

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

### **DISEÑO DE UN TABLERO DE CONTROL EN EL LABORATORIO DE ELECTRICIDAD 23A ESFOT-EPN**

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

**Cotacachi Vilatuña Alexander Marcelo**

alexander.cotacachi@epn.edu.ec

**Mora Rojas Michael Santiago**

michael.mora@epn.edu.ec

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

pablo.proano@epn.edu.ec

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

carlos.romo@epn.edu.ec

**Quito, julio 2021**

# **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por los Sres. Cotacachi Vilatuña Alexander Marcelo y Mora Rojas Michael Santiago como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA, bajo nuestra supervisión.

---

**Ing. Pablo Andrés Proaño Chamorro**

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

---

**Ing. Carlos Orlando Romo Herrera**

**CODIRECTOR DEL PROYECTO**

## DECLARACIÓN

Nosotros Alexander Marcelo Cotacachi Vilatuña con CI: 172600090-2 y Mora Rojas Michael Santiago con CI: 172076186-3 declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

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



---

**Cotacachi Vilatuña Alexander Marcelo**

CI: 172600090-2

Teléfono: 0958828160

Correo: alexander.cotacachi@epn.edu.ec



---

**Mora Rojas Michael Santiago**

CI: 172076186-3

Teléfono: 0988842961

Correo: michael.mora@epn.edu.ec

## **DEDICATORIA**

Dedico es proyecto de titulación a mis padres por su apoyo constante a mi hermana por las palabras de apoyo que me ayudaron a no darme por vencido y seguir estudiando para llegar a ser un profesional.

A mis compañeros por las experiencias vividas a lo largo de mi carrera universitaria.

Cotacachi Marcelo

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres y a mi hermana por el apoyo, su paciencia y consejos que me ayudaron a no darme por vencido y así culminar mi carrera universitaria. Agradezco a las personas que he conocido desde el inicio de mis estudios hasta el final por los recuerdos irremplazables.

A mi director del proyecto el Ing. Pablo Proaño, le agradezco su paciencia y las enseñanzas que ha brindado durante los horarios de clase como tutor para poder terminar el proyecto de titulación.

A la Escuela de Formación de Tecnólogos y todos los ingenieros docentes por compartir sus conocimientos para que pueda formarme como un gran profesional.

Cotacachi Marcelo

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de titulación a mi papá, a mi mamá y a mis hermanos que, con sus enseñanzas y consejos, han permitido finalizar muchas metas en mi corta vida, a mis tías que han prestado ayuda y consejos cuando uno ha necesitado, a mis primas que a pesar de las adversidades y situaciones que hemos pasado, han estado incondicionalmente presentes, y sobre todo a Dios, que a pesar de los obstáculos que se han presentado en todos los semestres, ha permitido culminar con éxitos la carrera.

Mención especial al Ing. Luis Almeida, por su oportuno consejo y oportunidad de culminar la carrera.

Mora Michael

# AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, Jorge y Carmen, por su amor y apoyo incondicional a pesar de las circunstancias y problemas que hemos enfrentado hasta ahora, a mis hermanos Danilo y Antonio, que con su compañía y cariño, he podido superar varios obstáculos que se han presentado en mi carrera y vida, a mi segunda madre Juana, que con sus consejos oportunos he podido remediar muchos problemas que se han suscitado, a mis hermanas Mónica, Jessica, y Camila, que siempre han demostrado el amor de familia que nos une y que sin importar los problemas que pasen día tras día, nos apoyamos mutuamente para sobresalir de la mejor manera.

Agradezco a toda la familia que me falta mencionar, que han aportado un granito de arena en la culminación de este proyecto de titulación y agradezco a Dios por regalarnos otra oportunidad de estar con mi mamá Carmen, al permitirle superar la fuerte enfermedad que actualmente afecta al mundo y pueda disfrutar todo el esfuerzo empleado en la carrera.

Agradezco a la EPN por abrirme sus puertas y a la ESFOT por todo el conocimiento adquirido, a todos los profesores que aportaron directa o indirectamente a la finalización de la carrera y al Ing. Pablo Proaño por su ayuda en la elaboración de este proyecto.

Mora Michael

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción .....	1
1.1	Objetivo general .....	1
1.2	Objetivos específicos .....	1
2	Metodología.....	2
3	Resultados y Discusión .....	4
3.1	Análisis de requerimientos y estado del sistema .....	4
3.2	Diseño de la acometida.....	7
	Recubrimiento THHN .....	10
3.3	Diseño del tablero de control.....	11
	Diseño del Interruptor Termomagnético .....	12
	Diseño del Contactor .....	15
3.4	Diagramas de montaje del tablero .....	21
	Presupuesto de implementación .....	27
3.5	Manual de Uso y Mantenimiento .....	28
4	Conclusiones y Recomendaciones .....	34
4.1	Conclusiones.....	34
4.2	Recomendaciones.....	35
	ANEXOS.....	38
	Anexo 1: Certificado de Funcionamiento.....	i
	Anexo 2: Planos y Esquemas.....	iii



# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b>	Diagrama de Flujo de la metodología empleada. ....	3
<b>Figura 3.1</b>	Caja de derivación ubicada en el laboratorio.....	4
<b>Figura 3.2</b>	Croquis con las medidas realizadas. ....	5
<b>Figura 3.3</b>	Caja de revisión Aulas 15-24.....	6
<b>Figura 3.4</b>	Conductores en un mismo punto.....	6
<b>Figura 3.5</b>	Conductor con recubrimiento THHN. [7].....	10
<b>Figura 3.6</b>	Caja de derivación pequeña. ....	11
<b>Figura 3.7</b>	Gabinete eléctrico referencial. ....	12
<b>Figura 3.8</b>	Interruptor Termomagnético de 50 (A). [4] .....	14
<b>Figura 3.9</b>	Circuito de estudio de carga de las mesas.....	16
<b>Figura 3.10</b>	Contactador seleccionado para las mesas [10].....	18
<b>Figura 3.11</b>	Diagrama unifilar del sistema. ....	19
<b>Figura 3.12</b>	Diagrama de montaje del gabinete para la derivación de circuitos secundarios de la caja principal.....	22
<b>Figura 3.13</b>	Diagrama de montaje del tablero eléctrico. ....	24
<b>Figura 3.14</b>	Diagrama de la parte frontal del tablero. ....	26
<b>Figura 3.15</b>	Código QR para acceder a los archivos DWG. ....	28
<b>Figura 3.16</b>	Bornes de Interruptor termomagnético quemado.[4] .....	31
<b>Figura 3.17</b>	Prueba de continuidad de un interruptor termomagnético.[5].....	32
<b>Figura 3.18</b>	Condiciones de las canaletas en mal estado. ....	33
<b>Figura 3.19</b>	Falso contacto en los tornillos de los tomacorrientes. [8].....	34
<b>Anexo 2.1</b>	Plano Eléctrico de la Caja de Revisión hacia el Laboratorio. ....	i
<b>Anexo 2.2</b>	Diagrama de control del Tablero. ....	i

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3.3.1</b> Cargas posibles en las mesas de trabajo. ....	7
<b>Tabla 3.2</b> Calibre AWG según el área del conductor .....	10
<b>Tabla 3.3</b> Tabla de medidas de cajas de revisión pequeñas. ....	11
<b>Tabla 3.4</b> Tabla de medidas de caja de revisión pequeñas. ....	13
<b>Tabla 3.5</b> Tabla comparativa de la intensidad de corriente calculadas.....	14
<b>Tabla 3.6</b> Ficha Técnica del Interruptor Termomagnético [8].....	15
<b>Tabla 3.7</b> Tabla de los tipos de contactores según la norma IEC 158.....	16
<b>Tabla 3.8</b> Selección de contactores. [10] .....	18
<b>Tabla 3.9</b> Simbología del diagrama unifilar. ....	20
<b>Tabla 3.10</b> Tabla de presupuesto de materiales para la acometida y el tablero.....	27
<b>Tabla 3.11</b> Cronograma de Mantenimiento Preventivo.....	30

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación, "DISEÑO DE UN TABLERO DE CONTROL PARA EL LABORATORIO 23A ESFOT-EPN", fue realizado con la finalidad de ser una guía para los estudiantes en la implementación de una acometida y un tablero de control eléctrico que permita la fácil y segura entrega de energía hacia las mesas de trabajo del laboratorio, cumpliendo con la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) y la Comisión Electrotécnica Internacional. El tablero eléctrico permitirá que los estudiantes puedan realizar sus prácticas con mejores medidas de seguridad respecto a accidentes eléctricos que puedan suceder y con ello también brindar mayor protección a los equipos y dispositivos utilizados. El proyecto consta de cuatro secciones, que se resumen a continuación.

La primera sección contiene la introducción y características del proyecto, además del planteamiento del problema, que surge de la necesidad de complementar el área del laboratorio de Electrónica de Potencia, también se incluye el objetivo principal y los objetivos específicos.

La segunda sección describe la metodología empleada para el desarrollo del proyecto y expone las actividades y las herramientas a utilizarse para el cumplimiento de los objetivos.

La tercera sección detalla el estudio del estado actual del sistema y el estado de la acometida utilizada en la instalación eléctrica; luego se describe el diseño del tablero eléctrico, la acometida y la razón del porqué se las diseña nuevamente. A continuación, se tienen los planos, un manual que contiene la implementación y el mantenimiento, finalmente los resultados obtenidos en el proyecto.

La cuarta sección se muestra las conclusiones y recomendaciones obtenidas en la ejecución del proyecto.

**PALABRAS CLAVE:** Diseño, Acometida, Tablero, Conductores, Protecciones.

## **ABSTRACT**

This degree project, "DESIGN OF A CONTROL BOARD FOR LABORATORY 23A ESFOT-EPN", was carried out with the purpose of being a guide for students in the implementation of an electrical connection and control board that allows the easy and safe delivery of energy to the laboratory work tables, complying with Ecuadorian and international electrical standards. The electrical panel will allow students to perform their practices with better safety measures with respect to electrical accidents that may occur and thus also provide greater protection for the equipment and devices used. The project consists of four chapters, which are summarized below.

Chapter one contains the introduction and characteristics of the project, in addition to the problem statement, which arises from the need to complement the Power Electronics area of the laboratory, the main objective and the specific objectives are also included.

Chapter two describes the methodology used for the development of the project and exposes the activities and tools to be used for the fulfillment of the objectives.

Chapter three details the study of the current state of the system, the state of the connection used in the electrical installation, then describes the design of the electrical panel, the connection, and the reason for redesigning them, followed by the plans, the implementation and maintenance manuals, and finally the results obtained in the project.

Chapter four shows the conclusions and recommendations obtained in the execution of the project.

