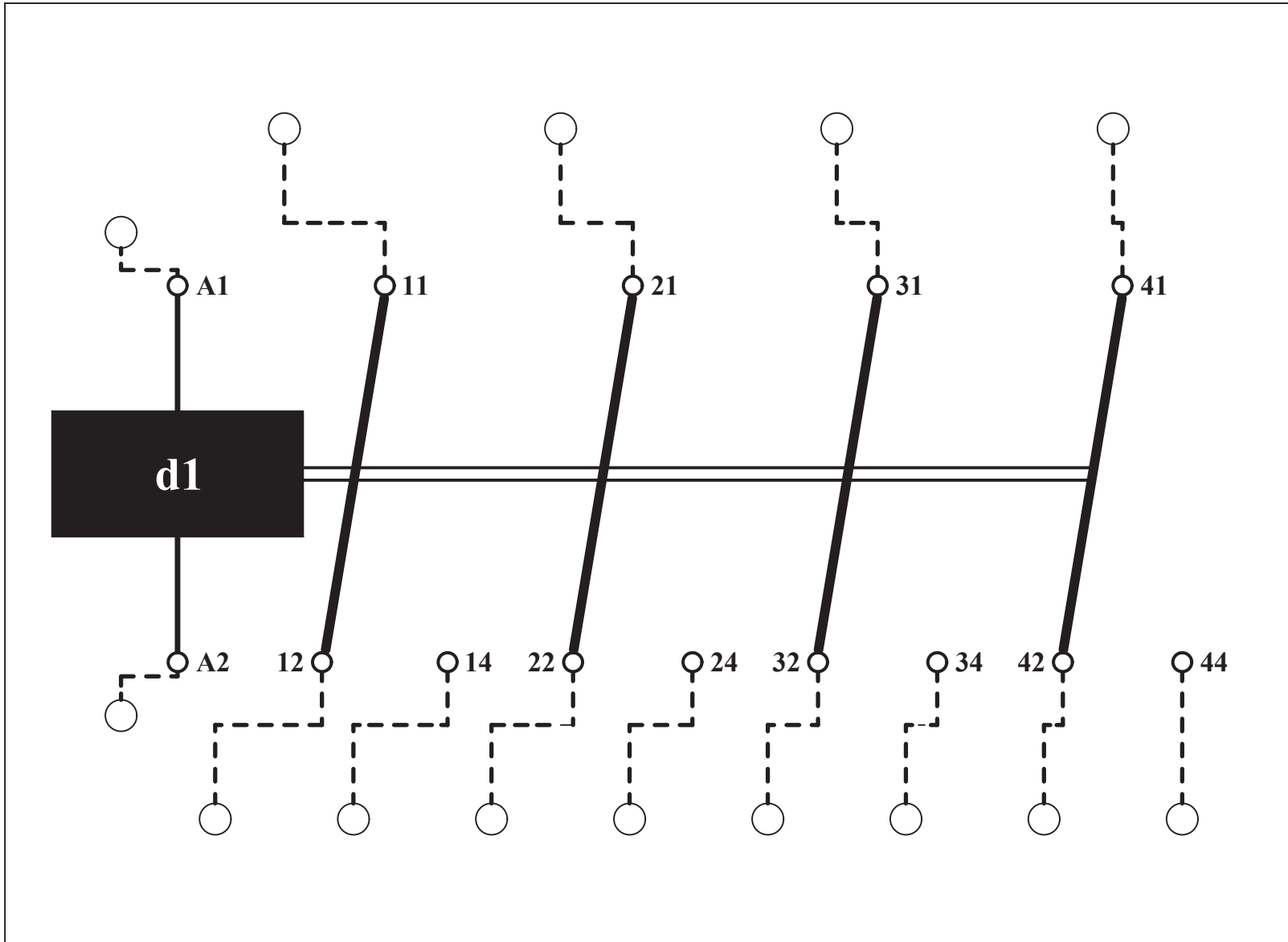
DIB.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi
DIS.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi
REV.	Ing. Pablo Proaño

