

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

### **IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULOS DE ENTRENAMIENTO EN ARMADO DE TABLEROS ELÉCTRICOS PARA EL LTI-IE-ESFOT**

#### **MÓDULO 1 DE ENTRENAMIENTO**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO  
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN  
ELECTROMECAÁNICA**

**WALTER ESTEBAN PUSDA CADENA**

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

**DMQ, enero 2021**

## CERTIFICACIONES

Yo, Walter Esteban Pusda Cadena declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



---

**Walter Esteban Pusda Cadena**

**walter.pusda@epn.edu.ec**

**walter\_esteban1996@hotmail.com**

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Walter Esteban Pusda Cadena, bajo mi supervisión.



---

**Ing. Abraham Ismael Loja Romero., Msc.**

**DIRECTOR**

**abraham.loja@epn.edu.ec**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

A través de la presente declaración, afirmo que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el producto resultante del mismo, es público y estará a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales corresponde al autor que ha contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

Walter Esteban Pusda Cadena

## **AGRADECIMIENTO**

Le agradezco a Dios por darme salud y sabiduría para culminar mis estudios universitarios.

A mi madre Gloria por el apoyo incondicional durante este tiempo, por su dedicación y esfuerzo para enseñarme que todo es posible. Gracias por ser la mejor madre.

A mis hermanos por el esfuerzo que han realizado para que pueda culminar una etapa más en mi vida, por sus consejos y apoyo en todas las decisiones que he tomado.

Agradezco al Ing. Abraham Loja por el tiempo, dedicación y conocimientos compartidos que han permitido terminar este proyecto.

Agradezco a la Escuela Politécnica Nacional por la oportunidad brindada para que pueda prepararme y ser un profesional, de igual manera agradezco a los profesores por compartir sus conocimientos y por su dedicación a lo largo de toda la carrera.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES .....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	IV
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT .....	VII
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1 Objetivo General.....	2
1.2 Objetivos Específicos .....	2
1.3 Alcance.....	2
2 METODOLOGÍA.....	3
Descripción de la metodología usada .....	3
Dimensionamiento del tablero eléctrico .....	3
Diagramas de control.....	3
Implementación del tablero eléctrico del LTI-IE.....	4
Pruebas de funcionamiento del sistema eléctrico .....	4
Manual de uso y funcionamiento .....	4
2.1 Dimensionamiento del tablero eléctrico .....	5
Dimensionamiento de conductores.....	5
Curvas de disparo de los interruptores termomagnéticos.....	7
Dimensionamiento de interruptores termomagnéticos .....	8
Dimensionamiento de los contactores .....	11
2.2 Elaboración de los diagramas de control .....	15
Mando piloto .....	15
Mando memorizado .....	16
Mando alternado.....	17
Mando interbloqueado .....	17

2.3	Implementación del tablero eléctrico del LTI-IE .....	19
	Selección del gabinete.....	19
	Instalación de canaletas y riel DIN.....	21
	Distribución de elementos eléctricos.....	22
	Instalación de pulsadores y luces piloto.....	23
2.4	Pruebas de funcionamiento del sistema eléctrico .....	25
	Pruebas de continuidad en los mandos implementados .....	25
	Pruebas de funcionamiento de los pulsadores.....	26
	Prueba de funcionamiento para el pulsador paro de emergencia.....	27
	Pruebas de alimentación en los mandos de control .....	28
	Pruebas de cortocircuito en los interruptores termomagnéticos .....	31
2.5	Manual de uso y mantenimiento .....	32
3	Conclusiones .....	33
4	Recomendaciones .....	34
5	Referencias .....	35
6	ANEXOS.....	36
	Anexo I. Reporte de Similitud Generado por Turnitin .....	37
	Anexo II. Certificado de Funcionamiento de Trabajo de Integración curricular .....	38

## RESUMEN

En este informe se muestra el diseño e implementación del módulo 1 de entrenamiento en armado de tableros eléctricos, instalado en el Laboratorio de Tecnología Industrial-Instalaciones Eléctricas de la ESFOT.

En la primera parte del informe se realiza la descripción del componente desarrollado, en donde se detalla el proceso realizado para la implementación del tablero, además se mencionan los objetivos planteados para la ejecución del tema propuesto.

En la segunda parte, se muestra la metodología utilizada para la ejecución del proyecto, en donde se describe el proceso realizado para el desarrollo de los objetivos. En esta sección se expone el proceso de dimensionamiento de los componentes que conforman el tablero, el diseño y la elaboración de los diagramas de control, la implementación del tablero con los componentes seleccionados, las pruebas de funcionamiento, verificación del sistema eléctrico y finalmente la implementación del manual de uso y funcionamiento del tablero.

En la última sección, se establecen las conclusiones que detallan los aspectos más importantes en la implementación del tablero y recomendaciones que se deben considerar para el uso y funcionamiento correcto del sistema eléctrico, así como la implementación de proyectos similares.

**PALABRAS CLAVE:** tablero, control, módulo, laboratorio.

## **ABSTRACT**

This report shows the design and implementation of module 1 of training in the assembly of electrical boards, installed in the Laboratory of Industrial Technology-Electrical Installations of the ESFOT.

In the first part of the report, the description of the developed component is made, where the process carried out for the implementation of the board is detailed, as well as the objectives set for the execution of the proposed topic.

In the second part, the methodology used for the execution of the project is shown, where the process carried out for the development of the objectives is described. This section presents the dimensioning process of the components that make up the board, the design and development of the control diagrams, the implementation of the board with the selected components, the performance tests, verification of the electrical system and finally the implementation. of the manual of use and operation of the board.

The last section establishes the conclusions that detail the most important aspects in the implementation of the board and recommendations that show the details that must be considered for the correct use and operation of the electrical system, as well as the implementation of similar projects.

**KEYWORDS:** board, control, module, laboratory.



# 1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

El desarrollo del tablero eléctrico se encuentra implementado por cinco secciones, las cuales se describen a continuación:

Para el dimensionamiento de los elementos de protección y maniobra que conforman el tablero eléctrico, se realizó la suma de las corrientes nominales de las cargas del laboratorio. Con los valores obtenidos de corriente se seleccionaron los elementos eléctricos, aplicando un valor de dimensionamiento del 125%, siguiendo como referencias las siguientes normas: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y la norma de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC 60898).

Por medio de los elementos seleccionados, se desarrollaron cuatro circuitos de control, los cuales fueron implementados por medio del programa CADE SIMU. El diseño y desarrollo de los circuitos están enfocados en la activación de cargas eléctricas, a través de la lectura de los diagramas de control, aplicando los conocimientos de las materias de instalaciones eléctricas y control electromecánico. Los mandos diseñados corresponden a: mando piloto, mando memorizado, mando alternado y mando interbloqueado.

Una vez que se desarrollaron los mandos de control, se realizaron las pruebas de funcionamiento en cada uno de los circuitos eléctricos. Para la ejecución de las pruebas se realiza la verificación de continuidad en conductores, elementos de protección y elementos de maniobra. Además, se comprueba que los elementos que conforman cada uno de los mandos de control, funcionen de manera correcta, es decir, que la parte eléctrica y la parte mecánica operen adecuadamente cumpliendo con las actividades establecidas en el desarrollo e implementación de los circuitos.

En la prueba de las protecciones, se comprueba que los interruptores termomagnéticos permitan desenergizar el sistema eléctrico, permitiendo de esta manera garantizar el funcionamiento y la vida útil de las cargas. Para esta prueba realizada, se implementó un video, el cual muestra el proceso y desarrollo de las actividades que se realizaron para verificar el estado de las protecciones.

Por último, se realiza la implementación del manual de uso y funcionamiento del tablero eléctrico. El manual consiste en un video explicativo, enfocado en la descripción del proceso de energización y desenergización del sistema eléctrico, así como la descripción de los elementos que conforman la parte interior y exterior del tablero.

Además, se describe el uso correcto de los elementos de protección y maniobra para la implementación de los circuitos eléctricos.

## **1.1 Objetivo General**

Implementación del módulo 1 de entrenamiento en armado de tableros eléctricos para el Laboratorio de Tecnología Industrial-IE.

## **1.2 Objetivos Específicos**

1. Dimensionamiento del tablero eléctrico.
2. Elaboración de los diagramas de control
3. Implementación del tablero eléctrico del LTI-IE.
4. Pruebas de funcionamiento
5. Elaboración del manual de uso y funcionamiento

## **1.3 Alcance**

La implementación del presente proyecto está enfocado en que los estudiantes adquieran habilidades para la construcción de tableros eléctricos, generando así experiencia en la implementación y activación de cargas eléctricas, selección de elementos de protección y maniobra, control de circuitos eléctricos por medio de los conocimientos a través de las materias pertenecientes a la carrera.

## **2 METODOLOGÍA**

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

La implementación del tablero eléctrico fue desarrollada por medio de la selección de los elementos de protección y maniobra, los cuales fueron determinados por medio de los siguientes métodos:

### **Dimensionamiento del tablero eléctrico**

Para seleccionar los elementos de protección y maniobra que requiere el tablero eléctrico, se determina la corriente nominal total de las cargas del Laboratorio de Instalaciones Eléctricas.

Para llevar a cabo el dimensionamiento se toma como referencia la corriente que consume un motor trifásico por medio de los datos de placa. A partir de la corriente del motor, se determina las corrientes nominales de las cargas restantes, de esta manera se obtiene la corriente total del sistema eléctrico.

Una vez que se ha determinado la corriente nominal total de las cargas, se selecciona el calibre del conductor y los interruptores termomagnéticos, aplicando un factor de dimensionamiento de 125%, siguiendo los parámetros establecidos por la norma NEC.

Cuando se ha determinado la corriente nominal de los interruptores termomagnéticos, se realiza el dimensionamiento de los elementos de maniobra. Los contactores son seleccionados considerando las cargas que van a ser activadas, es decir, para el funcionamiento del motor, se selecciona un contactor de categoría AC-3, mientras que, para el accionamiento de las cargas resistivas, se selecciona un contactor de categoría AC-1. Además, es importante aclarar que las bobinas de los contactores son accionadas con un voltaje de 220 (V).