**KEYWORDS:** Design, Connection, Switchboard, Conductors, Protections.

# 1 INTRODUCCIÓN

En las carreras tecnológicas que oferta la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) se guía, enseña y capacita al estudiante para que desarrollen habilidades para solucionar problemas que se presentan en el mundo laboral en el menor tiempo. Para ello, las prácticas de laboratorio refuerzan los conocimientos teóricos adquiridos, pero, los laboratorios disponibles en la unidad académica no cuentan con un sistema de distribución de energía adecuado o un apagado de emergencia.

En el presente proyecto se realiza un diseño para el Laboratorio de Eléctrica y Electrónica – Área de Electrónica de Potencia, concretamente la instalación eléctrica que alimenta las mesas de trabajo en donde los estudiantes realizan su componente práctico. Para el diseño se incluye un diagrama unifilar en donde se representa las conexiones de los diferentes dispositivos como contactores, luces piloto, pulsadores y de la protección eléctrica en el tablero; además, un diagrama de montaje en donde se detalla la conexión de cada componente en el circuito eléctrico y el cálculo de los conductores nuevos a implementar.

El presente proyecto tuvo que ser cambiado de implementación a nivel de simulación o diseño debido a las dificultades generadas por la pandemia del COVID-19. Por lo tanto, para el entregable se realizó un manual que contenga la implementación del tablero de control, el mantenimiento periódico con pautas y recomendaciones para una adecuada implementación y otorgar al proyecto una vida útil prolongada.

## 1.1 Objetivo general

Diseñar un tablero de control eléctrico para el Laboratorio de Eléctrica y Electrónica – Área de Electrónica de Potencia ESFOT-EPN.

## 1.2 Objetivos específicos

- Realizar un análisis de requerimientos del sistema.
- Diseñar la acometida.
- Diseñar el tablero de control.
- Elaborar un manual de implementación, montaje y mantenimiento del tablero.

## 2 METODOLOGÍA

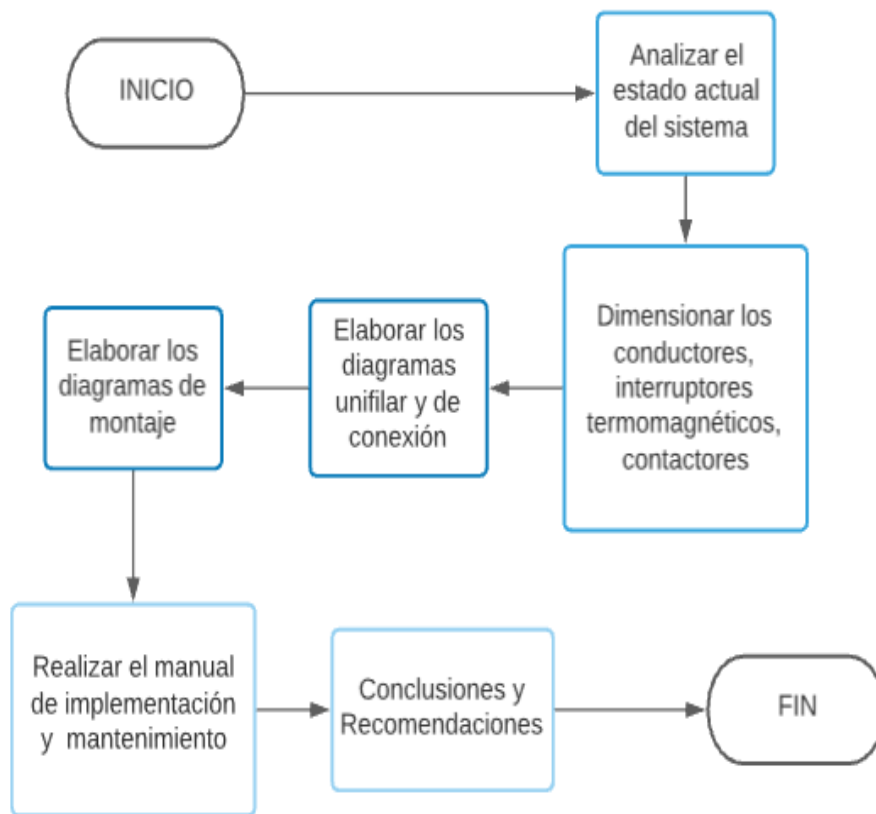
Se verificó si la instalación eléctrica del laboratorio cuenta con un sistema de puesta a tierra. Se determinó la distancia existente entre el tablero de distribución y el laboratorio para dimensionar el tipo de conductor eléctrico necesario a utilizar, este dimensionamiento se realizó basándose en normativas ecuatorianas de sistemas eléctricos CPE INEN 19:2001.

Una vez que se dimensionaron todos los elementos que serán instalados en el tablero de control, se diseñó un diagrama unifilar en donde se visualice de forma ordenada la conexión de todos los dispositivos y se diseñó el tablero en 2D con el software AUTOCAD, así se distribuirá correctamente la energía eléctrica a las diferentes mesas de trabajo por lo que el estudiante realizará sus prácticas de forma segura sin accidentes.

Se realizaron los cálculos en base a la potencia (sobredimensionada) que requieren cada una de las seis mesas de trabajo para dimensionar los dispositivos de protección eléctrica como disyuntores [3], así como también el dimensionamiento de contactores para el tablero que contiene dispositivos de protección y de maniobra, para ello se acudió a la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC). [4]

Luego de realizar el dimensionamiento de los dispositivos, elementos a utilizar y el diseño en 2D del tablero de control, se verificó el funcionamiento del tablero de control con simulaciones mediante el uso del software CADESIMU, comprobando el accionamiento de los dispositivos de control y el dispositivo de seguridad ya que su principal función es proteger cada uno de los distintos circuitos en los que se divide la instalación.

Se elaboró un manual de diseño con las instrucciones de instalación, mantenimiento del tablero e instalaciones eléctricas diseñadas para el Laboratorio 23-A. Para que sirva como una herramienta de apoyo para el correcto funcionamiento. [5]



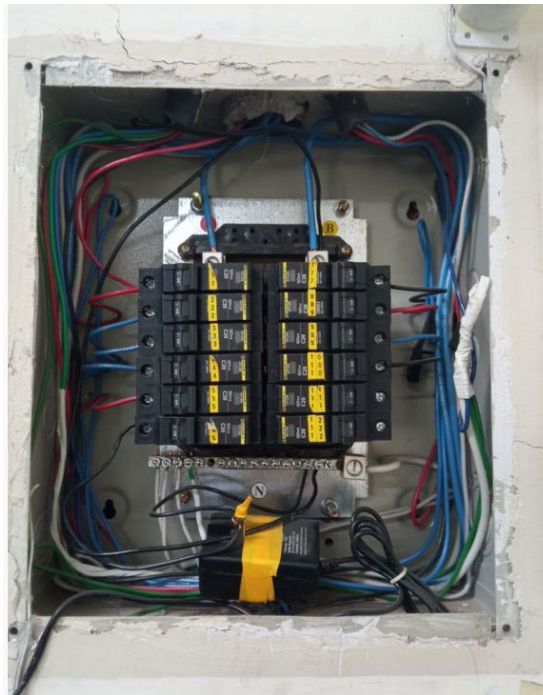
**Figura 2.1** Diagrama de Flujo de la metodología empleada.

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se ha diseñado la acometida y el tablero de control para el Laboratorio de Eléctrica y Electrónica – Área de Electrónica de Potencia. El diseño consiste en la elaboración de diagramas de montaje de los dispositivos, distribución de los elementos de control como pulsadores, también contiene dispositivos de protección y emergencia como un interruptor termomagnético y un botón paro de emergencia, además, dispositivos indicadores como una luz piloto de color tomate para visualizar que el tablero está encendido, una de color rojo que representa el accionamiento del interruptor termomagnético general y varias luces piloto de color verde para visualizar la energización de cada una de las seis mesas.

#### 3.1 Análisis de requerimientos y estado del sistema

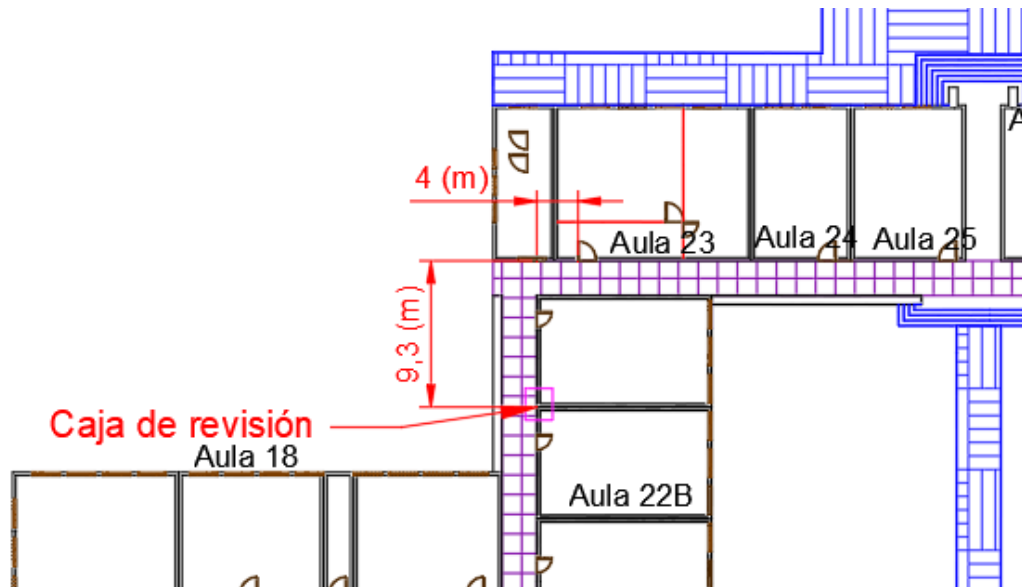
Se acudió a la universidad a revisar el estado de la caja de derivación actual y como se observa en la figura 3.1, la instalación eléctrica realizada no es la adecuada, dado que, antes se había implementado la acometida para un uso poco frecuente (como el dictado de una clase magistral) y no se utilizaban cargas de potencia elevada (como osciloscopios, fuentes de energía, multímetros, elementos de electrónica de potencia, etc.).



**Figura 3.1** Caja de derivación ubicada en el laboratorio.



Como se observa en la figura 3.1, el calibre del conductor utilizado en la acometida interna del laboratorio hacia las mesas de trabajo no era el adecuado para la carga mínima requerida en las prácticas realizadas por los estudiantes. Se buscó la caja de revisión principal que alimenta el laboratorio, la cual como se observa en las medidas realizadas de la figura 3.2, ésta se encontraba ubicada aproximadamente a 15 (m) de la acometida interna del laboratorio.