ESCALA  
 1:1

ADHESIVOS DEL MÓDULO  
 DIDÁCTICO DE CONTROL INDUSTRIAL

**EMMDCI-009**

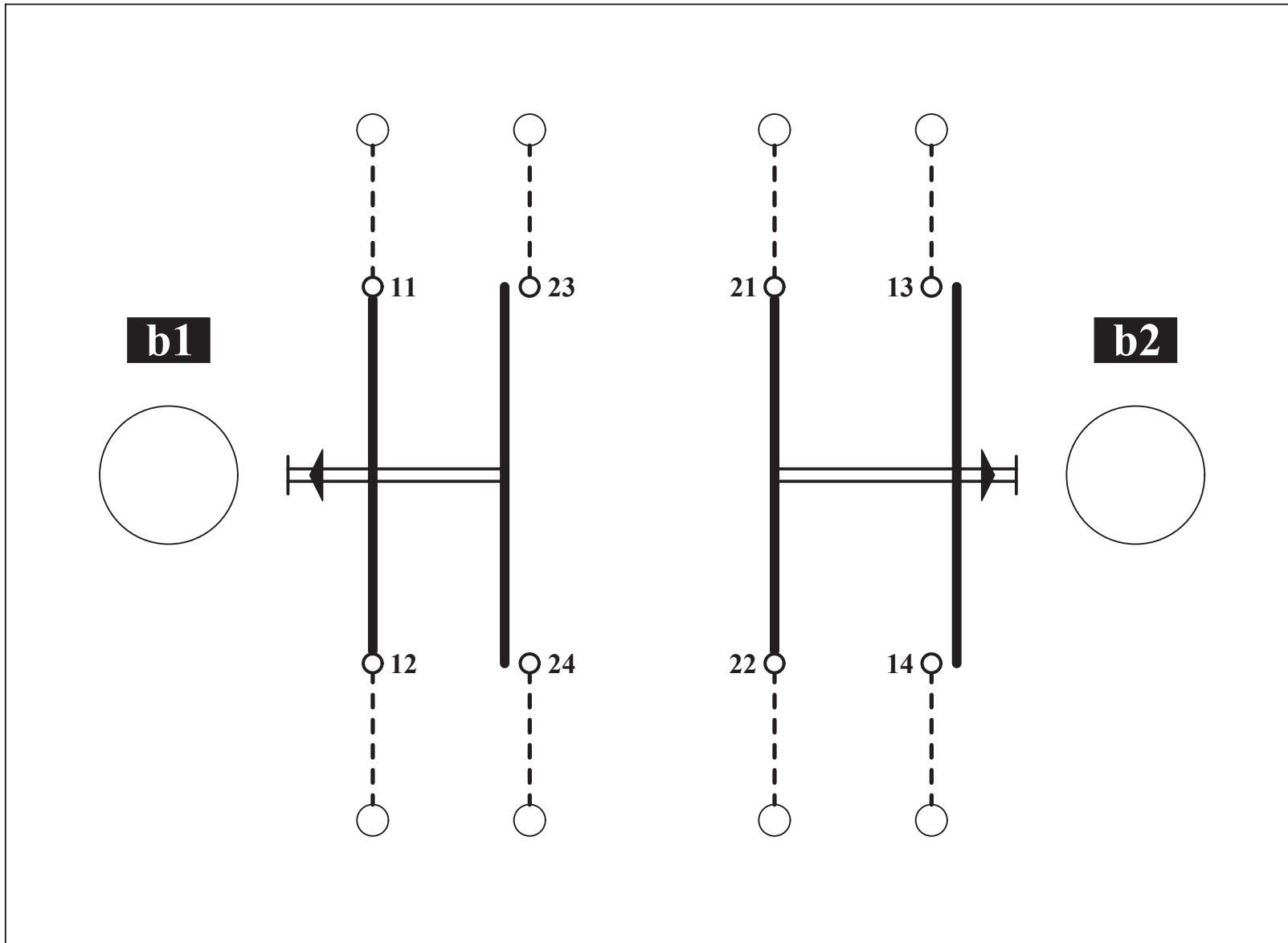
FECHA:  
 05/11/2018



NOTA:  
 LOS ADHESIVOS PARA RELAY's d1, d2, d3 Y d4 POSEEN  
 LAS MISMAS DIMENSIONES DE TRAZO EN GROSOR DE LÍNEA,  
 COMO; SE MUESTRA EN EL PRESENTE PLANO.

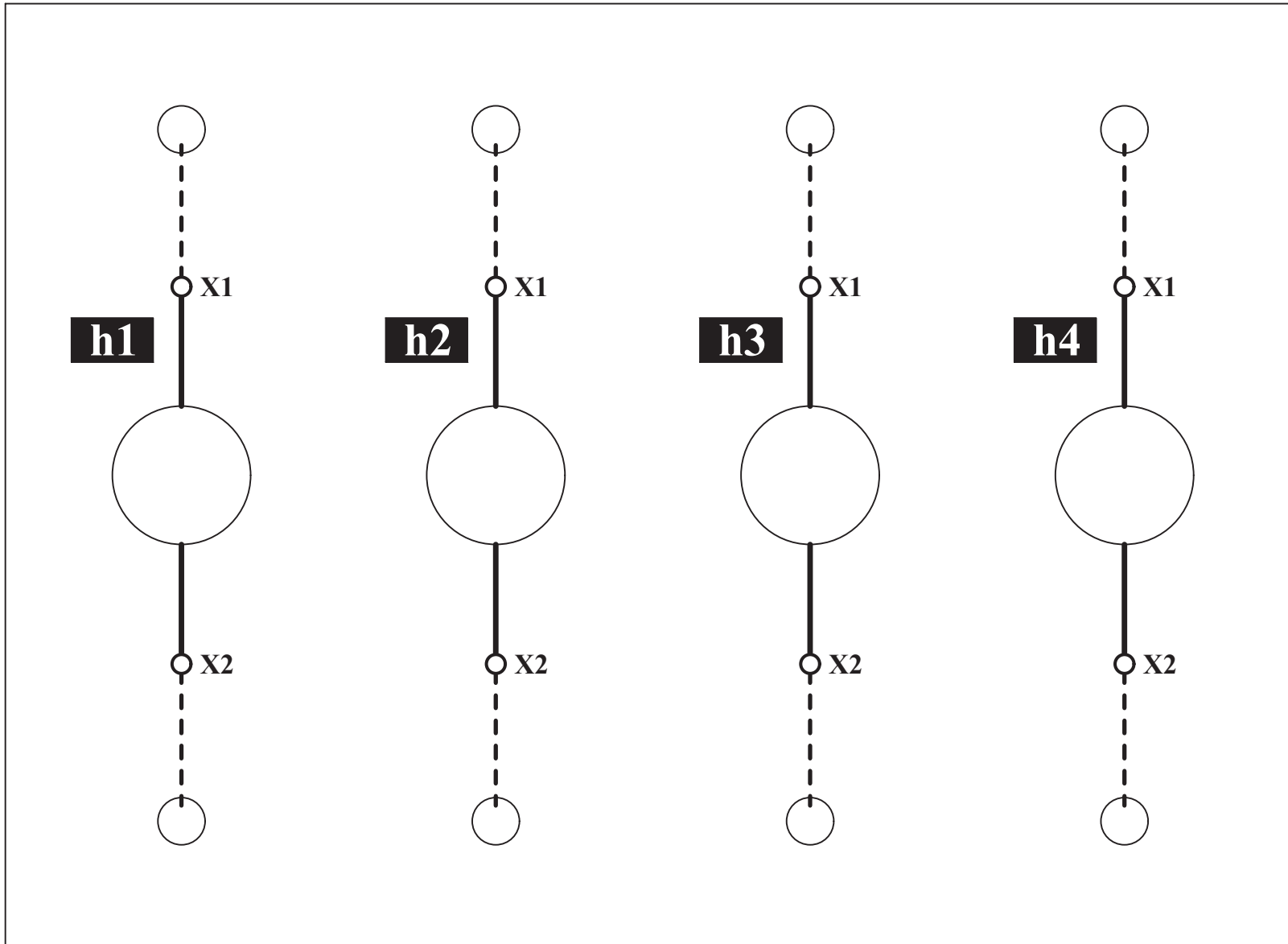
	<b>ESCUELA DE FORMACIÓN          DE TECNÓLOGOS</b>	DIB.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi	<b>ESCALA</b> 1:1
		DIS.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi	
		REV.	Ing. Pablo Proaño	
<b>ADHESIVO DEL MÓDULO          DIDÁCTICO DE CONTROL INDUSTRIAL</b>		<b>EMMDCI-010</b>		<b>FECHA:</b> 05/11/2018