### **Diagramas de control**

Los diagramas de control son elaborados a partir de los elementos de protección y maniobra que han sido seleccionados, entre los circuitos elaborados, se tiene: mando piloto, mando memorizado, mando alternado y mando interbloqueado.

Los diagramas de control son realizados en CAdE SIMU, por medio de los elementos de mando, protecciones, y dispositivos actuadores los cuales permiten indicar la energización y desenergización de los circuitos.

## **Implementación del tablero eléctrico del LTI-IE**

Para la implementación del tablero eléctrico se distribuye las canaletas y el riel DIN en la estructura metálica, además, se realiza las perforaciones en la puerta del gabinete para colocar los pulsadores y las luces piloto.

Para la alimentación del sistema eléctrico, desde la fuente de voltaje hasta los interruptores termomagnéticos y desde los elementos de maniobra hacia las cargas, se realiza una perforación en la parte superior y lateral derecha respectivamente.

Finalmente se colocan los nombres a cada uno de los pulsadores y luces piloto de acuerdo con los diagramas de control elaborados.

## **Pruebas de funcionamiento del sistema eléctrico**

Para la verificación del sistema eléctrico, se realizan las pruebas de continuidad y alimentación, también se verifica el funcionamiento de las protecciones.

Para las pruebas de continuidad, se comprueba que los conductores se encuentren en buen estado por medio del uso del multímetro. Este proceso se realiza en cada uno de los mandos desarrollados.

Para las pruebas de alimentación, se verifica que haya voltaje en cada uno de los elementos, por medio del voltímetro. Por último, se realizaron las pruebas de las protecciones, en donde se comprueba que los interruptores termomagnéticos se accionen una vez que se ha superado la corriente nominal de corte.

## **Manual de uso y funcionamiento**

Finalmente, se implementa un manual de uso, en donde se detalla el funcionamiento del sistema eléctrico, de esta manera se garantiza que los elementos seleccionados cumplan con proteger y accionar las diferentes cargas.

En el anexo 2 se encuentra el certificado que avala el funcionamiento del tablero eléctrico.

## 2.1 Dimensionamiento del tablero eléctrico

Se establecen los elementos eléctricos que conforman el tablero, con base en las características eléctricas nominales de las cargas del laboratorio, como son: voltaje, potencia y factor de potencia. La corriente nominal es obtenida por medio de las características eléctricas de cada carga, de esta manera se garantiza que los elementos de protección y maniobra permitan el control y funcionamiento adecuado del sistema eléctrico, asegurando la distribución correcta de energía en la sección de potencia y la sección de control.

A continuación, se muestra la tabla 2.1 en donde se describe las características eléctricas de las cargas.

**Tabla 2.1** Características eléctricas nominales de las cargas.

	Voltaje (V)	Potencia (W)	fp
Motor	220	745	0.95
Tomacorrientes	127	200	0.95
Luminarias	220/127	100	1
Otras cargas	220	400	1

### Dimensionamiento de conductores

Para el dimensionamiento de conductores se establece la corriente nominal de cada una de las cargas implementadas. Primero se determina la corriente nominal del motor conociendo las características eléctricas, como: voltaje, potencia, factor de potencia y número de fases del motor.

Las características mencionadas se detallan en la tabla 2.2, como se muestra a continuación:

**Tabla 2.2** Características eléctricas del motor.

Carga	Voltaje (V)	Potencia (W)	fp	Número de fases
Motor	220	746	0.95	3

De esta manera se determina la corriente nominal por medio de la ecuación 2.1:

$$I_n = \frac{P}{V \cdot \sqrt{3} \cdot fp}$$

**Ecuación 2.1** Corriente nominal motor trifásico

- $I_n$  : Corriente nominal (A)
- $P$  : Potencia (W)
- $V$  : Voltaje (V)
- $fp$  : Factor de potencia

Usando la ecuación 2.1 se obtiene:

$$I_n = 2.06 \text{ (A)}$$

Cuando se ha obtenido la corriente del motor, se determina las corrientes nominales de las cargas restantes. Estas corrientes se las puede obtener por medio de la ecuación 2.1, recordando que se debe omitir el factor de raíz de tres, ya que no son cargas trifásicas.

En la tabla 2.3 se muestra las corrientes nominales pertenecientes a cada una de las cargas, así como la corriente nominal total.

**Tabla 2.3** Corriente nominal del sistema eléctrico.

Cargas	Voltaje (V)	Potencia (W)	fp	I nominal (A)
Motor	220	746	0.95	2.06
Tomacorrientes	110	200	0.95	1.91
Luminarias	220	100	1	0.45
Otras cargas	220	400	1	1.82
Total aproximado				6.25

La corriente nominal total aproximada (factores de potencia cercanos a 1) que se obtuvo es de 6.25 (A), para la selección del calibre del conductor se aplica un factor de dimensionamiento de 1.25, de esta manera la corriente del conductor es:

$$I_c = 1.25 \cdot I_n$$

**Ecuación 2.2** Corriente del conductor

- $I_c$  : Corriente del conductor (A)
- $I_n$  : Corriente nominal (A)

Usando la ecuación 2.2 se tiene:

$$I_c = 7.81 \text{ (A)}$$

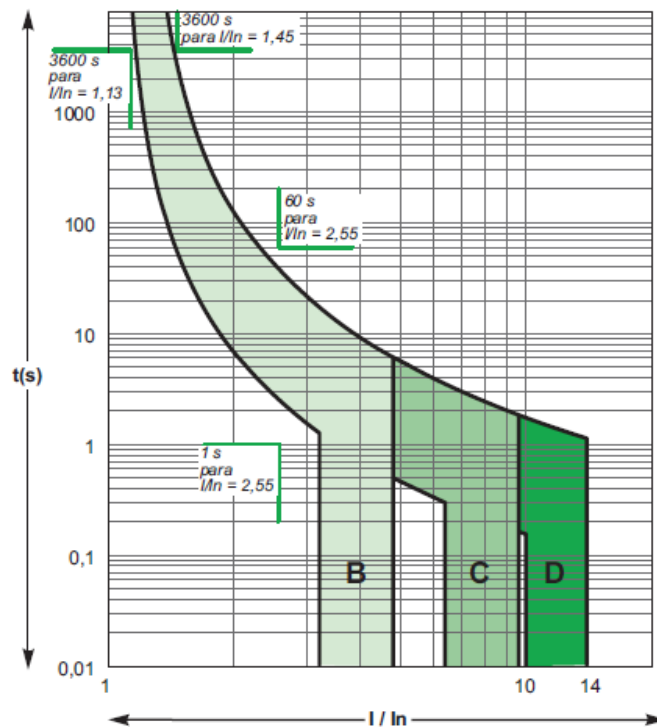
Para la selección del conductor, la norma NEC establece que, para la instalación de circuitos generales de baja tensión se debe seleccionar un conductor calibre AWG 12.

Por lo tanto, se selecciona un conductor calibre AWG 12 con capacidad de corriente máxima de 20 (A), para la sección de alimentación y potencia.

### Curvas de disparo de los interruptores termomagnéticos

El sistema eléctrico está constituido por interruptores termomagnéticos que permiten el funcionamiento seguro de los elementos de control y potencia, además, garantiza la protección de los conductores eléctricos. Para la selección de los interruptores termomagnéticos, se debe tomar en cuenta la cantidad de corriente que va a circular a través del sistema eléctrico y la clase de carga que se debe proteger.

Por medio de la norma IEC-60898, se selecciona las protecciones termomagnéticas, aplicando los criterios mencionados anteriormente. En la figura 2.1 se muestra las curvas de disparo de los interruptores termomagnéticos.



**Figura 2.1** Curva de disparo de los interruptores termomagnéticos IEC-60898 [2].

De esta manera se selecciona interruptores termomagnéticos de curva C, para el accionamiento de motores eléctricos de baja potencia y el uso de tomacorrientes.

A continuación, se muestra la tabla 2.4, donde se detallan las características más importantes de los interruptores termomagnéticos.

**Tabla 2.4** Tipo de curva para protecciones termomagnéticas [2].

Tipo de curva	Efecto térmico	Efecto termomagnético	Aplicaciones
Curva B	1.1 a 1.4 veces $I_n$	3 a 5 veces $I_n$	Calentadores de agua Calefactores eléctricos
Curva C	1.13 a 1.44 veces $I_n$	5 a 10 veces $I_n$	Motores de baja potencia Tomacorrientes
Curva D	1.1 a 1.4 veces $I_n$	10 a 14 veces $I_n$	Motores de alta potencia

### Dimensionamiento de interruptores termomagnéticos

Para la selección de los elementos de protección, se debe considerar que estos elementos están encargados de proteger al conductor y al circuito eléctrico, por lo que la corriente de corte de los interruptores termomagnéticos debe ser menor que la corriente máxima del conductor.

Conociendo que se ha seleccionado un conductor calibre AWG 12 con capacidad de corriente máxima de 20 (A) y que la corriente nominal del sistema eléctrico es menor a 7 (A), se selecciona los interruptores por medio de estos criterios.

La corriente nominal de las cargas implementadas es de 6.25 (A) como se indica en la tabla 2.3, de esta manera se tiene que al aplicar el factor de dimensionamiento de 1.25, se tiene:

$$I_T = 1.25 \cdot I_n$$

**Ecuación 2.3** Corriente de dimensionamiento

$I_n$  : Corriente nominal (A)

$I_T$  : Corriente de dimensionamiento (A)

Por medio de la ecuación 2.3 se tiene:

$$I_T = 7.81 \text{ (A)}$$



Una vez que se ha obtenido la corriente de dimensionamiento, es importante seleccionar el interruptor termomagnético considerando las siguientes corrientes: corriente nominal de las cargas eléctricas, la corriente de dimensionamiento obtenida y la corriente máxima que soporta el conductor. Como se mencionó anteriormente la corriente del interruptor debe ser mayor que la corriente dimensionada y menor que la corriente máxima que soporta el conductor.

En la tabla 2.5 se muestra la corriente del interruptor termomagnético seleccionado considerando los criterios mencionados.