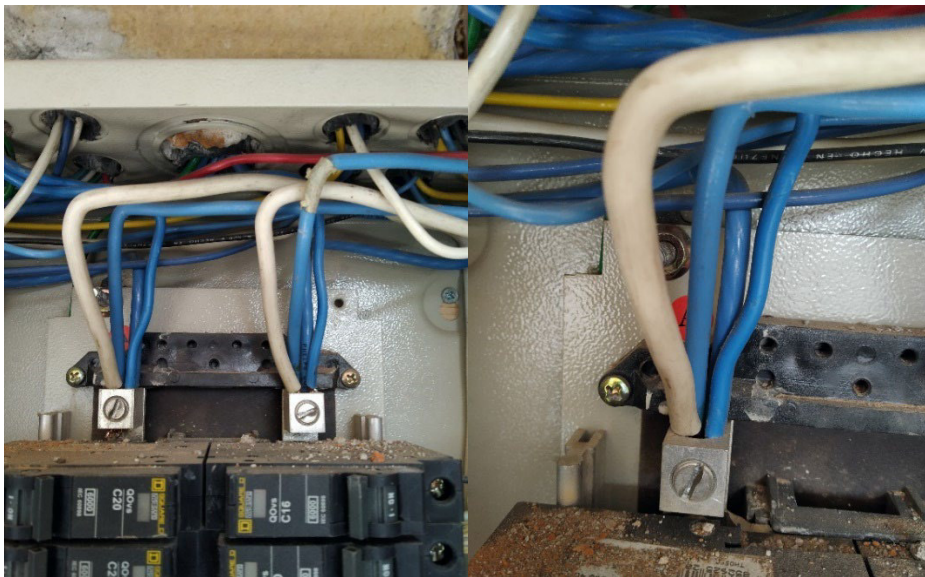


**Figura 3.2** Croquis con las medidas realizadas.

En la figura 3.3 se observa el estado de la caja de revisión principal que, además, de alimentar al laboratorio, alimenta varias aulas, y en dicha caja se observó que el calibre del conductor utilizado para la acometida que va hacia el laboratorio no es el indicado, y en la figura 3.4 se observa una instalación eléctrica deficiente porque existe cuatro diferentes conductores conectados en un mismo punto con riesgo de sobrecarga.



**Figura 3.3** Caja de revisión Aulas 15-24.



**Figura 3.4** Conductores en un mismo punto.

Luego de verificar la caja de revisión y la acometida interna, se diseñó una nueva caja de derivación donde se concentrarán en barras de energía las fases R y S; además, del Neutro y Tierra para distribuir y ordenar de manera apropiada los conductores que alimentan las aulas aledañas.

Una vez que se cumplió con el primer objetivo se define lo siguiente:

- Varios conductores conectados en un solo punto.
- Incorrecta distribución de la energía eléctrica.
- Incorrecto uso del calibre de los conductores que van hacia el laboratorio.

## 3.2 Diseño de la acometida

Para el dimensionamiento del conductor que va desde la caja de revisión hacia la acometida interna del laboratorio, se realiza el siguiente estudio descrito en la tabla 3.1.

**Tabla 3.3.1** Cargas posibles en las mesas de trabajo.

Carga	Cantidad	Potencia Unitaria (W)	Potencia Total (W)
Osciloscopio	2	40	80
Generador de señales	2	30	60
Fuentes de voltaje	2	90	180
Computador (Laptop)	2	70	140
Carga de potencia (motor monofásico)	1	340	340
Carga de potencia (foco)	1	100	100
TOTAL			900

La potencia total de la tabla 3.1 se deja 100 (W) de reserva para tener una potencia monofásica total de 1000 (W) de consumo para cada mesa.

Para obtener la potencia de diseño (considerando el factor de uso y el factor de seguridad) se tiene:

$$P_d = P_t \cdot f_u \cdot f_{sd}$$

### **Ecuación 3.1** Potencia de diseño.[19]

Donde:

$P_d$ : ¿? : Potencia monofásica de diseño.

$P_t$ : 6000 (W) : Potencia nominal monofásica de las mesas (6 mesas).

$f_{sd}$ : 1,25 : Factor de seguridad para instalaciones de baja tensión [6] .

$f_u$ : 0.75 : Factor de uso para instalaciones de baja tensión y no industriales [6] .

Se obtiene la potencia de diseño, tomando en cuenta que la norma IEC 60364 que cita: "para el dimensionamiento de interruptores termomagnéticos, se realizará 1,25

veces menor que la corriente soportada por el conductor a utilizar”, y también el factor de uso del laboratorio el cual se ha tomado de 0,75 debido a que no es probable que se utilice el 100% de la capacidad de todas las mesas en las diferentes prácticas de laboratorio.

El valor de  $P_d$  es de 5625 (W) y con ello, se utiliza la ecuación 3.2 descrita a continuación para encontrar la corriente de diseño:

$$I_{sd} = \frac{P_d}{f_p \cdot V_{in}}$$

**Ecuación 3.2** Intensidad de corriente para el diseño. [19]

Donde:

$I_{sd}$ : ¿? : Intensidad de corriente sobredimensionada.

$P_d$ : 5625 (W) : Potencia de diseño obtenida en la ecuación 3.1.

$f_p$ : 0,9 : Factor de potencia.

$V_{in}$ : 127 (V) : Voltaje de entrada a la caja de revisión.

El factor de potencia de la ecuación 3.2, se lo tomó con base en la norma NEC, debido al uso de cargas descritas en la tabla 3.1 que son generalmente resistivas, además, diodos, transistores y el uso poco frecuente de motores monofásicos en el laboratorio.

Se obtuvo un valor  $I_{sd}$  de 49,21 (A), correspondiente a la intensidad de corriente sobredimensionada.

A continuación, en la ecuación 3.3, se presenta la resistencia que tendría el conductor dado a la caída de voltaje permitido por la norma NEC, y la intensidad de corriente sobredimensionada calculada en la ecuación 3.2

$$R_{co} = \frac{V_{in} \cdot f_{caída}}{I_{sd}}$$

**Ecuación 3.3** Resistencia del conductor [19]

Donde:

$R_{co}$ : ¿? : Resistencia del conductor.

$V_{in}$ : 127 (V) : Voltaje de entrada a la caja de revisión.

$I_{sd}$ : 49,21 (A) : Corriente de sobredimensionamiento.

caída: 5% : Factor de caída de tensión según la norma NEC.

La caída de tensión máxima para una combinación de un circuito derivado y alimentador no debe exceder el 5%. [18]

Usando la Ecuación 3.3 se obtiene:

$$R_{co} = 0,12904 (\Omega)$$

El valor obtenido de la Ecuación 3.3, es de la resistencia del conductor, luego se divide el resultado considerando el cable de fase, neutro y se obtiene lo siguiente:

$$R_{co} = 0,06452 (\Omega)$$

En base al valor de la resistencia obtenida, se obtiene el área del conductor en (mm<sup>2</sup>):

La ecuación 3.4 muestra el área del conductor.

$$A' = \frac{l \cdot \rho}{R_{co}}$$

#### **Ecuación 3.4** Área del conductor [19]

Donde:

A': ¿? : Área del conductor.

l : 25 (m) : Distancia del tablero a la caja de revisión

R<sub>co</sub>: 0,06452 (Ω) : Resistencia del conductor (Fase o Neutro)

ρ: 1,72x10<sup>-8</sup> (Ωm) : Resistividad del cobre

Usando la Ecuación 3.4 se obtiene:

$$A' = 6,66460 (\text{mm}^2)$$

Dado al área obtenida en la Ecuación 3.4, en la tabla 3.2 se verifica y se selecciona un conductor AWG 8 con aislamiento superflex (THHN), debido a que el calibre calculado no existe y se la aproxima al valor inmediato superior.

**Tabla 3.2** Calibre AWG según el área del conductor

Calibre AWG (kcmil)	Sección nominal ( $mm^2$ )	Diámetro del conductor aprox. (mm)	Espesor aislación. (mm)	Diámetro exterior aprox. (mm)	Peso total aprox. (kg/km)
14	2,08	1,9	0,38	3	26
12	3,31	2,4	0,51	3,5	38
10	5,26	2,7	0,51	4	61
8	8,37	3,3	0,76	5,3	99
6	13,3	4,2	0,76	6,2	147
4	21,2	5,2	1,02	7,8	236
2	33,6	7,7	1,02	10,4	372
1	42,4	8,6	1,27	11,9	474
1/0	53,5	9,9	1,27	13,2	586
2/0	67,4	10,8	1,27	14,2	701
3/0	85	12,4	1,27	15,8	892
4/0	107	14	1,27	17,4	1119

### Recubrimiento THHN



**Figura 3.5** Conductor con recubrimiento THHN. [7]

- Construido con cobre de temple o tenacidad suave.
- Aislados con policloruro de vinilo (termoplástico).
- Resistencia a la humedad y altas temperaturas ( $^{\circ}C$ ).
- Cubierta protectora de Nylon o Poliamida. [7]

Los colores de los conductores son definidos por la norma NEC.

La norma IEC sugiere que, para el área de control del tablero, se debe utilizar como mínimo un conductor de calibre 20 o 18 AWG para pulsadores y luces piloto, por lo cual se utilizó un conductor de calibre 20 AWG para el proyecto.

Para la acometida, se instaló una caja de derivación pequeña al costado izquierdo para distribuir la energía en las diferentes barras de concentración y organizar de mejor manera los conductores.

### 3.3 Diseño del tablero de control

El gabinete utilizado se puede observar en la figura 3.6:



**Figura 3.6** Caja de derivación pequeña.

En la tabla 3.3 se encuentran las medidas correspondientes a los gabinetes eléctricos en donde el seleccionado para la nueva caja de revisión es el GL007.

**Tabla 3.3** Tabla de medidas de cajas de revisión pequeñas.

Código	GL003	GL004	GL005	GL006	GL007	GL008
Alto (mm)	300	300	400	400	400	600
Ancho (mm)	300	400	300	400	600	400
Profundidad (mm)	160	200	200	200	200	200

Para el tablero de control del proyecto, se tomará en referencia las medidas normalizadas de la figura 3.6, las cuales aproximadamente son de 80 x 60 x 28 (cm).



**Figura 3.7** Gabinete eléctrico referencial.

Luego, en conjunto con las medidas mostradas en la figura 3.2 se obtiene la distancia de 15 (m) y considerando que el tablero será implementado al costado izquierdo del pizarrón, se obtiene como resultado aproximado de 25 (m) de longitud de conductor para la instalación eléctrica.

### **Diseño del Interruptor Termomagnético**

Para la protección del tablero eléctrico es necesario instalar un interruptor termomagnético. Por lo tanto, se tomó de referencia la corriente máxima soportada por el conductor de calibre 8 AWG (THHN) para obtener el valor de la corriente del interruptor termomagnético a utilizar.

En la tabla 3.4 se observa los tipos de conductores AWG y las intensidades de corriente que soportan de acuerdo con la temperatura y al tipo de ambiente donde serán instalados, se observa que el conductor de calibre 8 AWG soporta hasta 55 (A) en altas temperaturas.