NOTA:  
 LOS ADHESIVOS PARA PULSADORES b1-b2, b3-b4 y b5-b6,  
 POSEEN LAS MISMAS DIMENSIONES DE TRAZO EN GROSOR  
 DE LÍNEA, COMO; SE MUESTRA EN EL PRESENTE PLANO.

	<b>ESCUELA DE FORMACIÓN          DE TECNÓLOGOS</b>		DIB.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi	ESCALA 1:1
			DIS.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi	
			REV.	Ing. Pablo Proaño	
<b>ADHESIVO DEL MÓDULO          DIDÁCTICO DE CONTROL INDUSTRIAL</b>			<b>EMMDCI-012</b>		FECHA: 05/11/2018



NOTA:  
 LOS ADHESIVOS LUCES PILOTO h1-h4 y h5-h8, POSEEN LAS MISMAS DIMENSIONES DE TRAZO EN GROSOR DE LÍNEA, COMO; SE MUESTRA EN EL PRESENTE PLANO.



ESCUELA DE FORMACIÓN  
 DE TECNÓLOGOS

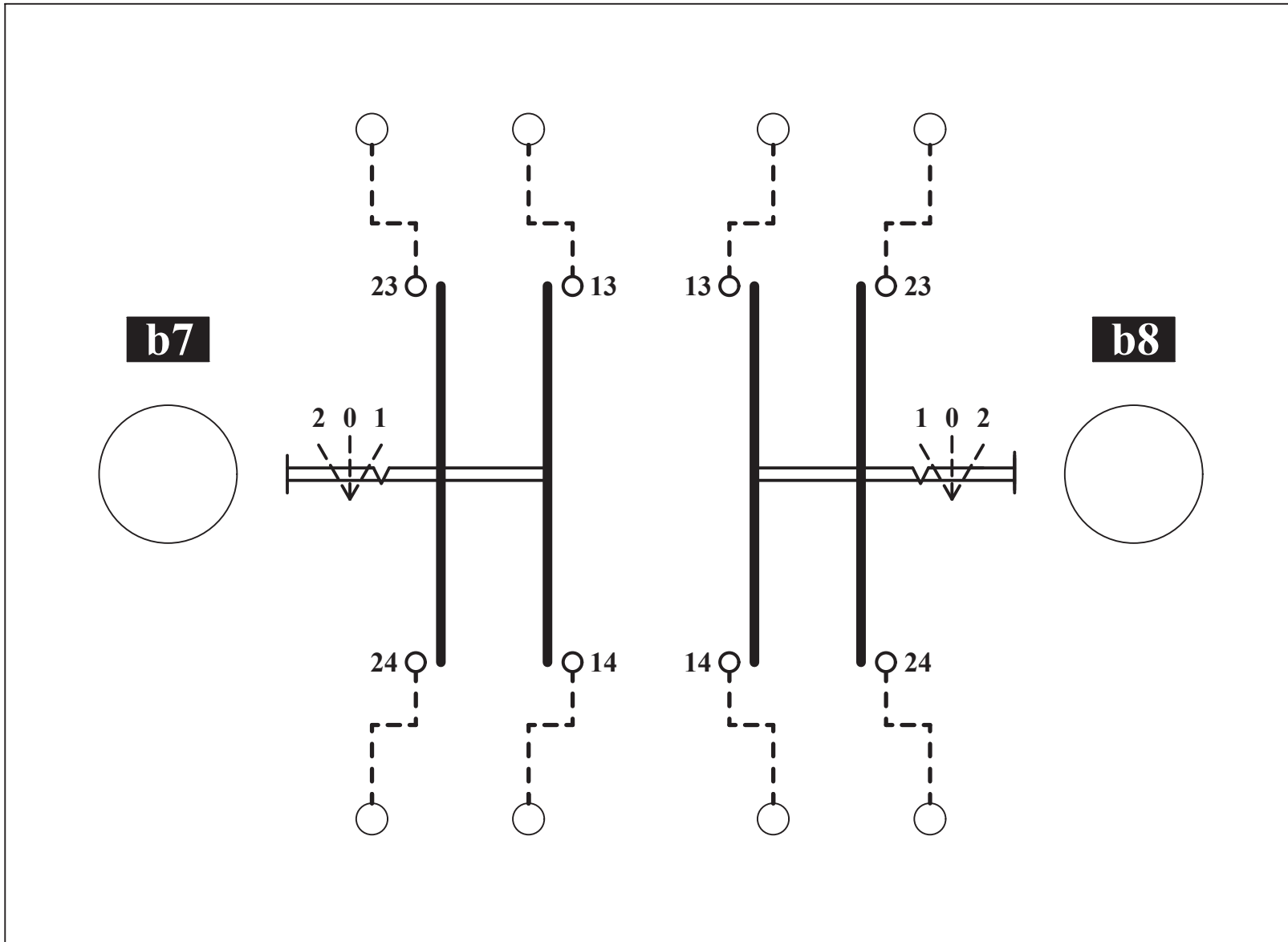
DIB.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi
DIS.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi
REV.	Ing. Pablo Proaño

