

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DE ALIMENTACIÓN PARA
EL AULA 35 DE LA ESFOT.**

**DIMENSIONAMIENTO E INSTALACIÓN DE ELEMENTOS Y
PROTECCIONES PARA LA ALIMENTACIÓN DE LOS MÓDULOS
DE HIDRÁULICA Y/O NEUMÁTICA DEL AULA 35.**

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

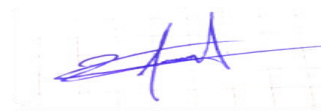
FAUSTO SAMUEL ARROBO HARO

DIRECTOR: CATALINA ELIZABETH ARMAS FREIRE

DMQ, Enero 2022.

CERTIFICACIONES

Yo, FAUSTO SAMUEL ARROBO HARO 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.



FAUSTO SAMUEL ARROBO HARO

fausto.arrobo@epn.edu.ec

samy-arrobo94@hotmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por FAUSTO SAMUEL ARROBO HARO, bajo mi supervisión.



Catalina Elizabeth Armas Freire
DIRECTOR

elizabeth.armas@epn.edu.e

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos 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.

FAUSTO SAMUEL ARROBO HARO

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi familia, quienes siempre estuvieron brindándome su apoyo incondicional y a cada persona que me supo incentivar y ayudar durante cada semestre de esta carrera.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por haberme ayudado en toda la carrera y a mis padres quienes me estrecharon la mano para poder culminar esta carrera, siempre brindándome su apoyo, agradezco por toda su confianza.

Agradezco a mis hermanos, en especial a mi hermana Verónica, quien siempre me brindo su apoyo y siempre me animo a seguir alcanzando metas, es un gran ejemplo para mí.

Agradezco también a la ESFOT y a todos los docentes que me han impartido sus conocimientos, me han dado consejos, brindado su apoyo y predisposición. De manera especial agradezco a mi directora de tesis, Ing. Catalina Armas por sus importantes observaciones y colaboración para la culminación y presentación de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VI
RESUMEN	VIII
ABSTRACT.....	IX
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO	1
1.1 Objetivo general	2
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Alcance	2
1.4 Marco teórico	2
Fundamentación legal.....	3
2 METODOLOGÍA	5
2.1 Descripción de la metodología implementada	5
Dimensionamiento de la carga del tablero de alimentación (módulos de hidráulica y/o neumática).....	5
Cálculo de protecciones y elementos de maniobra.	5
Diseño de los diagramas eléctricos.	5
Ejecución del tablero de alimentación.	6
Pruebas de funcionamiento, seguridad y protección	6
3 RESULTADOS.....	7
3.1 Dimensionamiento del tablero de alimentación	9
Dimensionamiento de dispositivos de maniobra y protección	11
Dimensionamiento del contactor principal.....	12
Dimensionamiento del interruptor termomagnético para el módulo óleo hidráulico e hidráulico.	14
Dimensionamiento del interruptor termomagnético para el módulo de refrigeración.	17
Dimensionamiento del interruptor termomagnético para el módulo de pérdidas de tubería	18

Dimensionamiento del contactor para módulo óleo hidráulico e hidráulico.....	20
Dimensionamiento del contactor para el módulo de refrigeración.....	21
Dimensionamiento del contactor para módulo de pérdidas de tubería	23
Dimensionamiento de la acometida del tablero de alimentación del Aula 35	24
3.2 Diseño de circuito de control y diagramas eléctricos.	26
Diagrama unifilar	26
Diagrama de conexión de la bobina y los contactos de los relés de pérdida de fase	28
Sistema de mando y protección del tablero de alimentación del aula 35.....	28
3.3 Implementación del tablero de alimentación.....	30
Instalación de los elementos dentro del gabinete	31
Instalación de elementos de mando y señalización	33
Cableado y conexiones del tablero.....	35
Etiquetado de conexiones.....	36
Instalación del tablero de alimentación	39
3.4 Pruebas en el tablero de alimentación	40
Prueba de continuidad en el sistema de mando de los módulos de trabajo.	40
Prueba de funcionamiento de los interruptores on-off de los módulos y del tablero general.....	40
Prueba de funcionamiento de los elementos de medición de voltaje y corriente.....	41
Prueba de funcionamiento del sistema de paro de emergencia.....	42
Prueba del sistema de pérdida de fase	42
3.5 Manual de funcionamiento y mantenimiento	44
4 CONCLUSIONES	45
5 RECOMENDACIONES	46
7 ANEXOS.....	48
ANEXO I. Reporte de similitud generado por turnitin.....	48
ANEXO II. Certificado de funcionamiento de trabajo de integración curricular	49
ANEXO III. Diagrama unifilar.....	50
ANEXO IV. Diagrama de mando y fuerza	51
ANEXO V. Diagrama de mando	52
ANEXO VI. Enlace de pruebas de realizadas	53