**Tabla 2.5** Corrientes consideradas para la selección del interruptor termomagnético.

Corriente nominal (A)	Corriente de dimensionamiento (A)	Corriente del interruptor termomagnético (A)	Corriente máxima del conductor (A)
6.25	7.81	10	20

En las figuras 2.2 y 2.3, se muestran los interruptores termomagnéticos seleccionados.



**Figura 2.2** Interruptor termomagnético de tres polos.



**Figura 2.3** Interruptor termomagnético de dos polos y un polo

En la tabla 2.6 se muestran las características más importantes de los interruptores.

**Tabla 2.6** Características eléctricas de los interruptores termomagnéticos

Interruptores termomagnéticos de 3P, 2P y 1P	
Corriente nominal (A)	10
Curva de disparo	C
Frecuencia	60 (Hz)

A continuación, se muestra la tabla 2.7 la cual representa la corriente nominal de las cargas, sin considerar al motor eléctrico.

**Tabla 2.7** Corriente nominal sin el motor eléctrico

Cargas	Voltaje (V)	Potencia (W)	fp	I nominal (A)
Tomacorrientes	110	200	0.95	1.91
Luminarias	220	100	1	0.45
Cargas especiales	220	400	1	1.82
Total aproximado				4.19

Con el valor de corriente obtenido y aplicando la ecuación 2.3, se selecciona un interruptor de tres polos y 6 (A). En la figura 2.4 se muestra el interruptor seleccionado.



**Figura 2.4** Protección termomagnética de tres polos.

### Dimensionamiento de los contactores

Para la selección de los contactores, es importante considerar que la corriente nominal que soportan estos elementos debe ser mayor o igual que la corriente nominal de los interruptores termomagnéticos. Conociendo que se ha seleccionado los interruptores termomagnéticos de 6 y 10 (A), las corrientes de los contactores deben estar entre estos valores mencionados.

Además, se debe tomar en cuenta varios requerimientos tales como: corriente nominal, número de polos y categoría del contactor. Debido a que las cargas no se implementarán de manera simultánea, la corriente nominal es menor a 6 y 10 (A).

Se seleccionan los contactores de categoría AC-1 y AC-3, usados en aplicaciones para cargas resistivas y el control de motores respectivamente.

En la tabla 2.8 se muestran las características más importantes de las categorías de servicio de los contactores.

**Tabla 2.8** Categorías de servicio para contactores [2].

Categoría de servicio	Aplicación típica
AC-1	Cargas no inductivas o parcialmente inductivas.
AC-2	Motores rotor de anillos rozantes, para arranque y desconexión
AC-3	Motores rotor jaula, para arranque y desconexión durante la marcha
AC-4	Motores rotos jaula, para arranque y frenado por contracorriente, contramarcha

Con el valor de corriente obtenido en la tabla 2.3 y aplicando la ecuación 2.3 para el dimensionamiento de elementos eléctricos con factor de 1.25, se selecciona un contactor de tres polos y 12 (A) para el accionamiento de motores eléctricos. Este valor de corriente es mayor que el valor de corriente del interruptor termomagnético de la figura 2.2, de esta manera se cumple con el criterio para la selección de contactores.

En la tabla 2.9 se muestra las corrientes que se consideraron para la selección del contactor de categoría AC-3.

**Tabla 2.9** Corrientes consideradas para la selección del contactor

Corriente nominal (A)	Corriente de dimensionamiento (A)	Corriente del interruptor termomagnético (A)	Corriente del contactor (A)	Corriente máxima del conductor (A)
6.25	7.81	10	12	20

En la figura 2.5 se muestra el contactor seleccionado.



**Figura 2.5** Contactor trifásico de 12 (A).

A continuación, se muestran las características más importantes del contactor.

**Tabla 2.10** Características del contactor

Características del contactor seleccionado	
Categoría	AC-3
Voltaje de alimentación	220 (V)
Corriente nominal	12 (A)
Grado de protección IP	IP20
Contactos principales	3 NA
Contactos auxiliares	1 NA y 1 NC

Para el accionamiento de cargas resistivas, se selecciona un contactor de tres polos y 6 (A), aplicando el procedimiento realizado anteriormente con los valores de corriente obtenidos en la tabla 2.7.

En la tabla 2.11 se muestra la corriente que se consideraron para la selección del contactor de categoría AC-1

**Tabla 2.11** Corrientes consideradas para la selección del contactor

Corriente nominal (A)	Corriente de dimensionamiento (A)	Corriente del interruptor termomagnético (A)	Corriente del contactor (A)	Corriente máxima del conductor (A)
4.19	5.23	6	6	20

En la figura 2.6 se muestra el contactor seleccionado



**Figura 2.6** Contactor trifásico de 6 (A).

En la tabla 2.12 se muestran las características más importantes del contactor.

**Tabla 2.12** Características del contactor

<b>Características del contactor seleccionado</b>	
Categoría	AC-1
Voltaje de alimentación	220 (V)
Corriente nominal	6 (A)
Grado de protección IP	IP20
Contactos principales	3 NA
Contactos auxiliares	2 NA y 1 NC

## 2.2 Elaboración de los diagramas de control

Por medio de los elementos de protección y control seleccionados, se implementaron cuatro circuitos eléctricos, los cuales se muestran a continuación:

### Mando piloto

En la figura 2.7 se muestra el diagrama de control para el mando piloto. Este mando permite el funcionamiento del sistema únicamente cuando el pulsador de marcha PM1 se encuentra activado, permitiendo el paso de corriente hacia la bobina KM1, de esta manera el contacto auxiliar normalmente abierto (NA) se activa y permite el paso de energía hacia la luz piloto LP1, indicando que los contactos principales energizan a la carga. Cuando el pulsador PM1 es desactivado (se deja de presionar), automáticamente el sistema eléctrico es desenergizado.

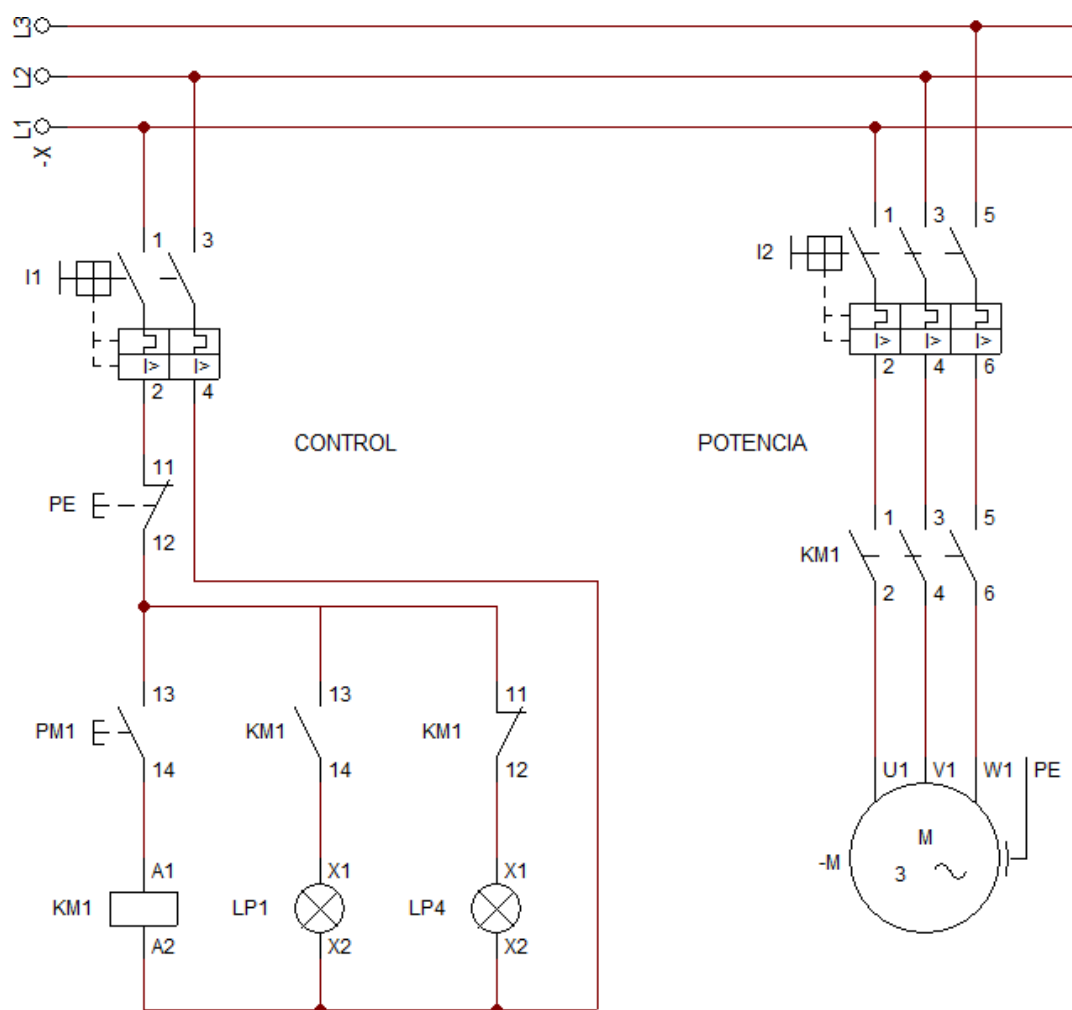


Figura 2.7 Mando piloto.

## Mando memorizado

En la figura 2.8 se muestra el diagrama de control para el mando memorizado. Este mando también es conocido como mando de enclavamiento ya que permite que el sistema eléctrico se mantenga energizado cuando el pulsador PM1 es activado, de esta manera la energía atraviesa a la bobina KM1 y el contacto auxiliar NA se activa, permitiendo que la luz piloto LP1 se encienda. Los contactos principales son accionados generando que la carga sea energizada.

Para la desactivación de la carga, se acciona el pulsador de paro PP1, el cual permite abrir el circuito eléctrico y acciona de la luz piloto LP4, indicando de esta manera que el circuito se encuentra desenergizado.