**Tabla 3.4** Tabla de medidas de caja de revisión pequeñas.

AMPERAJE SOPORTADO – CABLE DE COBRE			
Tipo de aislante	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2
Nivel de temperatura	60 (°C)	75 (°C)	90 (°C)
14 AWG	15 (A)	15 (A)	15 (A)
12 AWG	20 (A)	20 (A)	20 (A)
10 AWG	30 (A)	30 (A)	30 (A)
8 AWG	40 (A)	50 (A)	55 (A)
6 AWG	55 (A)	65 (A)	75 (A)
4 AWG	70 (A)	85 (A)	95 (A)
2 AWG	95 (A)	115 (A)	130 (A)

Con base en el dato anterior y considerando la corriente de sobredimensionamiento  $I_{sd}$  es igual a 49,21 (A) tomada de la ecuación 3.2. se calcula la corriente sin sobredimensionamiento.

Para obtener la corriente sin sobredimensionamiento, se utiliza la ecuación 3.5:

$$I_n = \frac{I_{sd}}{f_{sd}}$$

**Ecuación 3.5** Corriente nominal del circuito. [19]

Donde:

$I_n$ : ¿? : Corriente nominal.

$I_{sd}$ : 49,21 (A) : Intensidad de corriente sobredimensionada obtenida en la ecuación 3.2.

$f_{sd}$ : 1,25 : Factor de seguridad para instalaciones de baja tensión [6] .

El valor de la corriente nominal  $I_n$  obtenida es de 39,37 (A).

En la tabla 3.5, se tiene la comparación de intensidades de corriente para verificar que el interruptor termomagnético cumplirá su función y que el conductor no sufra daños por sobre corriente o sobrecarga.

**Tabla 3.5** Tabla comparativa de la intensidad de corriente calculadas.

Corriente Nominal $I_n$ (A)	Corriente de Sobredimensionamiento $I_{sd}$ (A)	Corriente del Interruptor Termomagnético Seleccionado $I_b$ (A)	Corriente máxima que soporta el Conductor $I_c$ (A)
39,37 (A)	49,21 (A)	50 (A)	55 (A)

En conclusión, dado a los valores obtenidos para el dimensionamiento del interruptor termomagnético, se selecciona el de 50 (A). La figura 3.8 se observa una representación del interruptor termomagnético que se usará.



**Figura 3.8** Interruptor Termomagnético de 50 (A). [4]

En la tabla 3.6, se presentan las características y especificaciones del interruptor termomagnético de 50 (A) seleccionado para el tablero de control.

**Tabla 3.6** Ficha Técnica del Interruptor Termomagnético [8]

Características	A9F74250 Interruptor termomagnético Riel Acti 9 iC60N 2P 50 (A) Curva C 6 (kA) (IEC 60898-1) 20 (kA) (IEC 60947-2)
Aplicación del dispositivo	Distribución
Tipo de producto	Interruptor automático
Número de polos protegido	2P
Corriente nominal	50 (A)
Alimentación	110-400 (V <sub>AC</sub> )
Código de curva	C
Frecuencia de red	50-60 (Hz)

Se seleccionó un interruptor termomagnético con curva C para la protección desde 3,85 y 8,8 veces la corriente nominal, también por la protección de sobrecarga estándar y la protección de cortocircuito de acuerdo con los dispositivos conectados pueden variar entre 5 o 10 veces la corriente nominal. [9]

### **Diseño del Contactor**

Para la selección de los contactores se considera los siguientes parámetros:

En primera instancia, se define que el número de polos del contactor a implementar es dos, porque se lo utilizará para seccionar la Fase y el Neutro así evitar fugas de corriente o choques eléctricos. A continuación, se selecciona el tipo de contactor según la tabla 3.7.

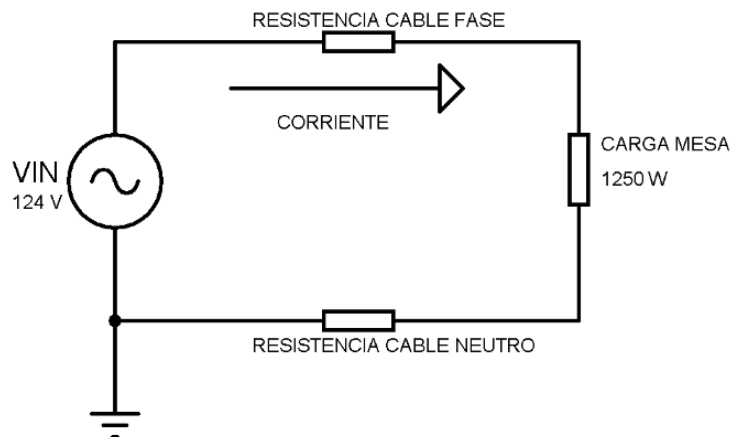
**Tabla 3.7** Tabla de los tipos de contactores según la norma IEC 158.

Clasificación de los contactores según el tipo de carga	
Categoría	Aplicaciones
AC-1	Cargas no inductivas o ligeramente inductivas, hornos de resistencia, $fp > 0,95$
AC-2	Arranque e inversión de motores de anillos.
AC-3	Arranques largos y frenado de motores de jaula de ardilla.
AC-4	Condiciones extremas, grúas, ascensores, se necesitan impulsos grandes.
AC-5	AC-5a: Lámparas de descarga AC-5b: Lámparas Incandescentes.
AC-6	AC-6a: Transformadores AC-6b: Condensadores
AC-7	Aplicaciones domésticas
AC-8	Compresores herméticos de refrigeración.

En la tabla 3.7 se observan las categorías AC de los contactores según la norma IEC158, en donde se escoge el contactor tipo AC-3 para el uso de cargas resistivas, capacitivas y motores monofásicos y de jaula de ardilla.

Para la selección del contactor se tomó en cuenta lo siguiente:

Mediante mediciones de voltaje realizadas en el tablero general se obtuvo una tensión nominal de 124 (V) y considerando que la caída máxima de voltaje permitida por la norma NEC es de 3 % para cargas, se tiene un voltaje de 120,28 (V), [3].



**Figura 3.9** Circuito de estudio de carga de las mesas.

Para determinar la corriente existente en el circuito de la Figura 3.9 se utiliza la siguiente ecuación.

$$I = \frac{P_d}{V_{in} \cdot f_p}$$

**Ecuación 3.6** Corriente del sistema. [19]

Donde:

I: ¿? : Corriente del sistema.

$P_d$ : 1250 (W) : Potencia de la mesa en función de las cargas considerando factor de sobredimensionamiento

$V_{in}$ : 120,28 ( $V_{AC}$ ) : Voltaje considerando la variación del 3%.

$f_p$ : 0,9 : Factor de potencia.

En el laboratorio se realizan prácticas relacionadas a la electrónica de potencia, donde se distorsionan ondas sinusoidales, debido a esto, se considera un factor de potencia de 0,9.

Usando la Ecuación 3.6 se obtiene:

$$I = 11,54 \text{ (A)}$$

La corriente de carga de cada mesa (con factor de sobredimensionamiento de 1,25) obtenida en la ecuación 3.6 es de 11,49 (A), se aproxima al valor inmediato superior a 12 (A), y en base a la tabla 3.8 se selecciona el contactor con código "3RT20 17-2AF02", los cuales, revisando sus hojas de datos, cumplen con los requerimientos de corriente y potencia necesarios.

**Tabla 3.8** Selección de contactores. [10]

Categoría de uso: AC-2 y AC-3 T: hasta 60(°C). Intensidad de empleo $I_e$ (A) hasta 400 (V).	Potencia de motores trifásicos a 50 (Hz) y 400 (V) (W)	Categoría de uso: AC-1, T: 40 (°C) Intensidad de empleo $I_e$ (A) hasta 690 (V).	Tensión asignada a 50/60 (Hz)	Bornes de tornillo	Bornes de resorte
9	4	22	24	3RT20 16-1AB02	3RT20 16-2AB02
			110	3RT20 16-1AF02	3RT20 16-2AF02
			230	3RT20 16-1AP02	3RT20 16-2AP02
12	5,5	22	24	3RT20 17-1AB02	3RT20 17-2AB02
			110	3RT20 17-1AF02	3RT20 17-2AF02
			230	3RT20 17-1AP02	3RT20 17-2AP02
16	7,5	22	24	3RT20 18-1AB02	3RT20 18-2AB02
			110	3RT20 18-1AF02	3RT20 18-2AF02
			230	3RT20 18-1AP02	3RT20 18-2AP02



**Figura 3.10** Contactor seleccionado para las mesas [10]

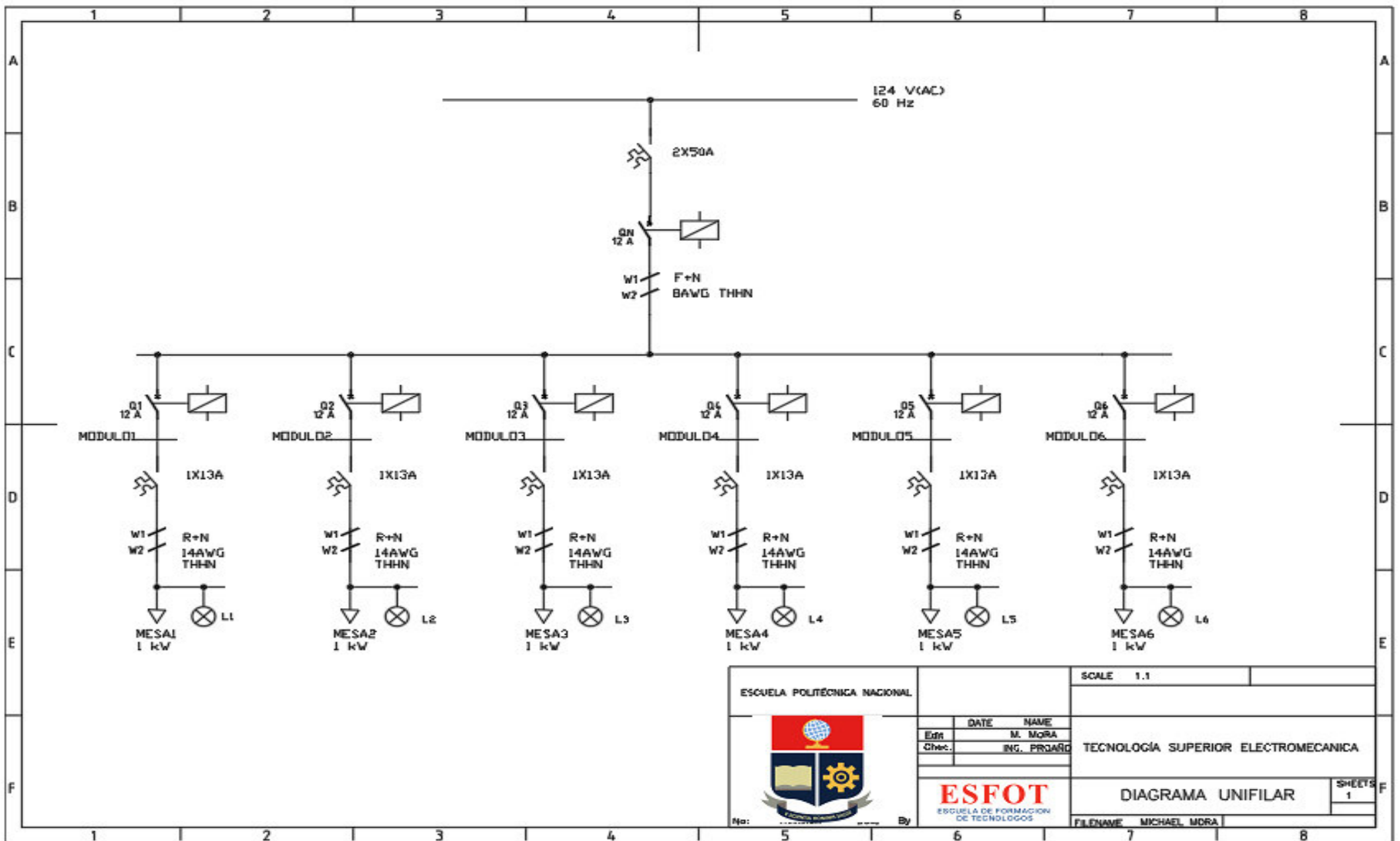
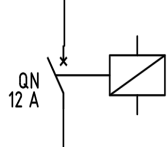