ESCALA  
 1:1

ADHESIVO DEL MÓDULO  
 DIDÁCTICO DE CONTROL INDUSTRIAL

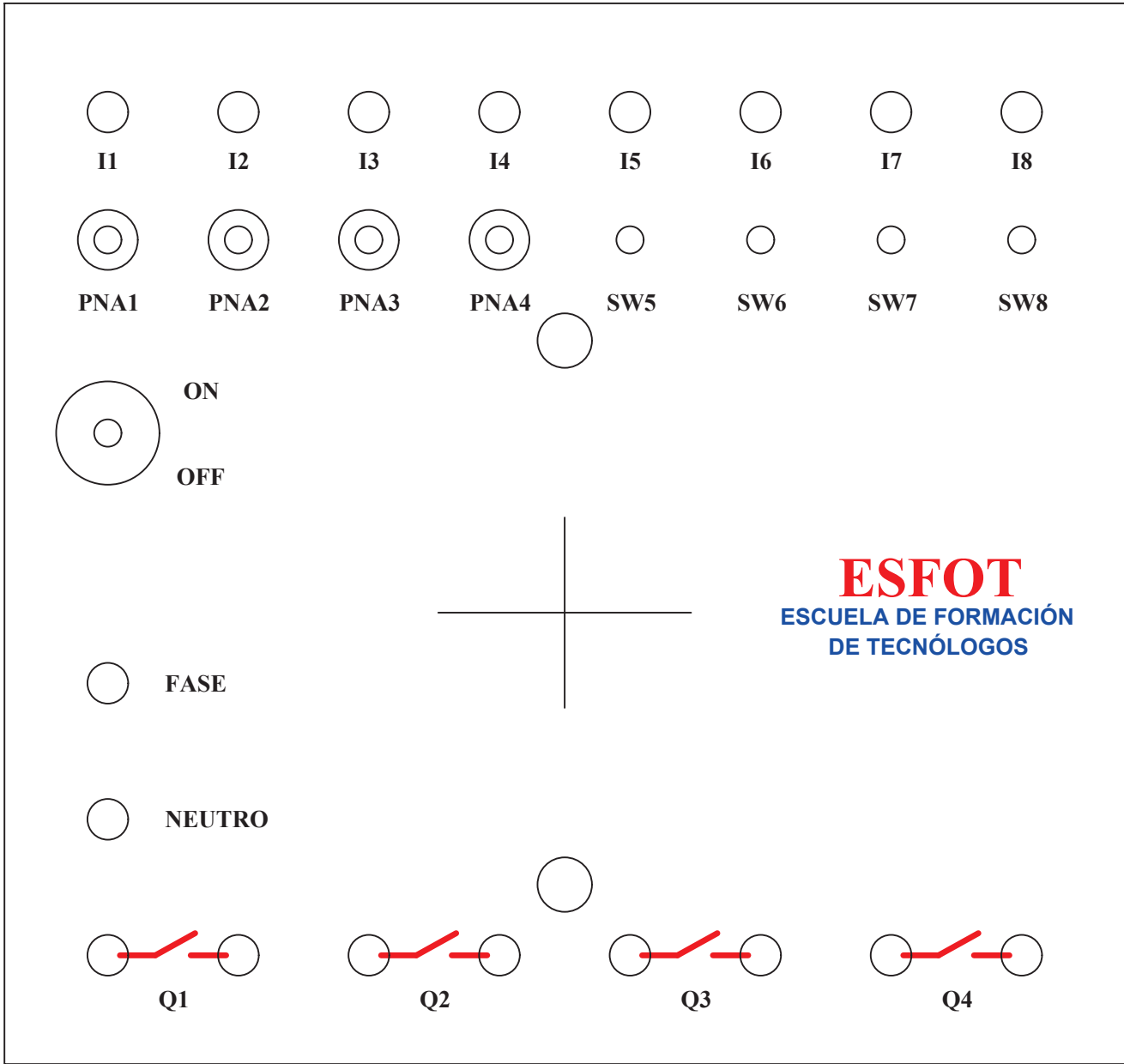
**EMMDCI-015**

FECHA:  
 05/11/2018

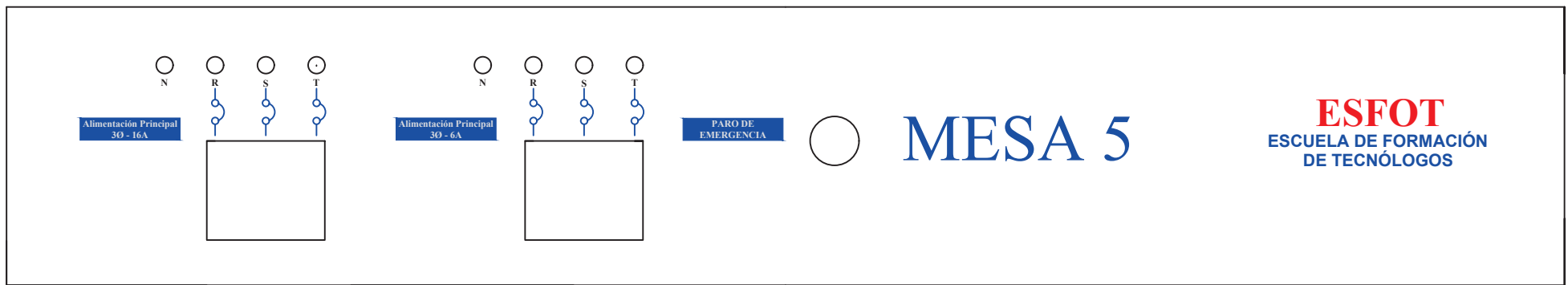


NOTA:  
 LOS ADHESIVOS PARA SELECTORES b7-b8, y b9-b10  
 POSEEN LAS MISMAS DIMENSIONES DE TRAZO EN GROSOR  
 DE LÍNEA, COMO; SE MUESTRA EN EL PRESENTE PLANO.