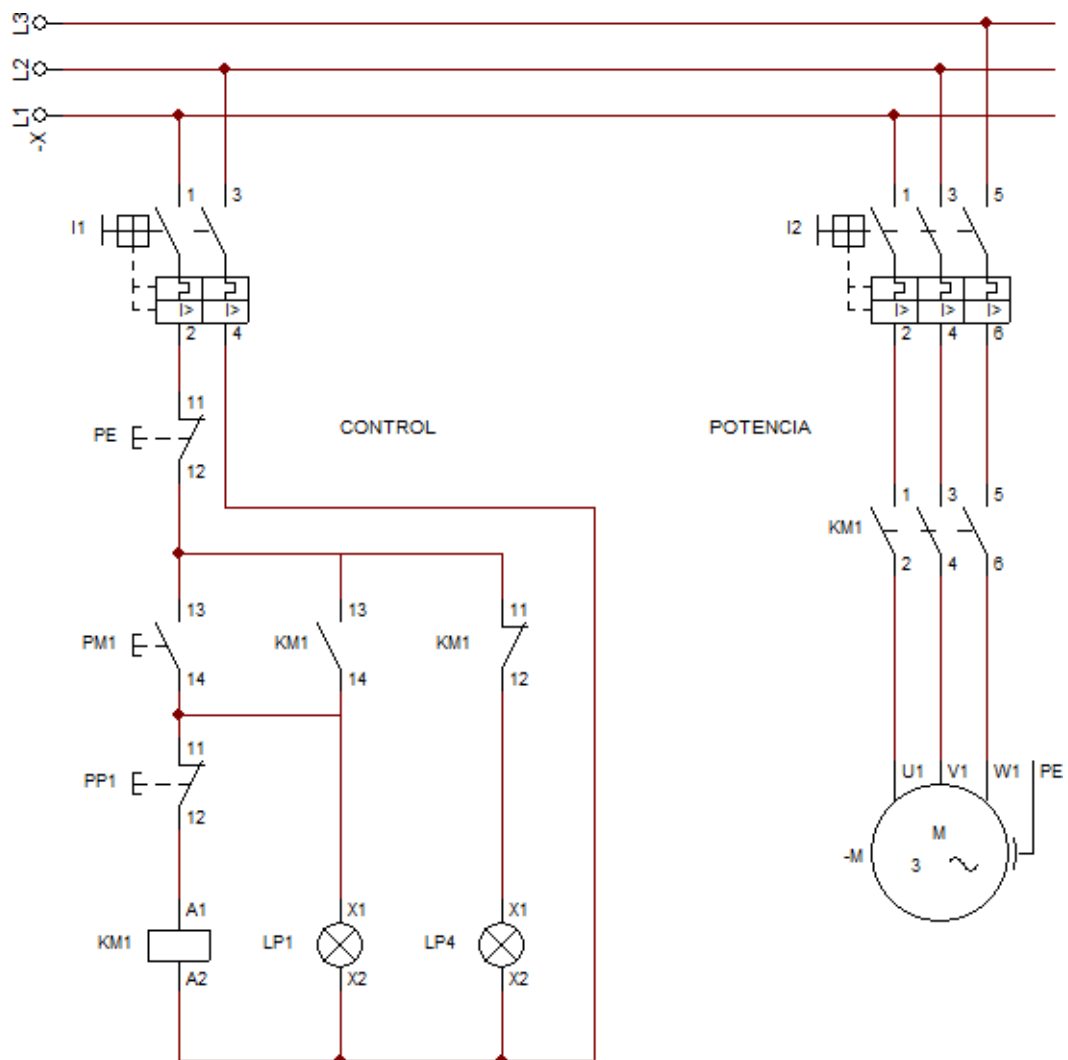


Figura 2.8 Mando memorizado.



## Mando alternado

En la figura 2.9 se muestra el diagrama de control para el mando alternado. Este mando permite el accionamiento de la carga 1 y la carga 2 por medio del pulsador PM1. Cuando el pulsador es activado la bobina del relé 1 es energizada permitiendo así la activación de la luz piloto LP1 y de manera simultánea activa la carga 1.

Cuando el pulsador PM1 es accionado por segunda vez, la bobina del relé 2 es energizada permitiendo así la activación de la luz piloto LP2 y la carga 2.

Como se observa en la figura, las dos ramas correspondientes a las bobinas de los relés 1 y 2, se encuentran bloqueadas, con el objetivo de evitar posibles cortocircuitos.

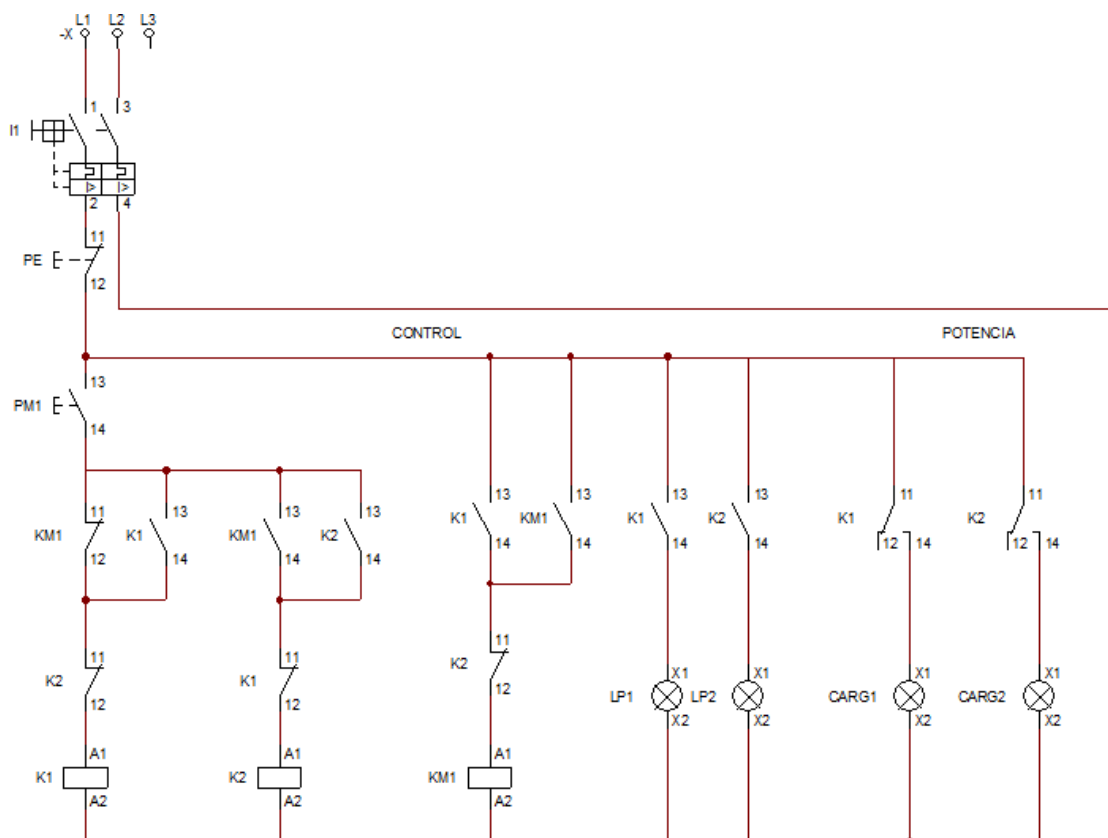


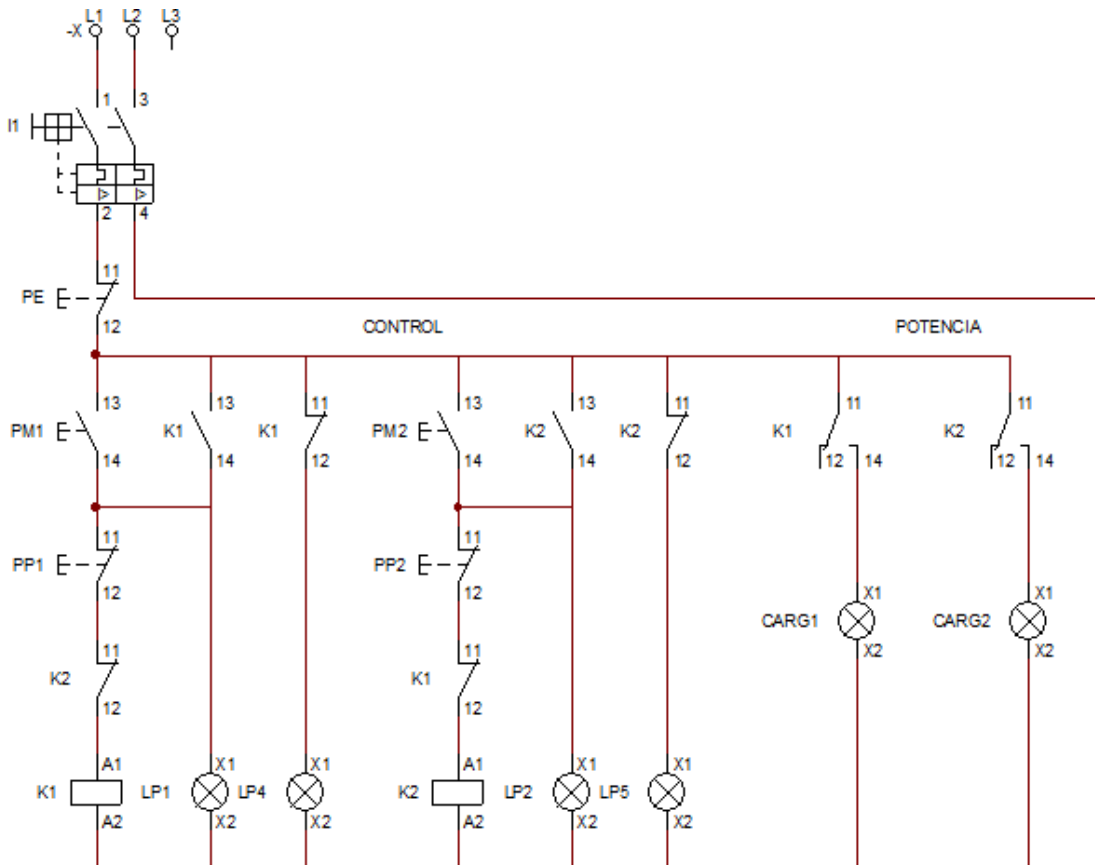
Figura 2.9 Mando alternado.