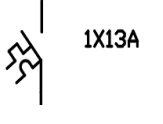



Figura 3.11 Diagrama unifilar del sistema.

**Tabla 3.9** Simbología del diagrama unifilar.

Simbología	
Símbolo	Descripción
	CONTACTOR DE 12 (A)
	INTERRUPTOR TERMONAGNETICO 50 (A)
	INTERRUPTOR TERMONAGNETICO 13 (A)
	LUZ PILOTO INDICADOR VOLTAJE CORRIENTE



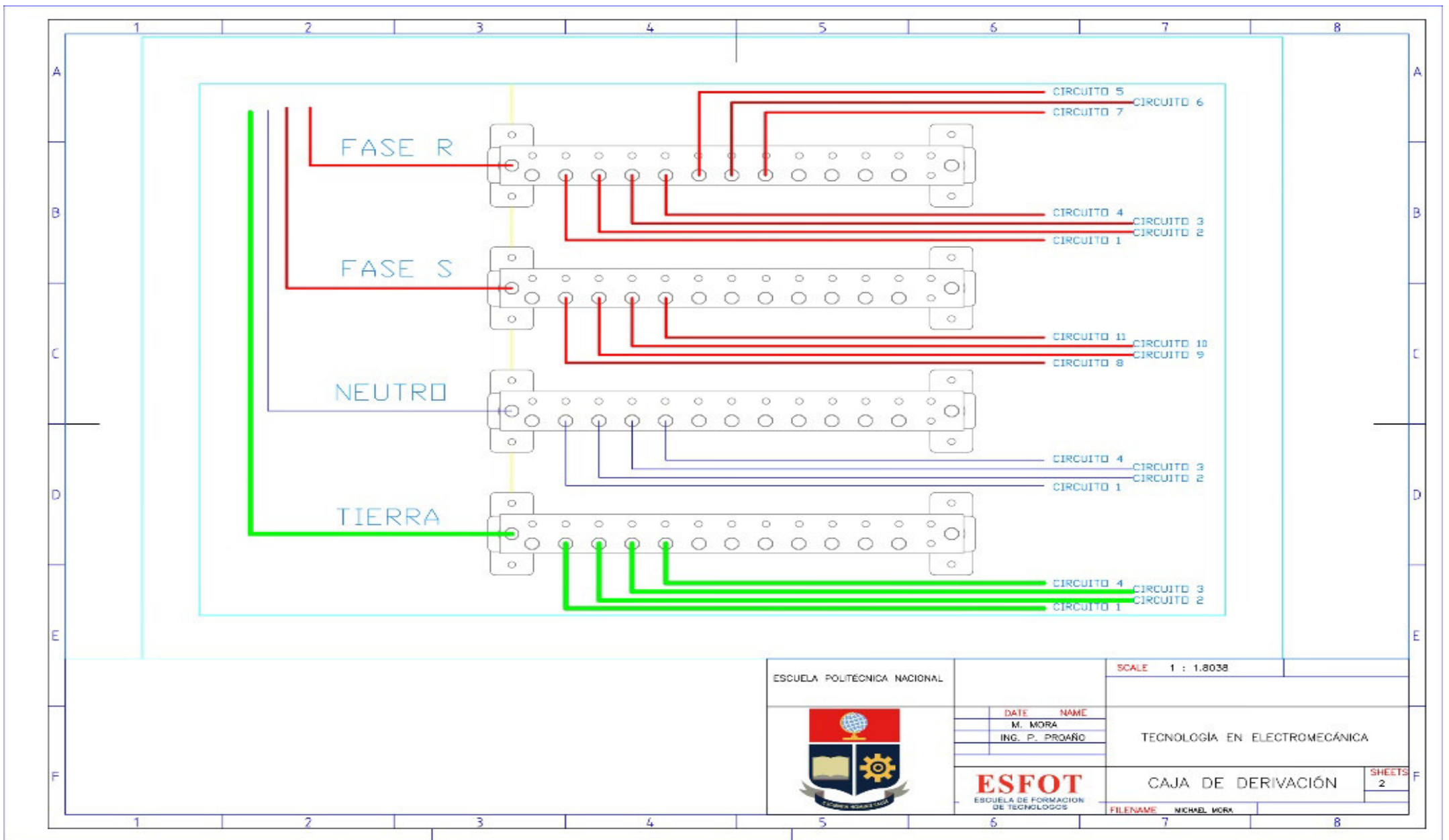
### **3.4 Diagramas de montaje del tablero**

En la Figura 3.12 se observa el diagrama de montaje del gabinete de derivación de los circuitos secundarios de la acometida.

El tablero o gabinete de derivación de circuitos instalado junto a la caja de revisión tiene como finalidad distribuir de forma ordenada y segura los circuitos aledaños que entregan la energía desde las aulas 15 hasta la 24, los conductores correspondientes a la iluminación y a los tomacorrientes de cada aula.

Se utilizaron barras de concentración para cada una de las fases, neutro y tierra común, con varias conexiones en cada una para que se utilicen en futuros proyectos sin necesidad de realizar empalmes o conexiones en un mismo punto como se muestra en la figura 3.4.

Además, usar terminales en forma de U o en anillo y conectarlas con tornillos y tuercas a las barras de cobre hace que las conexiones se reducen el riesgo de problemas eléctricos.



**Figura 3.12** Diagrama de montaje del gabinete para la derivación de circuitos secundarios de la caja principal.

En la figura 3.13 se muestra el diagrama de montaje del tablero de distribución, el cual contiene siete contactores para el control de las mesas y el tablero, las conexiones son representadas por color rojo y azul que representan a la fase y neutro respectivamente.

Las conexiones se dirigen hacia las borneras para conectar los pulsadores, indicadores y para las mesas, además, contiene un interruptor termomagnético que se accionará en caso de cortocircuito o sobrecarga.

Todo lo mencionado va colocado en canaletas que van sujetas en el tablero para que las conexiones se distribuyan de manera ordenada.

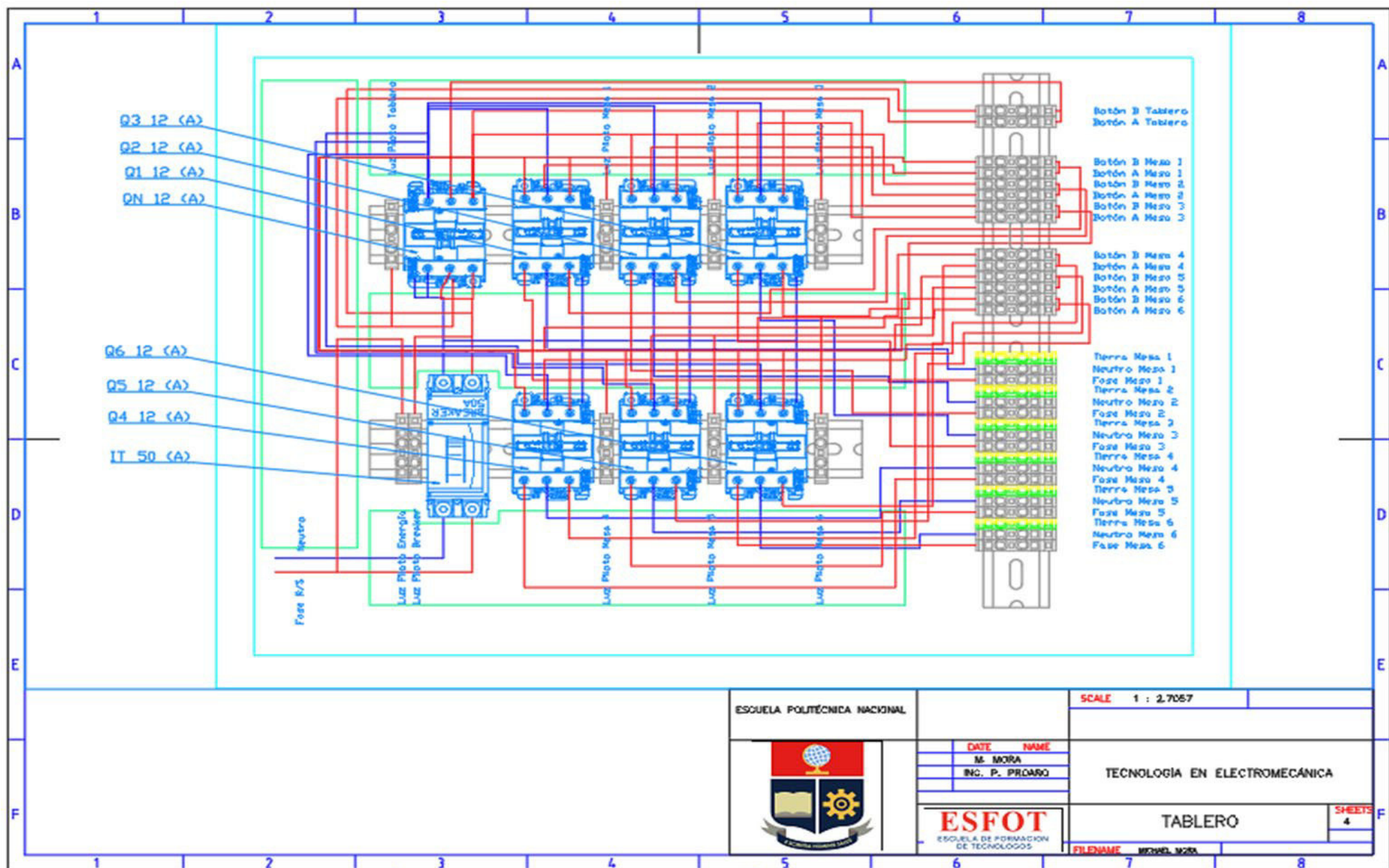


Figura 3.13 Diagrama de montaje del tablero eléctrico.