	<b>ESCUELA DE FORMACIÓN          DE TECNÓLOGOS</b>		DIB.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi	ESCALA 1:1
			DIS.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi	
			REV.	Ing. Pablo Proaño	
<b>ADHESIVO DEL MÓDULO          DIDÁCTICO DE CONTROL INDUSTRIAL</b>			<b>EMMDCI-011</b>		FECHA: 05/11/2018



	<b>ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS</b>		DIB.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi	<b>ESCALA</b> 1:1.23
			DIS.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi	
			REV.	Ing. Pablo Proaño	
<b>ADHESIVO DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL INDUSTRIAL</b>			<b>EMMDCI-013</b>		<b>FECHA:</b> 05/11/2018



	<b>ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS</b>	DIB.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi	<b>ESCALA</b> 1:2.80
		DIS.	Cristian Caticuago, Sandra Perugachi	
		REV.	Ing. Pablo Proaño	
<b>ADHESIVO DEL MODULO DIDÁCTICO DE CONTROL INDUSTRIAL</b>		<b>EMMDCI-014</b>		<b>FECHA:</b> 05/11/2018

## **ANEXO E**

- **PRÁCTICA 1: CIRCUITO DE CONTROL PARA DETECTAR UNA SECUENCIA DE OPERACIÓN CORRECTA E INCORRECTA DE PULSADORES.**
- **PRÁCTICA 2: CIRCUITO DE CONTROL PARA EL MANEJO DE UN MOTOR TRIFÁSICO DE FORMA CÍCLICA.**
- **PRÁCTICA 3: ACCIONAMIENTO DE MOTORES DE INDUCCIÓN EMPLEANDO ENTRADAS DIGITALES DEL LOGO SOFT.**



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**ESCUELA FORMACIÓN DE TECNOLOGOS**

**HOJA GUIA 1**

***CIRCUITO DE CONTROL PARA DETECTAR UNA SECUENCIA DE OPERACIÓN CORRECTA E INCORRECTA DE PULSADORES***

## **OBJETIVOS**

- Familiarizar al estudiante con el uso del módulo didáctico y el relé programable LOGO.
- Implementar el circuito adecuado para detectar una secuencia de operación correcta o incorrecta con elementos electromecánicos disponibles en el módulo como son: pulsadores, selectores y luces indicadoras.
- Conocer el correcto manejo del software logo versión 8.

## **EQUIPO**

- Módulo de trabajo con elementos electromecánicos
- Cables varios tipos
- Logo versión 8
- Motor

## **INFORMACIÓN**

Los relés programables ofrecen ventajas para diferentes aplicaciones de automatización y control industrial. Además permite diseñar esquemas en un lenguaje específico mediante el software LOGO SOFT COMFORT.

Para cumplir el objetivo de la práctica se deberá utilizar un circuito con condicionante en el encendido como se puede observar en la mayoría de sistemas de control es frecuente que para activar un proceso ante se debe realizar una acción de verificación.

## **TRABAJO PREPARATORIO**

1. Desarrollar un algoritmo de control utilizando lenguaje ladder en el software logo que permita cumplir las siguientes condiciones:
  - Un motor se encenderá luego de presionar tres pulsadores en la secuencia P1-P2-P3.
  - En caso de presionar los pulsantes en una secuencia distinta a la anterior, al finalizar la misma, se encenderá una alarma.
  - Para la alarma se empleará un generador de impulsos asíncrono reflejado en una luz piloto.
  - El motor y la alarma no podrán estar encendidas a la vez.
  - Colocar luces de señalización asociados a los pulsadores P1, P2 y P3 para verificar visualmente que se cumpla con la condición de accionamiento.
  - El circuito se activará o desactivará con un selector de tres posiciones.
2. Realizar el circuito de fuerza.
3. Presentar el diagrama de entradas y salidas con todos los elementos utilizados con su respectiva identificación.

## **DESARROLLO DE LA PRÁCTICA**

1. Instrucciones generales para el desarrollo de la práctica.
2. Armar el circuito de fuerza que se encuentra en la Figura E.1.



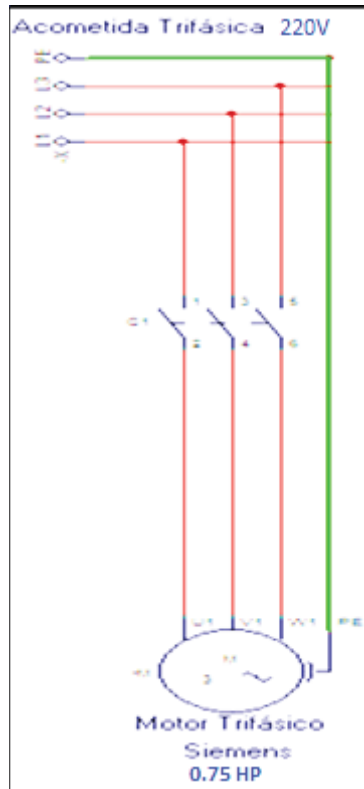


Figura E.1. Circuito de fuerza motor Fuente Propia

3. Realizar los respectivos puntos de conexión del relé programable.
4. Conectar los dispositivos de entrada y salida.
5. Abrir el archivo con el diagrama de control realizado en el trabajo preparatorio.
6. Conectar el cable Ethernet desde la PC a la entrada Ethernet de LOGO.
7. Encender LOGO.
8. Visualizar en la pantalla Principal la opción "Menú".
9. En el menú con las teclas de desplazamiento escoger la opción "RED" (La opción red permite visualizar la dirección IP que se va a utilizar con su respectiva máscara de subred).
10. Enseguida en el ordenador, dirigirse al centro de recursos compartidos, cambiar configuración de adaptador, opción Ethernet.
11. En propiedades de Ethernet se escoge propiedades de Internet versión IPV4, dicha opción permite colocar la dirección IP ya antes visualizada con su respectiva máscara de subred.