RESUMEN

El informe expone el diseño, la construcción y ejecución de un tablero de alimentación, ubicado en el aula 35 de la ESFOT.

La sección de introducción explica los motivos por los que fue construido el tablero de alimentación y los sistemas de protección y emergencia que posee. Este apartado, también contiene: el objetivo general, los objetivos específicos, el alcance del componente donde se considera la ejecución del tablero en diferentes fases; y, el marco teórico que presenta lo más relevante relacionado al tema y justifica la validez de lo realizado.

La siguiente sección, presenta la metodología implementada para la construcción del tablero de alimentación. Este apartado, expone desde la fase de dimensionamiento de cargas hasta las pruebas de funcionamiento.

En la tercera sección, se muestra los cálculos elaborados para dimensionar el tablero de alimentación, las ecuaciones implementadas y las normas utilizadas. Además, incluye los distintos diagramas del tablero y detalla la construcción, instalación, pruebas de funcionamiento y seguridad. Así, también detalla el etiquetado de todo el sistema eléctrico del tablero e incluye un manual de funcionamiento para el uso adecuado.

Por último, se muestran las conclusiones y recomendaciones del cumplimiento de los objetivos planteados.

PALABRAS CLAVE: Tablero, Alimentación, Instalación.

ABSTRACT

This inform explains how the design was done, its building and its implement in a electrical feeding board located in classroom 35 of ESFOT.

The introductory section explains reasons it was built, the electrical feeding board, system of protection and its emergency. This pulled apart also contains: Principal aim, specific objectives, component scope where it is considered the board execution in different phases; and theoretical framework which shows the most important related to the topic and it justifies the validity of its work.

The next section shows the methodology used to the construction of electrical feeding board. this pulled apart expose from sizing of charging phase to functioning testing.

The third section shows all calculations done to sizing board, implemented equations and rulers used. Also, it includes different diagrams of the board, and it details its constructions, installation, testing functioning and security. Adding it details all electric system labelled and it includes an operating handbook for its adecuated using.

The last section shows conclusions and recommendations for the right compliance of all objectives raised and the beginning of this work.

KEYWORDS: Board, Power, Installation.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

Se diseñó y construyó un tablero de alimentación para el aula 35, para proteger, energizar y desenergizar a 4 mesas de trabajo, un módulo oleo hidráulico, cuatro módulos para cargas de refrigeración, un módulo de pérdidas de tuberías y cuatro módulos hidráulicos. El tablero consta de elementos de protección y maniobra; cada mesa de trabajo y módulo poseen en sus circuitos interruptores on/off, que junto con los contactores permiten el paso de corriente y voltaje en cada módulo y/o mesa de trabajo.

El tablero tiene implementado un sistema de medición de voltaje y amperaje, el cual contiene tres amperímetros y tres voltímetros conectados a cada una de las fases de alimentación que indican el voltaje y amperaje en cada línea.

El tablero contiene un sistema de pérdida de fase, el cual consta de tres relés de pérdida de fase y tres luces piloto de color rojo, cada bobina del relé va conectada a una fase de la acometida del tablero. En el momento que se pierde una fase en el tablero de alimentación o por motivos que la bobina del relé este defectuosa o por una sobretensión se queme la bobina, se indica mediante las luces de señalización de color rojo la fase con alteración o defecto, una vez encendida la luz de señalización se abre el circuito dejando el tablero inactivo.