En la figura 3.14 se observa la disposición sugerida de los dispositivos de indicación y accionamiento en la tapa del tablero eléctrico, es posible modificar las posiciones si el usuario lo cree conveniente.

Se observa también la posición del botón paro de emergencia, el cual debe ser implementado para su fácil acceso en caso de que el profesor, estudiante o usuario necesite cortar la energía y proteger los equipos o dispositivos utilizados.

Se observa que existen dispositivos de indicación del estado de la energía eléctrica en la acometida, de existir un corte de luz, se podrá visualizar en el tablero y con ello, se recomienda desactivar el interruptor termomagnético para evitar posibles descargas cuando se vuelva a restablecer la energía eléctrica.

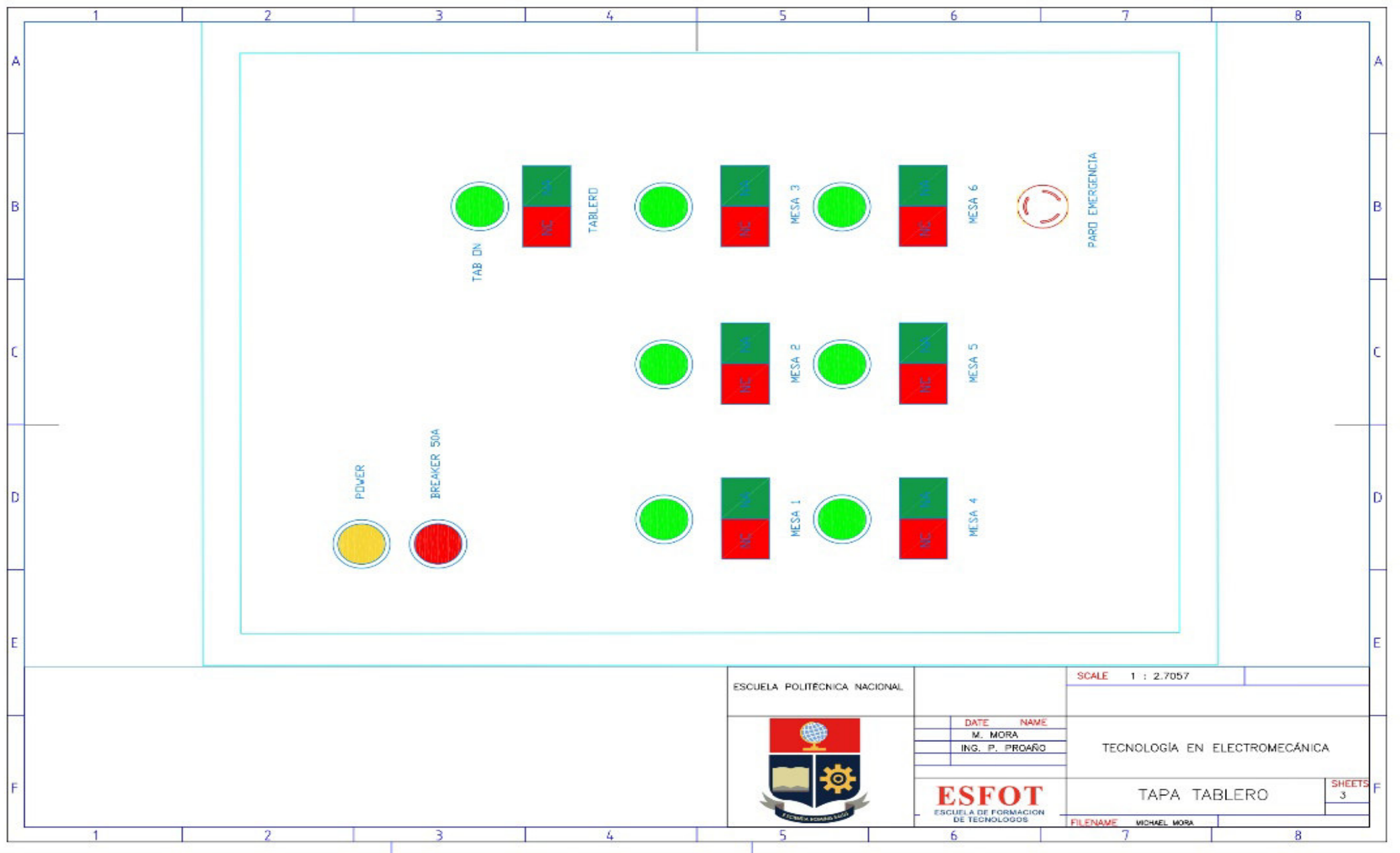


Figura 3.14 Diagrama de la parte frontal del tablero.

## Presupuesto de implementación

**Tabla 3.10** Tabla de presupuesto de materiales para la acometida y el tablero.

Cantidad	Descripción	Precio unitario	Total
1	Breaker 50 (A)	\$ 63,39	\$ 63,39
6	Contactores 12 (A) "3RT20 16-2AF02"	\$ 28,81	\$ 172,86
7	Pulsadores ON (NA)	\$ 3,00	\$ 18,00
7	Pulsadores OFF (NC)	\$ 3,00	\$ 18,00
1	Interruptor de Emergencia	\$ 4,00	\$ 4,00
7	Luces piloto color verde	\$ 1,80	\$ 12,60
1	Luz piloto color amarillo	\$ 1,80	\$ 1,80
1	Luz piloto color rojo	\$ 1,80	\$ 1,80
1	Gabinete o Tablero medidas 80x60x28 (cm) IP-65/IP-55	\$ 180,82	\$ 180,82
1	Gabinete GL007 IP-55	\$ 49,59	\$ 49,59
1	Cable rojo 8 AWG Flex (THHN) 100m	\$ 75,00	\$ 75,00
1	Cable azul 8 AWG Flex (THHN) 100m	\$ 75,00	\$ 75,00
1	Cable rojo 20 AWG Flex (THHN) 100m	\$ 35,00	\$ 35,00
1	Cable azul 20 AWG Flex (THHN) 100m	\$ 35,00	\$ 35,00
1	Cable verde/amarillo Flex (THHN) 100m	\$ 35,00	\$ 35,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 777,86</b>

En la Tabla 3.10, se detalla los rubros consultados para la implementación del proyecto, lo cuales son referenciales, pueden variar de acuerdo con el sitio de compra y a criterio del usuario.

En la Figura 3.15, se observa el código QR para el acceso a los archivos DWG y PDF que el lector pudiese necesitar para una mejor visualización de los planos del tablero, de la acometida, o la conexión propuesta para la implementación.



**Figura 3.15** Código QR para acceder a los archivos DWG.

## **3.5 Manual de Uso y Mantenimiento**

### **3.5.1 Instrucciones de la Instalación Eléctrica**

- Montar el tablero en la pared.
- Colocar las canaletas dentro del tablero de distribución.
- Colocar en las canaletas los dispositivos de protección y control además de las borneras según el diagrama de montaje de la figura 3.13.
- Realizar las conexiones eléctricas.
- Para colocar los pulsadores y luces piloto realizar las perforaciones en la puerta del tablero según el diámetro de los elementos.

Para el tablero de distribución se plantea un plan de mantenimiento que puede ser preventivo o correctivo.

### **3.5.2 Mantenimiento Preventivo**

Este tipo de mantenimiento consiste en revisar el equipo de forma periódica y así disminuir el riesgo de fallas generadas por el desgaste en los componentes o en la instalación eléctrica debido al tiempo que lleva en funcionamiento.

Para el mantenimiento del tablero de distribución se recomienda que sea antes del inicio de cada semestre por lo que se plantean los siguientes pasos:

- Destapar el tablero de distribución con cuidado para impedir que las conexiones de los elementos como pulsadores o luces pilotos se desconecten.



- Quitar la energía del tablero para evitar accidentes o fallas en la instalación eléctrica.
- Limpiar el polvo acumulado en el interior del tablero.
- Realizar una revisión visual en toda la instalación eléctrica asegurándose de que no exista desgaste en los aislantes de los conductores.
- Revisar el estado de las canaletas y asegurarse que se encuentren correctamente adheridas al tablero.
- Verificar que los conductores que encuentren correctamente instalados en las borneras de los contactores y del interruptor termomagnético. Caso contrario, ajustar los tornillos de las borneras.

Para un correcto mantenimiento preventivo se utiliza la tabla 3.11, donde se muestran las actividades que se deben realizar en un determinado tiempo con el objetivo de aumentar la vida útil de todos los componentes en la instalación eléctrica.

**Tabla 3.11** Cronograma de Mantenimiento Preventivo.

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DEL LABORATORIO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA-ÁREA DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA			
Actividad	Descripción actividad	Periodo de tiempo	Observaciones
Ajuste de tornillos de todos dispositivos.	Revisión del correcto ajuste de todos los tornillos de los dispositivos como barras de concentración, interruptor termomagnético, contactores, luces piloto, botones, etc.	Seis meses.	Comprobar que el interruptor termomagnético principal de 50 (A) esté apagado, verificar que no exista energía en la caja de revisión.
Revisión y limpieza del interruptor termomagnético y de los contactores.	Revisión del correcto funcionamiento de los contactores, anclaje y seccionamiento correcto de la Fase y Neutro de cada mesa.	Seis meses (cada tres años se deben abrir los contactores para verificar contactos en buen estado, revisar la bobina que esté en buen estado y engrasar el muelle de retorno).	Comprobar que los conductores que van hacia el interruptor termomagnético estén sin energía y aislados con cinta aislante.
Revisión del recubrimiento de los conductores presentes en el interior del tablero.	Comprobación de que los conductores estén en buen estado, sin derretimiento, corrosión o deterioro importante del aislante, pruebas de continuidad y resistencia.	Seis meses.	Comprobar que en el tablero no exista energía antes de manipular los conductores.
Revisión del estado de la acometida afuera del laboratorio.	Revisión del estado de la acometida y cajas de revisión, incluyendo limpieza y verificación	Seis meses.	Comprobar que en el tablero no exista energía antes de realizar la revisión

	de aislamiento de conductores.		de la acometida y cajas de revisión.
--	--------------------------------	--	--------------------------------------

### 3.5.3 Mantenimiento Correctivo

Se aplica cuando el equipo opera sin ningún monitoreo hasta que se produce una falla y se detenga de manera repentina y sea necesario una reparación, en el caso de la instalación eléctrica del laboratorio de electrónica de potencia al existir un una sobrecarga o cortocircuito el interruptor termomagnético se accionará con la finalidad de cuidar al operador.