12. Una vez configurada la dirección IP en el ordenador se procede a realizar la comunicación.
13. En la barra de herramientas seleccionar transferir PC-LOGO, una vez que reconozca la dirección IP y se acepta la comunicación.
14. Se activa modo RUN para comprobar el funcionamiento del algoritmo.



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**ESCUELA FORMACIÓN DE TECNOLOGOS**

**HOJA GUIA 2**

***CIRCUITO DE CONTROL PARA EL MANEJO DE UN MOTOR  
TRIFÁSICO DE FORMA CÍCLICA***

## **OBJETIVOS**

- Elaborar el algoritmo de control para manejar un motor trifásico de manera cíclica con temporizadores.
- Conocer el funcionamiento y características de los temporizadores disponibles en el logo Soft.
- Observar los pulsos y los ciclos dentro del algoritmo cuando el motor se encuentre en funcionamiento.

## **EQUIPO**

- Módulo de trabajo con elementos electromecánicos
- Cables varios tipos
- Logo versión 8
- Motor 1

## **INFORMACIÓN**

### **Temporizadores**

Es el dispositivo que abre o cierra sus contactos de salida luego de haber transcurrido un determinado tiempo posterior a su conexión o desconexión. Permiten retardar, prolongar y activar acciones en un tiempo determinado (Julian Rodriguez, 2014).

### **Tipos De Temporizadores**

**ON DELAY.-** el relé temporizado a la conexión cambia de estado luego de haber transcurrido el tiempo luego de haber sido activado. En logo se representa como se muestra en la Figura 2 (Cerde, 2014).

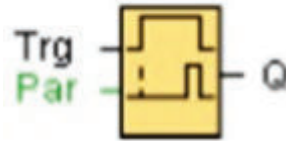


Figura E.2 Símbolo ON –DELAY

Tabla E.1. Descripción de funcionamiento del relé ON-DELAY

CONEXIÓN	DESCRIPCIÓN
Entrada Trg	A través de la entrada Trg (Trigger) se inicia el tiempo para el retardo a la conexión.
Parámetros	T es el tiempo de retardo tras el que se activa la salida (la señal de salida pasa de 0 a 1). Remanencia activada (On) = el estado se guarda de forma remanente.
Salida Q	Q se activa una vez transcurrido el tiempo parametrizado T, si el parámetro Trg sigue activado.

En la Tabla E.1 se puede observar los parámetros de funcionamiento del mismo.

**OFF DELAY.**-relé temporizado a la desconexión cambia de estado una vez haya sido activado, pero ningún tiempo es contado, es decir este relé funciona cuando es desenergizado (Cerde, 2014). En logo se representa como se muestra en la Figura E.3.

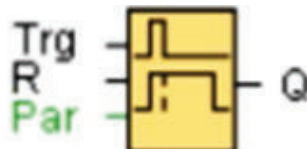


Figura E.3. Símbolo OFF-DELAY

Tabla E.2. Descripción de funcionamiento del relé OFF-DELAY

CONEXIÓN	DESCRIPCIÓN
Entrada Trg	Con el flanco descendente (cambio de 1 a 0) de la entrada Trg (Trg significa Trigger ), se inicia el tiempo para el retardo a la desconexión.
Entrada R	A través de la entrada R (Reset), el tiempo para el retardo a la desconexión se pone a cero y la salida se ajusta a 0 (esta entrada tiene preferencia sobre Trg).
Parámetros	T es el tiempo tras el que se desconecta la salida (la señal de salida pasa de 1 a 0). Remanencia activada (On) = el estado se guarda de forma remanente.
Salida Q	Q se conecta con Trg y se mantiene conectada hasta que T haya transcurrido completamente.

En la Tabla E.2 se puede observar los parámetros de funcionamiento del mismo.

## TRABAJO PREPARATORIO

1. Desarrollar un algoritmo de control utilizando lenguaje ladder en el software logo que permita cumplir las siguientes condiciones:
  - Se tienen tres pulsadores
  - P0 es un pulsador de paro que detiene el motor en cualquier instante de tiempo.
  - PA es un pulsador que arranca al motor, y un pulsador PE que determina el número de veces que se repetirá el siguiente ciclo.
  - Un ciclo de motor corresponde a un arranque en sentido horario, donde el motor funcionará por 60 segundos, luego se detiene por 30 segundos, automáticamente se arranca en sentido anti horario. En esta fase, funciona igual que para el sentido anterior (60 segundos), se detiene (30 segundos) y vuelve a funcionar en el sentido inicial.
  - Antes de arrancar el motor se debe presionar el pulsador PE, un número indistinto de veces, luego se presiona el pulsador PA y el motor hace el ciclo descrito con anterioridad el número de veces que se haya presionado el pulsador PE, por ejemplo, si se presionó 4 veces el pulsador PE el ciclo debería repetirse 4 veces después de haber presionado el pulsador PA.
  - Se empleará la pantalla del LOGO para mostrar los pulsos y los ciclos restantes, además el pulsador PE deja de surtir efecto cuando el motor ha comenzado a moverse.

2. Realizar el circuito de fuerza.
3. Presentar el diagrama de entradas y salidas con todos los elementos utilizados con su respectiva identificación.

## DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

1. Instrucciones generales para el desarrollo de la práctica.
2. Armar el circuito de fuerza que se encuentra en la Figura E.4.