## Mando interbloqueado

En la figura 2.10 se muestra el diagrama de control para el mando interbloqueado. Este mando permite el accionamiento de la carga 1 y la carga 2 por medio de los pulsadores PM1 y PM2 respectivamente. Las cargas solo pueden ser accionar una a la vez, por lo que cada una de las ramas se encuentran bloqueadas.

Cuando el pulsador PM1 es accionado, la bobina del relé 1 se activa permitiendo que la luz piloto LP1 se encienda, de esta manera se indica que la carga 1 se encuentra energizada. El pulsador PP1 permite la desactivación de la carga 1, lo cual hace que la luz piloto LP4 se active, indicando que el circuito se encuentra desenergizado.

Este proceso se realiza para la activación y desactivación de la carga 2, por medio de los pulsadores PM1 y PP1 respectivamente.



**Figura 2.10** Mando interbloqueado.

Cada mando implementado se encuentra conformado por el pulsador paro de emergencia, para garantizar el trabajo de manera segura.

## 2.3 Implementación del tablero eléctrico del LTI-IE

### Selección del gabinete

Las dimensiones del gabinete se establecen por medio de las protecciones y los elementos de control que se van a implementar, considerando las medidas de cada elemento eléctrico.

En la tabla 2.13 se muestra el área total que ocupan los elementos seleccionados.

**Tabla 2.13** Área de los elementos eléctricos seleccionados

Elementos seleccionados	Cantidad	Área (cm <sup>2</sup> )
Interruptor termomagnético de 3 polos	2	90
Interruptor termomagnético 2 polos	1	30
Interruptor termomagnético 1 polo	1	15
Contactador de tres polos AC-3	1	33
Contactador de tres polos AC-1	1	40
Relés	2	80
Total	9	288

Tomando en cuenta a los elementos de protección y control, se establece un área total de 288 (cm<sup>2</sup>).

Es importante aplicar el criterio del 40 % de libertad del gabinete para futuras ampliaciones, de esta manera se tiene que:

$$A_c = \frac{A}{0.6}$$

**Ecuación 2.1** Área ocupada.

Donde:

A : área (cm<sup>2</sup>)

A<sub>c</sub> : área ocupada (cm<sup>2</sup>)

Usando la ecuación 2.1 se obtiene el valor del área ocupada, como se muestra a continuación:

$$A_t = 480 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Conociendo el valor del área ocupada, se selecciona el gabinete por medio de este valor obtenido. De esta manera el gabinete seleccionado es de 60 x 40 x 20 (cm) correspondiente a la altura, ancho y profundidad respectivamente, con un área total de

2 400 (cm<sup>2</sup>), estas dimensiones corresponden al gabinete comercial que se encontraba disponible.

Para la selección del gabinete también se considera que el tablero es de uso interno, lo cual significa que no estará expuesto a condiciones ambientales externas. Cuando se ha determinado las dimensiones, se selecciona el índice de protección (IP) que necesita el gabinete. La protección IP, representa el nivel de aislamiento que puede tener un gabinete sobre la presencia de elementos sólidos y sustancias líquidas, que estarán en contacto directo con la superficie de este.

A continuación, se muestra la tabla 2.14 con los niveles de protección para gabinetes

**Tabla 2.14** Índice de protección IP para gabinetes [9].

Protección IP contra objetos sólidos		Protección IP contra sustancias líquidas	
IP	Características	IP	Características
0	Sin protección.	0	Sin protección.
1	Protección contra objetos sólidos, hasta 50 (mm) de diámetro.	1	Protección contra el agua en desplazamiento vertical.
2	Protección contra objetos sólidos, hasta 12 (mm) de diámetro.	2	Protección contra el agua con 15° de inclinación.
3	Protección contra objetos sólidos, hasta 2.5 (mm) de diámetro.	3	Protección con un ángulo de 60° de inclinación.
4	protección contra objetos sólidos hasta 1 (mm) de diámetro.	4	Protección contra el agua en todas las direcciones.
5	Protección contra polvo.	5	Protección contra sustancias líquidas a presión.
6	Protección total contra el polvo.	6	Protección contra sustancias líquidas en todas las direcciones.

Considerando la disponibilidad de gabinetes comerciales, con las medidas establecidas, se selecciona el gabinete con protección IP 31, con las especificaciones que se muestran en la tabla 2.14

En la figura 2.11, se muestra el gabinete seleccionado:



**Figura 2.11** Gabinete de 60 x 40 x 20 (cm) [6].

### **Instalación de canaletas y riel DIN**

Para la implementación del sistema eléctrico, primero se debe operar sobre la estructura metálica, esta estructura puede ser desmontada del gabinete permitiendo la ejecución de perforaciones y distribución de canaletas de manera más sencilla.

La distribución de canaletas y el riel DIN se han dividido en tres secciones, ya que se necesita que el módulo sea didáctico y se distribuya de manera fácil cada uno de los elementos eléctricos. Estos elementos pueden ser distribuidos e intercambiados a través de las tres secciones mencionadas.

En la figura 2.12 se muestra la estructura metálica con la distribución de canaletas y el riel DIN



**Figura 2.12** Estructura metálica con la distribución de canaletas y riel DIN.

En la figura 2.13 se muestra las perforaciones realizadas en la parte superior y lateral derecha del gabinete, para la distribución de energía desde la fuente hacia los interruptores termomagnéticos (perforación superior) y desde los contactores o relés hacia las cargas (perforación lateral derecha). Las perforaciones fueron realizadas con un sacabocados de 31.75 (mm) de diámetro.



**Figura 2.13** Perforaciones en la parte superior y lateral derecha del gabinete.

### **Distribución de elementos eléctricos**

Una vez que se ha realizado la distribución de las canaletas y el riel DIN en los tres niveles, se distribuye los elementos eléctricos como se muestra en la figura 2.14.



**Figura 2.14** Distribución de elementos eléctricos.

Como se puede observar, en el primer nivel se encuentran los interruptores termomagnéticos, en el segundo nivel se encuentran los contactores y en el tercer nivel los relés. Es importante mencionar que la distribución realizada no se mantiene fija ya que se pueden intercambiar los elementos con el objetivo de alimentar las cargas eléctricas por medio de los relés o los contactores.

### **Instalación de pulsadores y luces piloto**

Cuando se ha realizado la distribución de los elementos eléctricos, se realiza el diseño para la distribución de los elementos de mando y luces piloto. De esta manera se tiene que, para la implementación de los circuitos de control, se necesita de tres pulsadores de marcha y tres pulsadores de paro. Cada uno de los pulsadores de marcha y paro tienen luces piloto de color verde y rojo, los cuales indican si el circuito se encuentra activado o desactivado respectivamente, además, de los pulsadores de marcha y paro, se instala un pulsador de paro de emergencia.

Las perforaciones en la puerta del gabinete fueron realizadas con una broca de 6 (mm) de diámetro, para posteriormente perforar con una broca de diámetro 22 (mm) de diámetro, de acuerdo a la norma IEC 60947-5-1. En la figura 2.15 se muestra la distribución de los elementos de mando en el interior del gabinete.



**Figura 2.15** Distribución de elementos de mando y luces piloto en el interior.

En la figura 2.16 se muestra la distribución de los elementos de mando y luces piloto en la parte exterior del gabinete, con sus respectivos nombres.



**Figura 2.16** Distribución de elementos de mando y luces piloto en el exterior.



## 2.4 Pruebas de funcionamiento del sistema eléctrico

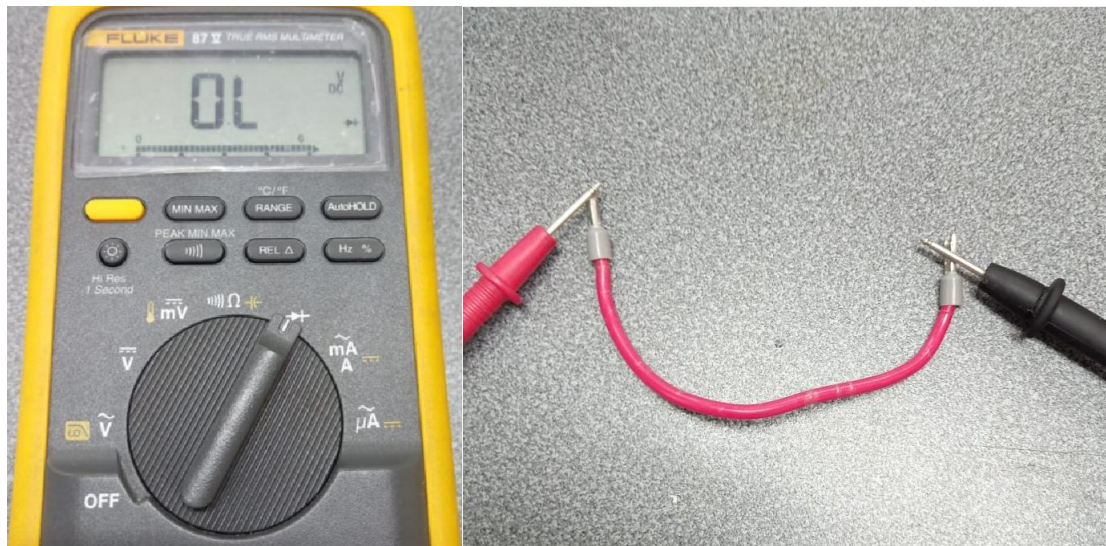
Cuando se ha realizado la distribución de las canaletas en la estructura metálica y la implementación del sistema eléctrico, se ejecuta las pruebas de funcionamiento para verificar que la energía sea distribuida a través del sistema de control y potencia, permitiendo comprobar el funcionamiento del tablero eléctrico. Las pruebas realizadas se describen a continuación:

### Pruebas de continuidad en los mandos implementados

Para realizar las pruebas se verificó que haya continuidad en los conductores de la sección de control y potencia para los circuitos implementados: mando piloto, mando memorizado, mando interbloqueado y mando alternado.