### 3.5.4 Descripción de actividades

#### Ajuste de tornillos de todos los dispositivos

Para evitar descargas eléctricas y prolongar la vida útil se recomienda lo siguiente:

Revisar que los tornillos de todos los dispositivos como contactores, barras de concentración, interruptores termomagnéticos, etc., en la figura 3.16, se observa que un ajuste inadecuado se producen falsos contactos (puntos calientes) o arcos eléctricos al momento de accionarlos y que éstos conduzcan corriente a las mesas.

[13]



**Figura 3.16** Bornes de Interruptor termomagnético quemado.[4]

Además del ajuste de tornillos, se realiza una verificación del correcto estado de los dispositivos de indicación como las luces piloto, que no tengan huellas de arcos eléctricos y sus LEDs trabajen de forma adecuada, se recomienda verificar el estado

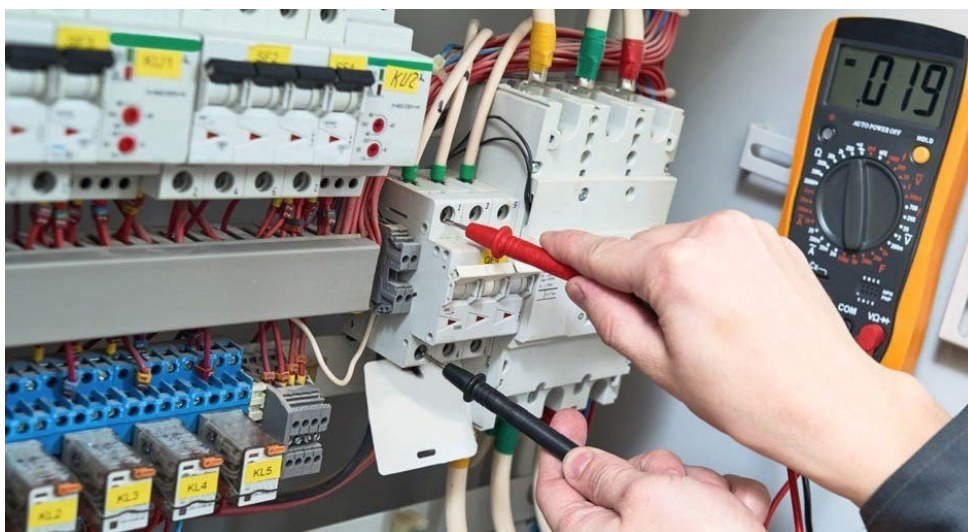
de los dispositivos de accionamiento como los botones ON-OFF y el paro de emergencia.

### **Revisión del interruptor termomagnético y contactores**

Se requiere una revisión periódica del estado del interruptor termomagnético para evitar que el accionamiento de éste se quede afectado por el excesivo consumo de corriente.

Se realiza una prueba de continuidad utilizando un multímetro, para observar si uno de los contactos está en cortocircuito, aunque el interruptor termomagnético o el contactor esté apagado o desactivado.

Para un contactor, se realiza la misma prueba de continuidad entre cualquiera de los tres contactos como se muestra en la figura 3.17, se debe tener cuidado con la bobina cuando se lo realice, así no se afecta la vida útil de la misma, se recomienda cada dos a tres años desarmar los contactores para lubricar el resorte y muelle que provocan que el contactor vuelva a su estado original o en desconexión cuando la bobina no ha sido energizada. [5]



**Figura 3.17** Prueba de continuidad de un interruptor termomagnético.[5]

### **Revisión del recubrimiento y estado de los conductores**

Se recomienda revisar el estado del aislamiento de los conductores eléctricos desde la acometida hasta cada una de las seis mesas, dado que, por el frecuente uso o alguna descarga eléctrica que se hubiese suscitado, este recubrimiento y el conductor se pueden ver afectados en sus características, lo cual podría provocar accidentes graves a los estudiantes o en los equipos utilizados en las prácticas.

Se realiza pruebas de resistencia y continuidad entre dos puntos de los conductores para observar si sus propiedades han cambiado de acuerdo con un período de tiempo establecido. [6]

### **Revisión del estado de la acometida**

Se revisa el estado de la acometida que se encuentra afuera del laboratorio, verificar que los conductores, cables, interruptores termomagnéticos no se encuentren con daños por sobre corriente, puntos calientes o por descargas eléctricas, todo esto para alargar la vida útil de los conductores que van hacia el tablero y no causar daño a los elementos presentes en el laboratorio. [7]

### **Revisión del estado de las canaletas**

El estado de las canaletas por donde el conductor circula se debe revisar en un tiempo determinado ya que al estar situadas al exterior del piso o las paredes pueden sufrir desgaste como se observa en la figura 3.18.

La tapa de las canaletas cuando no se las coloca de forma correcta pueden salirse de su lugar.

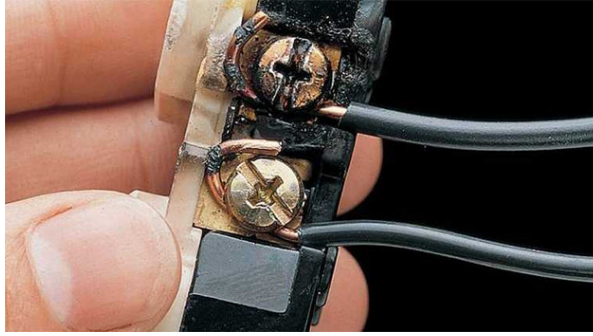


**Figura 3.18** Condiciones de las canaletas en mal estado.

### **Revisión de elementos en el módulo de trabajo**

El caso de los tomacorrientes, los conductores que se encuentren haciendo contacto con los tornillos de las tomas se encuentren sueltos o mal ajustados provocando un cortocircuito.

En la figura 3.19, se observa un desgaste del tornillo y el cable que provocan un arco eléctrico, si la carga eléctrica del artefacto conectado es de alto consumo de energía eléctrica, el arco es más fuerte y dañino. [8]



**Figura 3.19** Falso contacto en los tornillos de los tomacorrientes. [8]

## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- Se diseñó el tablero de distribución para el laboratorio de electrónica de potencia de la ESFOT cumpliendo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC).
- El diseño del tablero consta de un sistema de maniobra y señalización en la parte frontal para que el operador pueda controlar y visualizar la energización de las mesas, lo que facilita la detección de funcionamientos anormales.
- En el análisis del sistema actual, se constató deficiencias en la instalación eléctrica del laboratorio desde la acometida hasta la caja de revisión principal, una de las razones es porque antiguamente dicha instalación fue realizada para el dictado de clases magistrales, con dispositivos de bajo consumo de potencia (computadores, proyectores), sin elementos de electrónica de potencia, analógica y digital que requieran una instalación eléctrica con requerimientos diferentes.
- En el diseño de los conductores que serán instalados en la acometida, se verificó que éstos soporten una intensidad de corriente de 55 (A) (sobredimensionada de acuerdo con la norma IEC) y con ello, éstos no sufrirán daños a corto período obteniendo así mejores condiciones de trabajo y prolongando la vida útil de la instalación eléctrica del laboratorio.
- En el diseño del tablero de control se puede destacar la individualidad y protección eléctrica adquirida de los circuitos que controlan cada mesa de trabajo, con esto se consiguió que, durante las prácticas, proyectos o desarrollo

de trabajos de titulación, los estudiantes puedan realizarlos con mayor seguridad contra accidentes eléctricos o sucesos como cortocircuitos provocados en otras mesas de trabajo, evitando así la pérdida de datos e información, así como el daño de los elementos y equipos eléctricos y electrónicos utilizados.

- En el diseño de la acometida, el uso de una caja de derivación de energía fue importante para organizar de mejor manera los conductores R, S Neutro y Tierra que se encuentran instalados en un mismo punto en la antigua acometida, con ello se consigue separar los conductores que alimentan los diferentes circuitos eléctricos de las aulas aledañas y con ello, obtener mayor protección a descargas eléctricas cuando se realice mantenimiento de esta.

## **4.2 Recomendaciones**

- Para la instalación del tablero de distribución es necesario el uso de canaletas para tener los cables debidamente ordenados y evitar deformaciones que pueden ocasionar rupturas, puntos calientes y fallos en la instalación eléctrica.
- Revisar el manual de implementación y mantenimiento antes de comenzar la instalación dentro del tablero de control.
- Realizar un mantenimiento cada seis meses para evitar que el tablero presente fallos o problemas durante alguna práctica de laboratorio.
- Colocar etiquetas en cada elemento, los contactores, conductores e interruptores termomagnéticos, esto permitirá que el operador realice las conexiones de la manera correcta.
- Se recomienda realizar mantenimiento cada seis meses a la acometida y a la caja de revisión para evitar que la instalación eléctrica del tablero se vea afectada durante el uso del laboratorio.
- Una vez realizada la instalación eléctrica, se debe verificar los niveles de voltaje, que los conductores se encuentren en buen estado y que cada sistema de maniobra, visualización y seguridad funcionen correctamente.

## Referencias Bibliográficas

- [1] R. E. Management, «e-Management,» 07 Mayo 2015. [En línea]. Available: <https://e-management.mx/dimensionamiento-optimo-de-los-conductores-electricos/>.
- [2] «Schneider Electric,» 21 Septiembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.se.com/es/es/product/LC1D09P7/contactor-tesys-d---3p%283-na%29---ac-3---%3C%3D-440-v-9-a---230-v-ca-bobina/>.
- [3] «Schneider Electric,» 21 Septiembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.se.com/ar/es/product-range/61148-harmony-xb4---xb5-para-ambientes-hostiles/?parent-subcategory-id=89188>.
- [4] «Schneider Electric,» 21 Septiembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.se.com/mx/es/product/QO240/int.-40-amp.-2-polos/>.
- [5] I. EntrePreneUR, «Entreprene UR,» 27 Enero 2019. [En línea]. Available: <https://www.entrepreneur.com/article/263642>.
- [6] «Eduscol Education,» [En línea]. Available: <https://eduscol.education.fr/sti/files/pedagogiques>. [Último acceso: 10 Julio 2021].
- [7] «ElectroCables,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.electrocable.com/index.php/es/categorias-productos/construccion/cobre/thhn.html>. [Último acceso: 21 Septiembre 2021].
- [8] «Schneider Electric,» [En línea]. Available: <https://www.se.com/mx/es/product/A9F74250/acti9-interruptor-termomagnetico-ic60n-2x50a-curva-c/>. [Último acceso: 22 Julio 2021].
- [9] «Schneider Electric,» [En línea]. Available: <https://www.se.com/cl/es/faqs/FA363567/>. [Último acceso: 21 Septiembre 2021].
- [10] «Siemens,» [En línea]. Available: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/pdf>. [Último acceso: 18 Julio 2021].
- [11] «CirProtec,» Junio 2016. [En línea]. Available: <http://www.cirprotec.com/es/Solutions/Safeground/Importancia-del-sistema-de-puesta-a-tierra>.