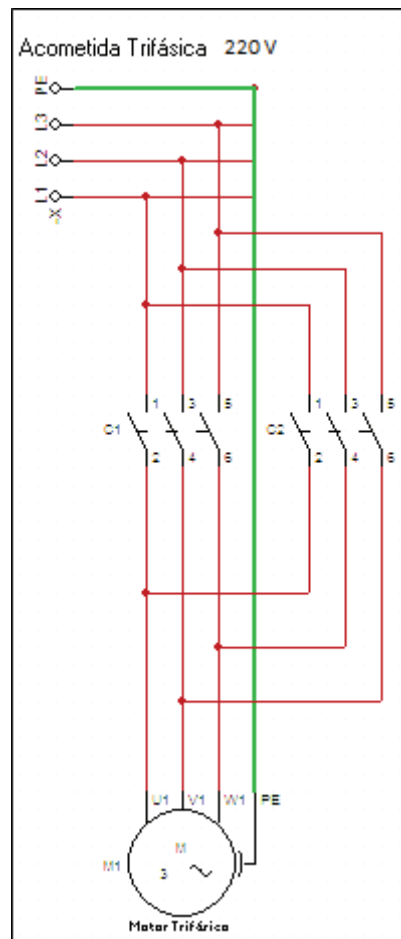


Figura E.4. Circuito de potencia para motor con inversión de giro  
Fuente: Propia

3. Realizar los respectivos puntos de conexión del relé programable.
4. Conectar los dispositivos de entrada y salida
5. Abrir el archivo con el diagrama de control realizado en el trabajo preparatorio.
6. Conectar el cable Ethernet desde la PC a la entrada Ethernet de LOGO.

7. Encender LOGO.
8. Visualizar en la pantalla Principal la opción "Menú".
9. En el menú con las teclas de desplazamiento escoger la opción "RED" (La opción red permite visualizar la dirección IP que se va a utilizar con su respectiva máscara de subred).
10. Enseguida en el ordenador, dirigirse al centro de recursos compartidos, cambiar configuración de adaptador, opción Ethernet.
11. En propiedades de Ethernet se escoge propiedades de Internet versión IPV4, dicha opción permite colocar la dirección IP ya antes visualizada con su respectiva máscara de subred.
12. Una vez configurada la dirección IP en el ordenador se procede a realizar la comunicación.
13. En la barra de herramientas seleccionar transferir PC-LOGO, una vez que reconozca la dirección IP se acepta la comunicación.
14. Se activa modo RUN para comprobar el funcionamiento del algoritmo.



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**ESCUELA FORMACIÓN DE TECNOLOGOS**

**HOJA GUIA 3**

***ACCIONAMIENTO DE MOTORES DE INDUCCIÓN EMPLEANDO  
ENTRADAS DIGITALES DEL LOGO SOFT.***

### **OBJETIVOS:**

- Accionar uno o varios motores empleando entradas digitales disponibles en el módulo lógico programable para controlar y supervisar el proceso en una tolva.
- Desarrollar el algoritmo de control asociado a un mando manual-automático-paro.

### **MATERIALES:**

- Módulo de trabajo con elementos electromecánicos
- Cables varios tipos
- Logo versión 8
- Motor 1
- Motor 2

### **INFORMACIÓN**

Entre las principales características que se puede destacar del módulo lógico programable es que dispone de entradas y salidas digitales. Las entradas se identifican mediante una letra I. Los números de las entradas digitales (I1, I2,...) corresponden a los números de los bornes de entrada de logo.



## **TRABAJO PREPARATORIO:**

1. Diseñar un algoritmo de control para el accionamiento de los motores M1 y M2 de una tolva bajo las siguientes condiciones de funcionamiento utilizando lenguaje ladder:
  - Mediante un selector de tres posiciones, se escoge el mando manual, automático o paro.
  - Para el mando automático, el motor M1 funcionará solo cuando el material esté por debajo del sensor nivel medio y se apagará solo cuando el nivel rebase la altura del sensor nivel alto.
  - El motor M2 funcionará solo cuando el nivel rebase la altura del sensor nivel medio y se apagará solo cuando el nivel baje de sensor nivel bajo.
  - Para el mando manual y mediante el uso de pulsadores; se accionarán cada uno de los motores independientemente de la actuación de los sensores capacitivos.
  - Con sobrecargas se desconectará el motor defectuoso ya sea en automático o manual.
  - Colocar lámparas de señalización para advertir el funcionamiento de los motores y paro por sobrecargas.
2. Realizar el circuito de fuerza.
3. Presentar el diagrama de entradas y salidas con todos los elementos utilizados con su respectiva identificación.

## **DESARROLLO DE LA PRÁCTICA**

1. Instrucciones generales para el desarrollo de la práctica.
2. Armar el circuito de fuerza que se encuentra en la Figura E.5.

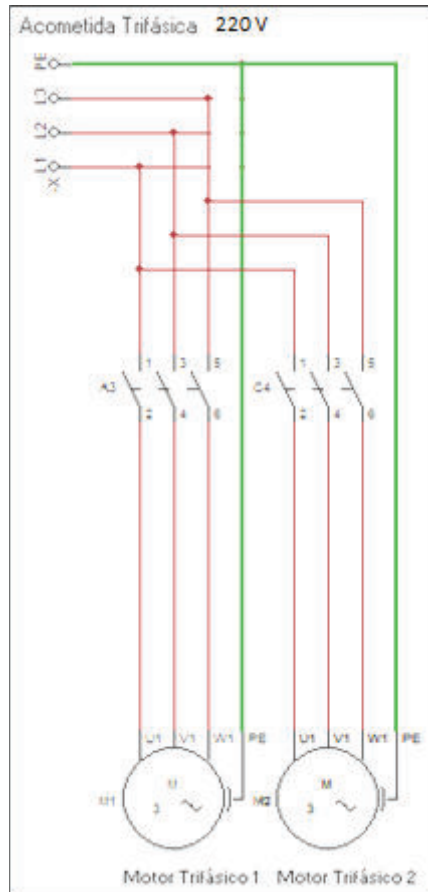


Figura E.5. Circuito de potencia para motor 1 y motor 2.  
Fuente: Propia

3. Realizar los respectivos puntos de conexión del relé programable.
4. Conectar los dispositivos de entrada y salida
5. Abrir el archivo con el diagrama de control realizado en el trabajo preparatorio.
6. Conectar el cable Ethernet desde la PC a la entrada Ethernet de LOGO.
7. Encender LOGO.
8. Visualizar en la pantalla Principal la opción "Menú".
9. En el menú con las teclas de desplazamiento escoger la opción "RED" (La opción red permite visualizar la dirección IP que se va a utilizar con su respectiva máscara de subred).
10. Enseguida en el ordenador, dirigirse al centro de recursos compartidos, cambiar configuración de adaptador, opción Ethernet.