Para verificar la continuidad, se conectan las puntas de prueba del multímetro en los extremos del conductor, por medio de la función de continuidad se verifica que los cables de la sección de potencia y la sección de control se encuentren perfectamente, es decir, si el multímetro emite un sonido, los conductores se encuentran en buen estado.

En la figura 2.17, se muestra la prueba de continuidad realizada.



**Figura 2.17** Prueba de continuidad en conductores

Una vez que se han realizado las pruebas de continuidad en los conductores, se realizaron las conexiones de los circuitos, en el tablero eléctrico.

En la tabla 2.15 se muestran las pruebas de continuidad en la sección de control y la sección de potencia, en los circuitos implementados.

**Tabla 2.15** Pruebas de continuidad sección de potencia y control

Pruebas de continuidad sección de potencia y control		
	Sección de potencia	Sección de control
Mando piloto	✓	✓
Mando memorizado	✓	✓
Mando alternado	✓	✓
Mando interbloqueado	✓	✓

### Pruebas de funcionamiento de los pulsadores

Para esta prueba, se verificó la parte eléctrica y la parte mecánica de los pulsadores de marcha PM1, PM2 y PM3.

En la parte eléctrica se comprobó que los pulsadores activen a los contactores y los relés de los respectivos circuitos, además, se verificó que cada circuito eléctrico se encuentre energizado. Para realizar esta prueba se utilizó el multímetro en la función de voltímetro.

Para la parte mecánica se comprobó que los pulsadores retornen a su estado inicial una vez que se han sido presionados.

En la tabla 2.16 se muestra los resultados obtenidos de la prueba realizada para la parte eléctrica y la parte mecánica de los pulsadores.

**Tabla 2.16** Pruebas de funcionamiento pulsadores de marcha

Pruebas de funcionamiento pulsadores de marcha				
	Eléctrica		Mecánica	
	Circuito energizado	Circuito no energizado	Retorna	No retorna
Mando piloto	✓		✓	
Mando memorizado	✓		✓	
Mando alternado	✓		✓	
Mando interbloqueado	✓		✓	

Para comprobar el funcionamiento de los pulsadores de paro PP1, PP2 y PP3, se siguió el mismo procedimiento realizado anteriormente. En la parte eléctrica se verificó que los pulsadores desactiven los contactos y los relés de los respectivos circuitos, además, se comprobó que los mandos se encuentren desactivados por medio del multímetro en la función de voltaje.

En la parte mecánica, se verificó que los pulsadores retornen a su estado inicial una vez que han sido presionados.

En la tabla 2.17 se muestra los resultados obtenidos de la prueba realizada para la parte eléctrica y la parte mecánica de los pulsadores.

**Tabla 2.17** Pruebas de funcionamiento pulsadores de paro

Pruebas de funcionamiento pulsadores de paro				
	Eléctrica		Mecánica	
	Circuito energizado	Circuito desenergizado	Retorna	No retorna
Mando piloto		NA	NA	
Mando memorizado		✓	✓	
Mando alternado		NA	NA	
Mando interbloqueado		✓	✓	

### **Prueba de funcionamiento para el pulsador paro de emergencia.**

En esta prueba se verifica que el sistema eléctrico pueda ser desenergizado en cualquier momento, con el objetivo de trabajar de manera segura para evitar posibles accidentes y salvaguardar la integridad física del operario, así como la vida útil de las cargas eléctricas.

Para realizar esta prueba, se verificó la parte eléctrica y la parte mecánica del pulsador. En la parte eléctrica se verificó que el pulsador abra el circuito una vez que ha sido accionado, permitiendo así desenergizar el sistema por completo.

En la parte mecánica, se verificó que el pulsador permanezca accionado una vez que ha sido presionado, además, se comprobó que pueda regresar a su estado inicial únicamente cuando se haya realizado un pequeño giro en sentido horario.

En la tabla 2.18 se tiene los resultados obtenidos de la prueba realizada en el pulsador de paro de emergencia.

**Tabla 2.18** Pruebas de funcionamiento del pulsador paro de emergencia

<b>Pruebas de funcionamiento del pulsador paro de emergencia</b>				
	Eléctrica		Mecánica	
	Desenergiza el sistema	No desenergiza el sistema	Retorna	No retorna
Mando piloto	✓		✓	
Mando memorizado	✓		✓	
Mando alternado	✓		✓	
Mando interbloqueado	✓		✓	

Por medio de los resultados obtenidos en las pruebas realizadas, se comprobó que los conductores de la sección de potencia y la sección de control se encuentren en buen estado, además, los pulsadores de marcha y los pulsadores de paro, así como el pulsador paro de emergencia funcionen correctamente, de esta manera se concluye que el sistema de control puede trabajar de manera segura.

### **Pruebas de alimentación en los mandos de control**

Una vez que se ha realizado las conexiones de la sección de potencia y la sección de control de cada uno de los circuitos implementados y se ha comprobado el estado de los conductores, así como el funcionamiento de los pulsadores, se realizaron las pruebas de alimentación.

Para la ejecución de las pruebas, se verificó que el voltaje del sistema se distribuya de manera correcta en cada una de las fases de los circuitos.

Por medio del multímetro en la función de voltímetro, se realizaron las mediciones en los elementos principales del tablero eléctrico para comprobar el suministrado de energía hacia los elementos de control y potencia.

A continuación, se muestran las tablas 2.19, 2.20, 2.21, 2.22 con los resultados obtenidos de las pruebas de alimentación para los circuitos de control.

**Tabla 2.19** Verificación de alimentación del mando piloto.

Mando piloto				
Elementos		Fases		
		RS	ST	TR
Conductor AWG 12		214.4	215.3	214.3
S. Control	Interruptor termomagnético C10, 2 polos	214.3	NA	NA
	Bobina del contactor AC-3	213.8	NA	NA
	Contacto auxiliar NA	213.7	NA	NA
	Contacto auxiliar NC	213.7	NA	NA
	Pulsador PM1	213.8	NA	NA
	Paro de emergencia	212.5	NA	NA
S. Potencia	Interruptor termomagnético C10, 3 polos	209.4	209.6	211.1
	Contactos principales	209.4	209.6	211.1
	Motor trifásico (560W)	209.4	209.6	211.1

**Tabla 2.20** Verificación de alimentación del mando memorizado.

Mando memorizado				
Elementos		Fases		
		RS	ST	TR
Conductor AWG 12		214.7	215.2	214.5
S. Control	Interruptor termomagnético C10, 2 polos	214.6	NA	NA
	Bobina del contactor AC-3	213.9	NA	NA
	Contacto auxiliar NA	213.6	NA	NA
	Contacto auxiliar NC	213.6	NA	NA
	Pulsador PM1	213.8	NA	NA
	Pulsador PP1	212.8	NA	NA
	Paro de emergencia	212.3	NA	NA
S. Potencia	Interruptor termomagnético C10, 3 polos	214.1	214.5	214.1
	Contactos principales	214.1	214.5	214.1
	Motor trifásico (560W)	214.1	214.5	214.1

**Tabla 2.21** Verificación de alimentación mando alternado.

Mando alternado				
Elementos		Fases		
		RS	ST	TR
Conductor AWG 12		214.3	214.8	214.1
S. Control	Interruptor termomagnético C10, 2 polos	214.2	NA	NA
	Bobina del contactor AC-1	214.2	NA	NA
	Contacto auxiliar NA	213.5	NA	NA
	Contacto auxiliar NC	213.5	NA	NA
	Relé 1	214.1	NA	NA
	Relé 2	214.2	NA	NA
	Pulsador PM1	213.8	NA	NA
	Pulsador PP1	212.8	NA	NA
	Paro de emergencia	212.3	NA	NA
S. Potencia	Contacto 1-3 (Relé 1)	213.8	NA	NA
	Luminaria 1	213.8	NA	NA
	Contacto 1-3 (Relé 2)	213.6	NA	NA
	Luminaria 2	213.7	NA	NA

**Tabla 2.22** Verificación de alimentación mando interbloqueado.

Mando interbloqueado				
Elementos		Fases		
		RS	ST	TR
Conductor AWG 12		214.5	215.4	214.4
S. Control	Interruptor termomagnético C10, 2 polos	214.3	NA	NA
	Relé 1	214.2	NA	NA
	Relé 2	214.1	NA	NA
	Pulsador PM1	213.9	NA	NA
	Pulsador PP1	213.7	NA	NA
	Pulsador PM2	213.7	NA	NA
	Pulsador PP2	213.5	NA	NA
	Paro de emergencia	212.5	NA	NA
S. Potencia	Contacto 1-3 (Relé 1)	213.6	NA	NA
	Luminaria 1	213.5	NA	NA
	Contacto 1-3 (Relé 2)	213.7	NA	NA
	Luminaria 2	213.6	NA	NA

## Pruebas de cortocircuito en los interruptores termomagnéticos

En esta prueba se verifica que los interruptores termomagnéticos se accionen cuando la corriente eléctrica a través de los conductores haya superado a la corriente nominal de los interruptores. De esta manera se comprueba que las protecciones funcionen de manera correcta permitiendo interrumpir el paso de corriente a través del circuito.

Para la ejecución de esta prueba se conecta resistencias de 20 ( $\Omega$ ) y 5 (W) entre dos fases de cada uno de los interruptores termomagnéticos, las resistencias son conectadas en serie al multímetro en función del amperímetro, de esta manera se conoce la cantidad de corriente en la que son accionados los interruptores. Para el interruptor de un polo, se conecta el interruptor hacia el neutro de la fuente de alimentación.

Una vez que se han realizado las conexiones, se energiza el sistema eléctrico y se cierra el circuito por medio de las puntas de prueba del multímetro.

En la tabla 2.23 se muestran las pruebas realizadas en los interruptores termomagnéticos de 3, 2 y 1 polo, curva C y 10 (A). Además, se tiene la prueba realizada en el interruptor de 3 polos, curva C y 6 (A).