- [12] E. Parra, «Bricos,» 25 Octubre 2010. [En línea]. Available: <https://bricos.com/2012/10/tableros-de-distribucion/>.
- [13] TheAlejoVideos, "BORNES QUEMADOS de termomagneticas. ¿POR QUE puede pasar ? - YouTube." [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=ccr9xQv0Qus> (accessed Aug. 15, 2021)
- [14] Electrotec |, " CÓMO SABER SI UN INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO ESTÁ DAÑADO." [En líneas] Available: <https://electrotec.pe/blog/InterruptorTermomagneticoMalogrado> (accessed Aug. 15, 2021).
- [15] Cirris, "Testing Cables with High Voltage." [En línea] Available: <https://www.cirris.com/learning-center/general-testing/high-voltage/31-testing-cables-with-high-voltage> (accessed Aug. 15, 2021).
- [16] GeneratePress, "▶ 3 Razones Por Qué se salta el TACO de la LUZ? 【】 ." [En línea] Available: <https://hagamos.co/por-que-se-salta-un-taco/> (accessed Aug. 15, 2021).
- [17] Navarro, "▶ Falso Contacto Eléctrico, Que es y Como Solucionarlo 【2021】 ." <https://gruponavarro.pe/electricidad-domiciliaria/falso-contacto/> (accessed Sep. 24, 2021)
- [18] Electricaplicada, "Caída de tensión, tabla, Normas, acometidas, alimentadores y ramales." [En línea] Available: <https://www.electricaplicada.com/maxima-caida-de-tension-cables/#comment-2484> (accessed Oct. 24, 2021).
- [19] Meyer S., "Manual del Instalador Electricista.", categoría III, pp. 62-80, May. 2016.

## **ANEXOS**

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



# ESCUELA Politécnica NACIONAL

Campus Politécnico "J. Rubén Orellana R

Quito, 21 de septiembre de 2021

## CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE PROYECTO DE TITULACIÓN

Yo, *Proaño Chamorro Pablo Andrés*, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como director de este trabajo de titulación, certifico que he constatado el correcto diseño del proyecto Diseño de un Tablero de Control para el Laboratorio de Eléctrica y Electrónica-Área de Electrónica de Potencia, el cual fue diseñado por los estudiantes Cotacachi Alexander y Mora Michael.

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

---

**DIRECTOR**

Ing. Pablo Proaño C. Msc.

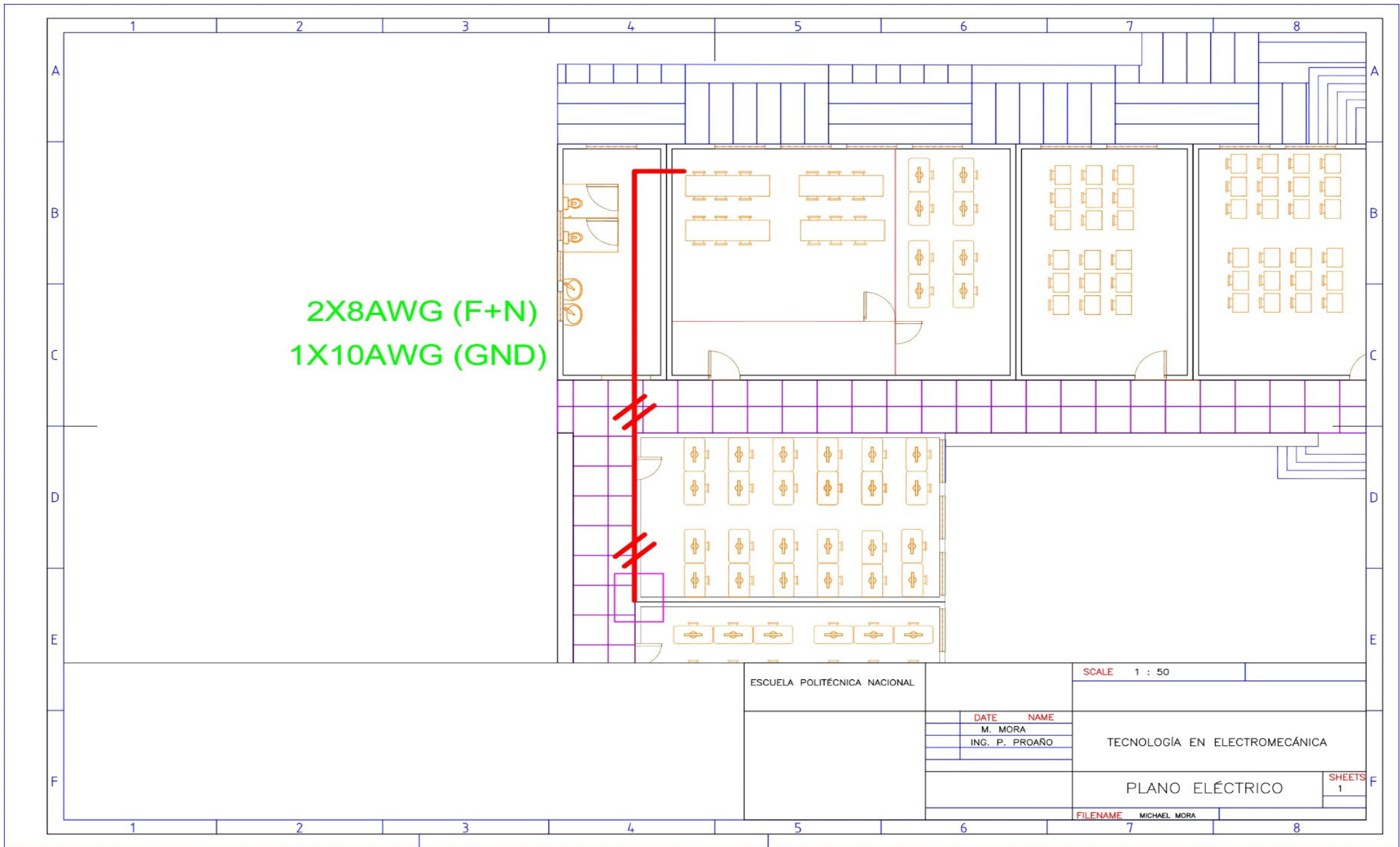
---

Ladrón de Guevara E11-253, Escuela de Formación de Tecnólogos, Oficina 28. EXT:  
2729

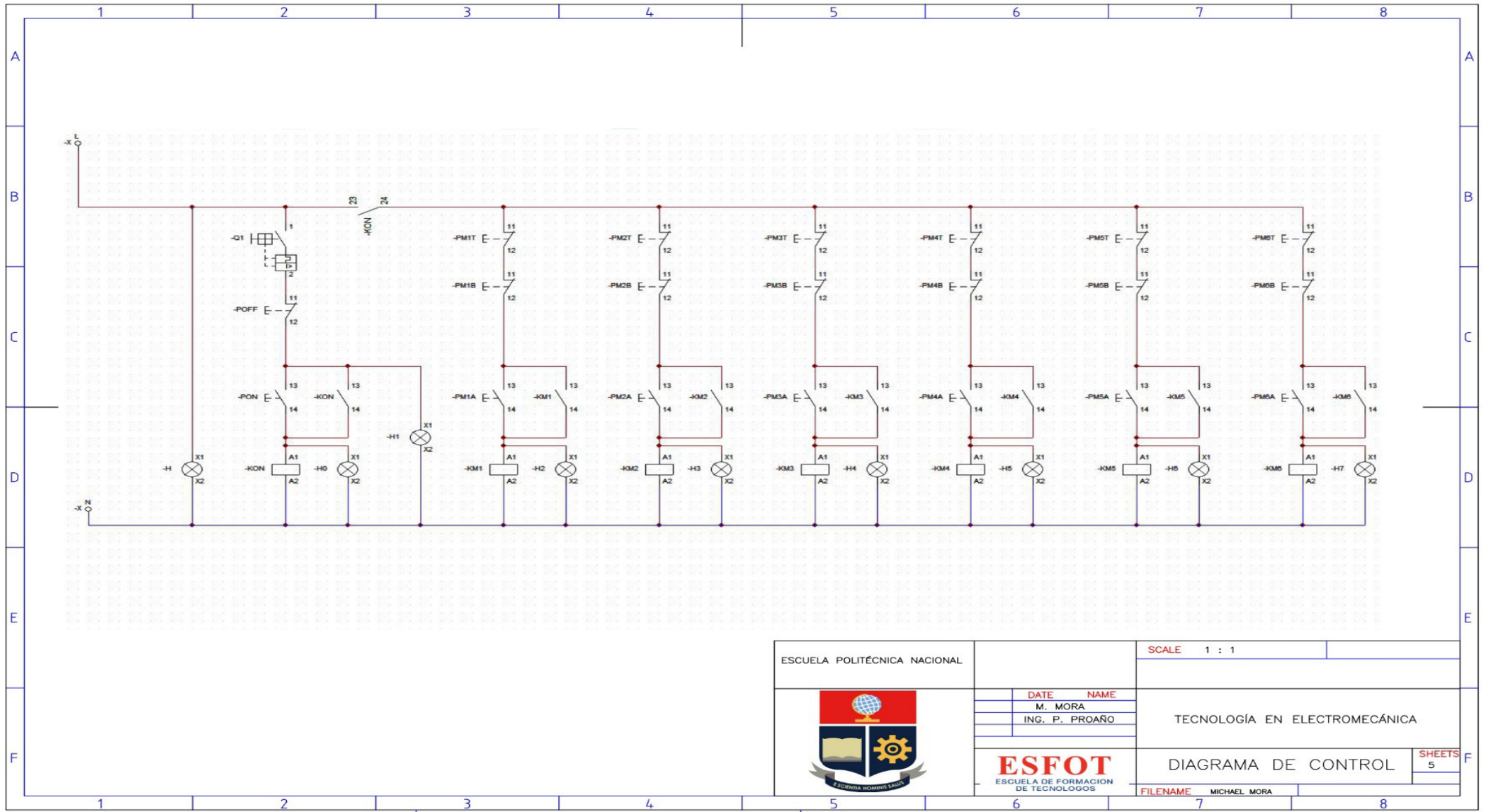
email: pablo.proano@epn.edu.ec

Quito-Ecuador

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



Anexo 2.1 Plano Eléctrico de la Caja de Revisión hacia el Laboratorio.



Anexo 2.2 Diagrama de control del Tablero.