11. En propiedades de Ethernet se escoge propiedades de Internet versión IPV4, dicha opción permite colocar la dirección IP ya antes visualizada con su respectiva mascara de subred.
12. Una vez configurada la dirección IP en el ordenador se procede a realizar la comunicación.
13. En la barra de herramientas seleccionar transferir PC-LOGO, una vez que reconozca la dirección IP se acepta la comunicación.
14. Se activa modo RUN para comprobar el funcionamiento del algoritmo.

## **ANEXO F**

- **CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DEL PROYECTO.**
- **CARTA DE DONACIÓN DEL MÓDULO DIDÁCTICO.**

## **Certificado de funcionamiento del proyecto**

Certificado de funcionamiento del **Módulo didáctico para aplicaciones de Control Industrial con un relé programable.**

Yo, Pablo Andrés Proaño Chamorro docente a tiempo completo de la escuela Politécnica Nacional y como encargado del laboratorio de Tecnología Industrial, certifico que he constatado el correcto funcionamiento del módulo didáctico para el área de Control Industrial, el cual cumplen con los requerimientos y normas de seguridad necesarias para que los estudiantes de la carrera de electromecánica desarrollen sus prácticas de laboratorio con normalidad.

Firma:

---

**Ing. Pablo Proaño C.**

**Encargado del Laboratorio de Tecnología Industrial**

Quito, 18 de febrero de 2019

Msc. Mónica De Lourdes Vinueza Rhor  
**DIRECTORA DE LA ESFOT**  
**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**  
Presente. -

De nuestra consideración:

Nosotros, Cristian Antonio Caticuago Farinango con cedula de identidad 1726765793 y Sandra Milena Perugachi Urresti con cedula de identidad 1723611362, estudiantes de la carrera de Tecnología en Electromecánica tenemos el gusto de donar a la Escuela Politécnica Nacional (EPN) los equipos adquiridos para el desarrollo de nuestro proyecto de titulación, los mismos que se encuentran ubicados dentro de las instalaciones del Laboratorio de Tecnología Industrial.

Esperando que nuestra donación contribuya con la formación de los estudiantes de las carreras de tecnología, se entrega los equipos de acuerdo al siguiente detalle:

Ítem	Descripción	Modelo	Número de Serie	Estado	Precio Total
1	MOTOR TRIF. 0.7HHP 1800 RPM	Siemens	1LEO142-0DB26-4AA4-Z	Nuevo	154,00
1	CONTACTOR 16A 1NO+1NC 110V	Siemens	3RT2025-1AG20	Nuevo	45,00
1	GUARDAMOTOR 2,2-3,2A	Siemens	3RV2011-1DA10	Nuevo	60,42
3	PULSADOR ROJO + 1NC ANILLO METAL	Siemens	3SU1130-0AB20-1CA0	Nuevo	30,54
3	PULSADOR VERDE + 1NA ANILLO METAL	Siemens	3SU1130-0AB40-1BA0	Nuevo	30,54
4	CONTACTOR AUXILIAR 1NO+1NC FRONTAL	Siemens	3RH2911-1LA11	Nuevo	41,32
6	BLOQUE CONTACTOS 1NC	Siemens	3SU1400-1AA10-1CCA0	Nuevo	24,12
2	LUZ PILOTO AMARILLO 220V	Siemens	3SU1106-6AA30-1AA0	Nuevo	30,10
2	LUZ PILOTO LED ROJA 230V	Siemens	3SU1106-6AA20-1AA0	Nuevo	30,10
4	LUZ PILOTO LED VERDE 230V	Siemens	3SU1106-6AA40-1AA0	Nuevo	60,20
1	PULSADORPARO DE EMERGENCIA GIRO	Siemens	3SU1100-1HB20-1CG0	Nuevo	20,40
4	SELECTOR 3 POSICIONES METALICO BRILLANTE	Siemens	3SU1150-2BL60-1NA0	Nuevo	89,04

1	BREAKER 1P 16AMP P/RIEL	Siemens	5SL3116-7	Nuevo	8,40
1	BREAKER 3P 16AMP P/RIEL	Siemens	5SL3316-7	Nuevo	30,14
1	BREAKER 3P 6AMP P/RIEL	Siemens	5SL3306-7	Nuevo	37,80
4	RELE AUX ENCHUF 6A 230VAC	Siemens	LZX:PT570730	Nuevo	34,84
4	CONTACTOR 9A 1NO+1NC 220V	Siemens	3RT2023-1AN20	Nuevo	116,56
1	LOGO 230RCE	Siemens	DI8_DO4 - 6ED1052	Nuevo	170,97

Con el fin de que los equipos sean ingresados al inventario de la EPN, se adjunta una copia de las facturas de los mismos.

Atentamente:

---

Cristian Antonio Caticuago Farinango  
Cell: 0987333581  
Correo: cristian.caticuago@epn.edu.ec

---

Sandra Milena Perugachi Urresti  
Cell: 0987562972  
Correo: sandra.perugachi@epn.edu.ec