**Tabla 2.23** Pruebas de cortocircuito

Pruebas de cortocircuito				
	Corriente nominal (A)	Curva de accionamiento	Corriente de accionamiento (A)	Accionamiento
Interruptor termomagnético 3 polos	10	C	3.083	✓
Interruptor termomagnético 2 polos	10	C	3.095	✓
Interruptor termomagnético 1 polo	10	C	3.11	✓
Interruptor termomagnético 3 polos	6	C	3.15	✓

## 2.5 Manual de uso y mantenimiento

Para la implementación de los circuitos de control, se elaboró un video explicativo, el cual muestra el funcionamiento de cada circuito eléctrico implementado. Además, se describe los elementos que conforman el tablero eléctrico en la parte interna como en la parte externa del mismo.

En la figura 2.18, se muestra el código QR para visualizar el video elaborado.



**Figura 2.18** Código QR manual de uso y funcionamiento



### 3 CONCLUSIONES

- El tablero eléctrico fue implementado por medio de la norma IEC y siguiendo los parámetros establecidos por la NEC.
- Los elementos de protección, maniobra y conductores fueron seleccionados por medio de un factor de sobredimensionamiento de 125% sobre la corriente nominal.
- El conductor seleccionado para la sección de potencia es de calibre AWG 12, debido a que la NEC establece el uso de este calibre para la instalación de circuitos generales de baja tensión.
- Para la selección de los elementos de maniobra, se seleccionó un contactor de categoría AC-3 para el accionamiento de motores y un contactor de categoría AC-1 para el accionamiento de cargas resistivas y cargas ligeramente inductivas.
- Las protecciones termomagnéticas fueron seleccionadas por medio de la norma IEC 60898, la cual establece que, para rangos de corriente entre cinco a diez veces la corriente nominal, se debe seleccionar interruptores termomagnéticos de curva C.
- Los diagramas de control elaborados en CADe SIMU y la implementación física de los circuitos eléctricos, fueron diseñados para un voltaje de 220 (V).
- El diseño y la implementación del riel DIN y las canaletas que conforman la estructura metálica, está orientada para implementar los circuitos eléctricos por medio de la distribución de los elementos de maniobra y protección en los tres niveles diseñados.
- Las perforaciones realizadas en la puerta del gabinete para la distribución de las luces piloto, pulsadores y paro de emergencia, tienen un diámetro de 22 (mm) siguiendo la norma IEC 60947-5-1.
- En las pruebas de continuidad realizadas para cada mando de control, se comprobó que los conductores de la sección de control y la sección de potencia, así como los pulsadores y paro de emergencia funcionen correctamente, garantizando de esta la implementación y funcionamiento de los mandos de control de manera segura.

## 4 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el diseño para la distribución de los elementos de mando y luces piloto por medio de programas CAD, para posteriormente realizar las debidas perforaciones siguiendo el diseño elaborado.
- Se recomienda energizar primero la sección de control para comprobar que los pulsadores y luces piloto funcionen con normalidad, siguiendo el diseño de los mandos de control elaborados. Una vez que se ha comprobado el funcionamiento del mando de control, se debe energizar la sección de potencia, de esta manera se evita posibles daños que pueden afectar a las cargas por la presencia de cortocircuitos.
- Realizar las conexiones del sistema eléctrico con guantes de goma o caucho, para evitar daños por posibles descargas eléctricas.
- Se debe tener en cuenta que el dimensionamiento de las protecciones termomagnéticas y del contactor fueron realizadas para conectar un motor sin carga, por lo tanto, el motor siempre debe arrancar en vacío para evitar corrientes de arranque altas.
- Revisar el manual de uso que se encuentra en el código QR del documento, antes de manipular los elementos de protección y maniobra.

## 5 REFERENCIAS

- [1] A. L. Farina, «Tableros eléctricos,» Librería y editorial Arsina, Rosario, 2019.
- [2] S. A. Schneider Electric, «Eduscol.education.fr,» Febrero 2008. [En línea]. Available:  
<https://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr.sti/files/ressources/pedagogiques/946/946-guia-instalaciones-electricas-2008-s.e.pdf>.
- [3] N. e. d. I. construcción, «Instalaciones eléctricas,» Ministerio de desarrollo urbano y vivienda, 2018.
- [4] E. Frank, Análisis de medidas eléctricas, Washington : Ediciones del Castillo S.A. Madrid, 1989.
- [5] M. y. c. d. electricista, «Schneider electric. distribución de baja tensión,» México, 2012.
- [6] G. E. C. MEJÍA, «Grupo eléctrico comercial Mejía,» junio 2018. [En línea]. Available: <http://www.grupoecmejia.com/tableros-s-box>.
- [7] H. Hernández, «La guía del electricista,» Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://electrica.mx/tableros-electricos/>. [Último acceso: Octubre 2019].
- [8] I. N. d. I. i. f. Educativa, «Normas Técnicas complementarias para el diseño y construcción de tableros eléctricos,» Septiembre 2011. [En línea]. Available: [http://www.inifed.gob.mx/doc/normateca/tec/V5-IS/Volumen\\_5\\_Tomo\\_I\\_Instalaciones\\_Electricas.pdf](http://www.inifed.gob.mx/doc/normateca/tec/V5-IS/Volumen_5_Tomo_I_Instalaciones_Electricas.pdf). [Último acceso: Septiembre 2011].
- [9] C. A. Galicia, «Interpretación de los grados de protección para tableros eléctricos según la norma IEC,» Marzo 2008. [En línea]. Available: [http://electrico.copaipa.org.ar/attachments/102\\_Interpretaci%C3%B3n%20de%20los%20Grados%20de%20Protecci%C3%B3n%20seg%C3%BAn%20IEC%20y%20NEMA.pdf](http://electrico.copaipa.org.ar/attachments/102_Interpretaci%C3%B3n%20de%20los%20Grados%20de%20Protecci%C3%B3n%20seg%C3%BAn%20IEC%20y%20NEMA.pdf). [Último acceso: Marzo 2008].

## **6 ANEXOS**

ANEXO I. Reporte de Similitud Generado por Turnitin

ANEXO II. Certificado de Funcionamiento de Trabajo de Integración Curricular

ANEXO III. Diagrama de control del mando piloto

ANEXO IV. Diagrama de control del mando memorizado

ANEXO V. Diagrama de control del mando alternado

ANEXO VI. Diagrama de control del mando interbloqueado

# ANEXO I. REPORTE DE SIMILITUD GENERADO POR TURNITIN

DMQ, 27 de enero de 2022

Yo, Abraham Ismael Loja Romero, como Director del presente Trabajo de Integración Curricular, certifico que el siguiente es el resultado de la evaluación de similitud realizado por la plataforma Turnitin:

**Fecha de entrega:** 27-ene-2022 06:36p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1749598981

**Nombre del archivo:** Trabajo\_UIC\_Pusda\_Cadena\_vt.docx (2.68M)

**Total de palabras:** 7044

**Total de caracteres:** 37780

## IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO 1 DE ENTRENAMIENTO EN ARMADO DE TABLEROS ELÉCTRICOS LTI-IE

### INFORME DE ORIGINALIDAD

**11** %

INDICE DE SIMILITUD

**8** %

FUENTES DE INTERNET

**3** %

PUBLICACIONES

**4** %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

**1**

Submitted to Escuela Politecnica Nacional

Trabajo del estudiante

**3** %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado



**DIRECTOR**

Ing. Abraham Ismael Loja Romero. Msc.

## ANEXO II. CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

DMQ, 05 de enero de 2022

Yo, Abraham Ismael Loja Romero, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como director de este trabajo de integración curricular, certifico que he constatado el correcto funcionamiento del *Módulo 1 de entrenamiento en armado de tableros eléctricos para el LTI-IE*, el cual fue implementado por el estudiante *Walter Esteban Pusda Cadena*.

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



---

**DIRECTOR**

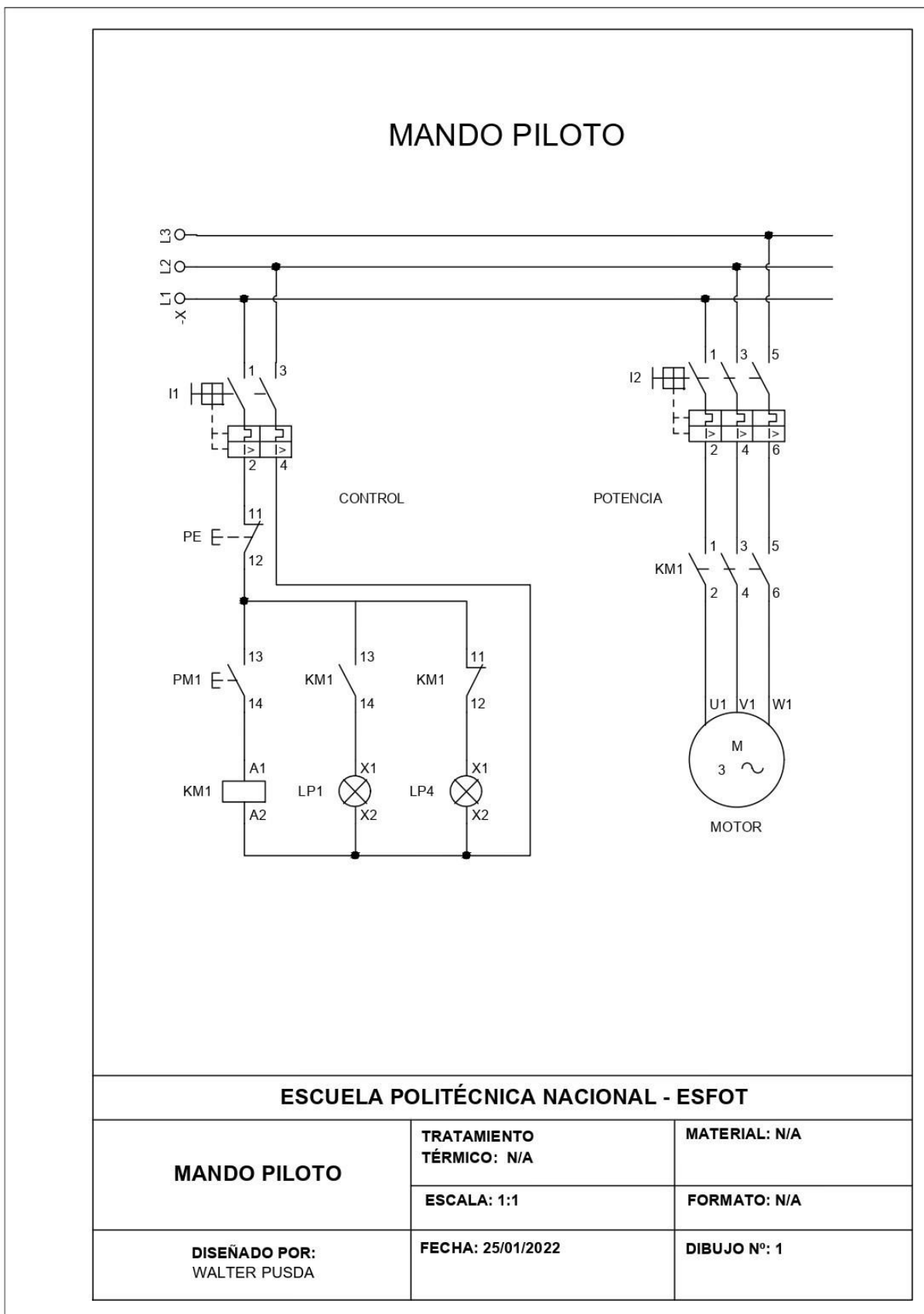
Ing. Abraham Ismael Loja Romero. Msc.

---

Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía | Edificio N. 21 | Área 7 | Oficina 3

**Correo:** abraham.loja@epn.edu.ec | **Ext:** 2726

## ANEXO III. DIAGRAMA DE CONTROL DEL MANDO PILOTO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT**

**MANDO PILOTO**

**TRATAMIENTO  
TÉRMICO: N/A**

**MATERIAL: N/A**

**ESCALA: 1:1**

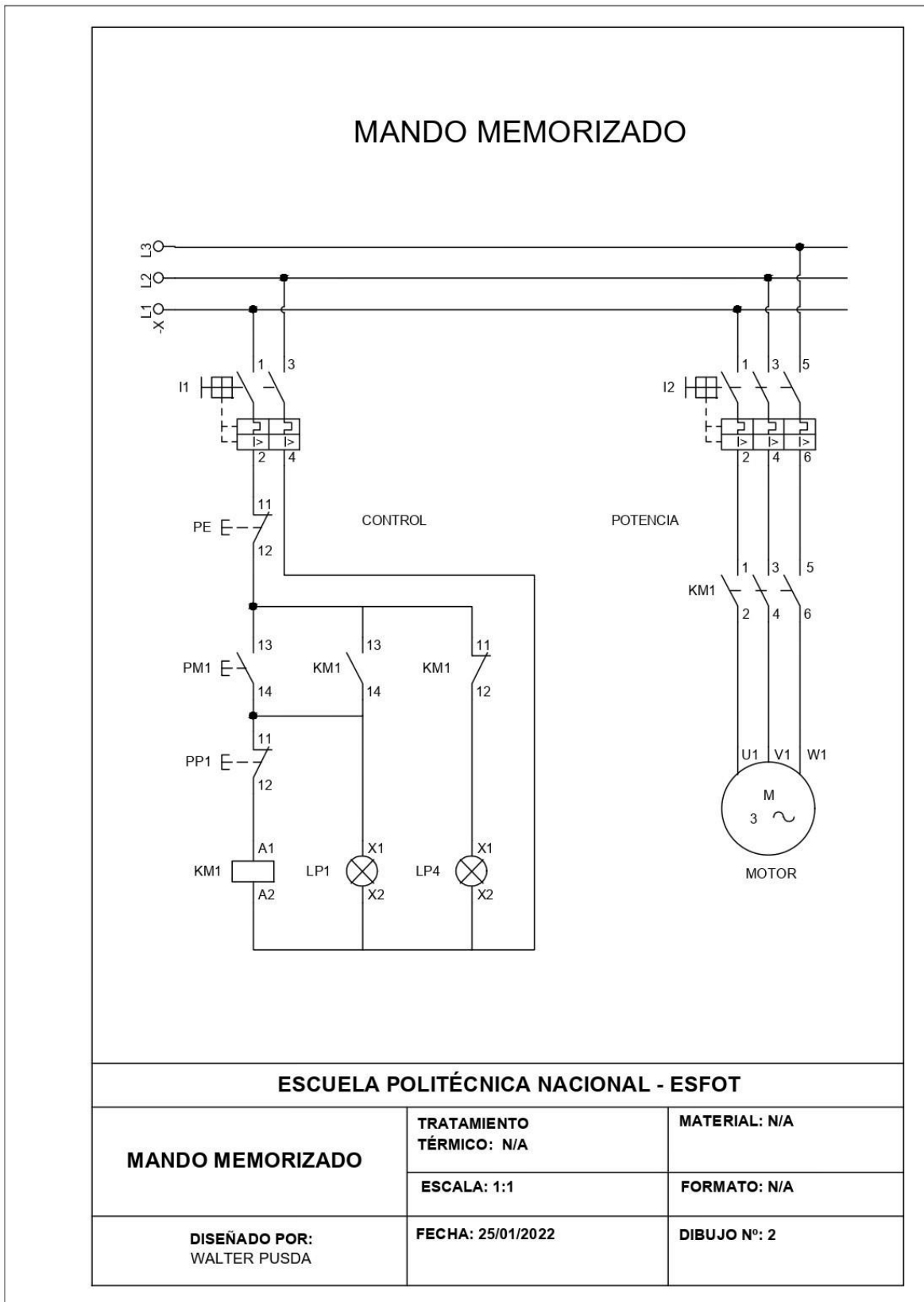
**FORMATO: N/A**

**DISEÑADO POR:  
WALTER PUSDA**

**FECHA: 25/01/2022**

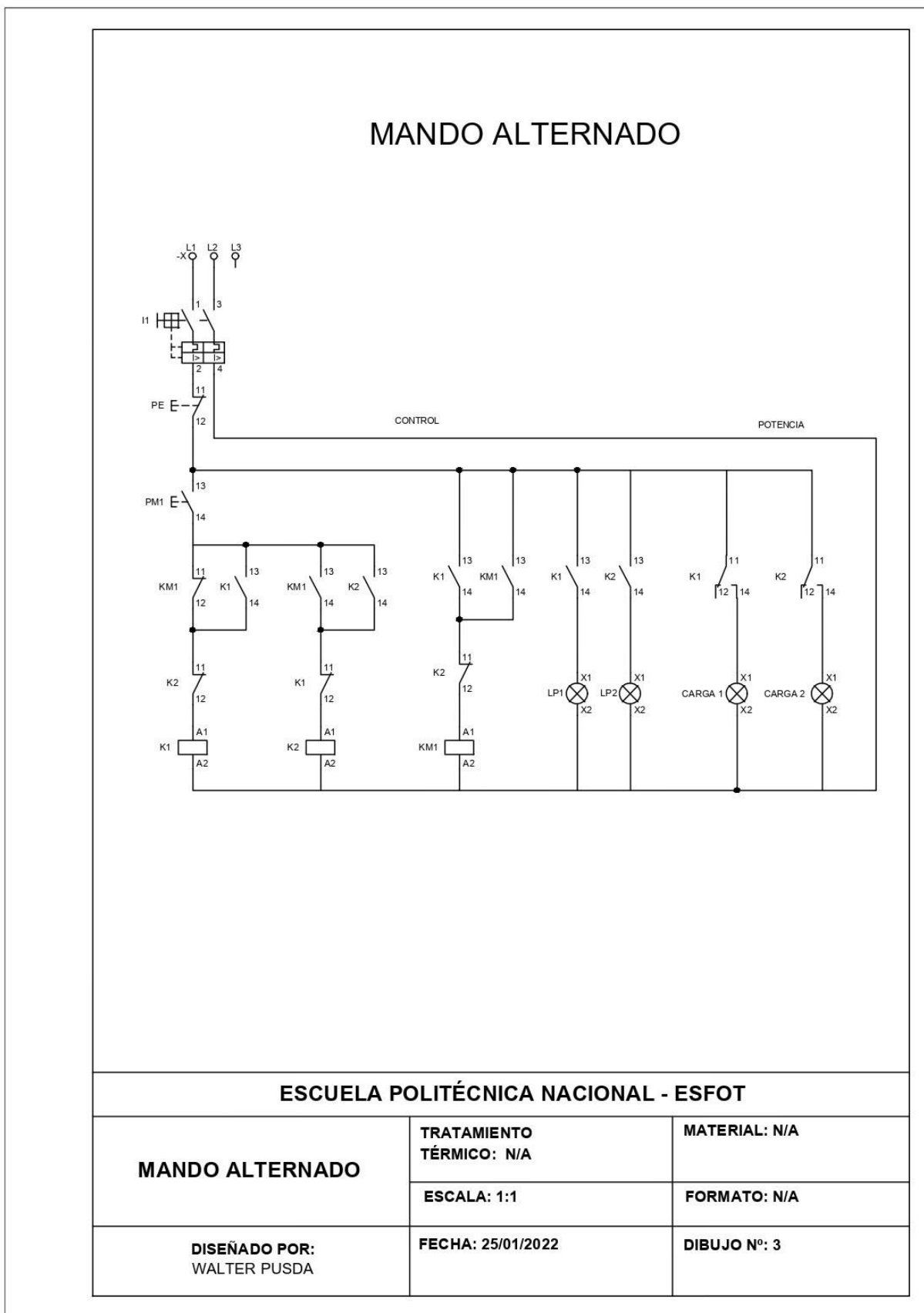
**DIBUJO Nº: 1**

# ANEXO IV. DIAGRAMA DE CONTROL DEL MANDO MEMORIZADO





# ANEXO V. DIAGRAMA DE CONTROL DEL MANDO ALTERNADO



# ANEXO VI. DIAGRAMA DE CONTROL DEL MANDO INTERBLOQUEADO