El sistema eléctrico del tablero de alimentación contiene un sistema de parada de emergencia, que por norma se ubica en la parte inferior del tablero. Este sistema al momento que se requiera apagar todo el tablero de forma emergente, se presiona el interruptor rojo de paro de emergencia, el cual desactiva todas las funciones del tablero de alimentación, cabe recalcar que esta forma de desconexión es solo para emergencia; para la desconexión del tablero de forma adecuada, se cuenta con un sistema on/off, que está ubicado en la parte superior del tablero y mediante el contactor principal se realiza la apertura y cierre de energía destinados a las mesas de trabajo y a los diferentes módulos.

El tablero cuenta con un sistema de señalización que al momento que se activa, el módulo de trabajo se enciende una luz piloto de color verde. Y si se enciende el breaker principal se activa la luz de color amarillo.

1.1 Objetivo general

Implementar el tablero de alimentación para el Aula 35 de la ESFOT.

1.2 Objetivos específicos

1. Dimensionar la carga del tablero de alimentación (módulos de hidráulica y/o neumática).
2. Diseñar el esquema eléctrico del tablero de alimentación.
3. Armar el tablero de alimentación.
4. Ejecutar pruebas de funcionamiento, protecciones y seguridad.
5. Elaborar un manual de funcionamiento y mantenimiento.

1.3 Alcance

Dentro del alcance de la tesis se considera la ejecución de las diferentes fases:

- ✓ Inspección visual del aula 35 de la ESFOT.
- ✓ Dimensionamiento de equipos de protección para el tablero de alimentación.
- ✓ Elaboración de diagramas eléctricos del tablero de alimentación.
- ✓ Construcción del tablero de alimentación.
- ✓ Análisis de funcionamiento del tablero de alimentación.
- ✓ Elaboración de un manual de la correcta utilización del tablero de Alimentación.

1.4 Marco teórico

Tablero de alimentación

Un tablero de alimentación “es un elemento de la instalación eléctrica que reúne varias funcionalidades según el uso y lugar de la instalación, tales como: la protección de los elementos ubicados en su interior, tanto del polvo, del agua y de los golpes”[1].

Contactador

“El contactor es un dispositivo de conexión y desconexión de circuitos de fuerza, utilizado en prácticamente la totalidad de las instalaciones de automatismos industriales para controlar la apertura o cierre de la alimentación eléctrica”[1].

Interruptor termomagnético

El breaker termomagnético es un instrumento para la protección de corrientes de sobrecarga y cortocircuitos. Ocasiona que se abra automáticamente del circuito en el que está situado. Consta de un dispositivo magnético que opera frente a la corriente de cortocircuito, y un disparador térmico que actúa frente a las corrientes de sobrecarga. [2].

Relé electromagnético.

Los relés electromagnéticos utilizan un campo magnético inducido para resguardar las conexiones sometidas a altos picos de corriente “contra las sobrecargas importantes en los casos en los que, a causa de arranques demasiado frecuentes, variaciones bruscas del par o riesgos de calado, resulte imposible utilizar relés térmicos de biláminas”[3].

Fundamentación legal

Este trabajo se apoya en las siguientes normas generales:

“El Factor de Simultaneidad, expresado en porcentaje, será establecido por el proyectista para cada una de las cargas instaladas, en función de la forma de utilización de aparatos, artefactos, equipos, maquinarias, etc. para una aplicación determinada”[4].

“El calibre del conductor debe soportar por lo menos el 125 % del valor de la corriente de la protección del circuito de acuerdo con la Tabla 1.1. ”[5].

Tabla 1.1. Calibre del conductor [5].

Calibre del conductor					
Calibre del conductor AWG	14	12	10	8	6
Capacidad máxima del interruptor (Amperios)	15/16	20	30/32	40	50

“Los dispositivos de protección contra sobre corrientes (sobrecargas y cortocircuitos) deben ser interruptores termomagnéticos, automáticos, fabricados bajo la Norma IEC 60898-1 que cumplan con el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 091”[5].

Así también el RTE indica el código de colores para los conductores de fase, tierra y neutro. En la Tabla 1.2. se visualiza el código de colores mediante el RTE.

Tabla 1.2. Código de colores [5].

Código de color para cada conductor	
Conductor	Tonalidad
Fase	rojo, negro, café o un color distinto de neutro y tierra
Neutro	Blanco
Tierra	Verde o verde con ribete amarillo

“El método de cálculo de las corrientes de cortocircuito corresponde al definido por la norma IEC 60909: 2001, para el cálculo de corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna”[6].

“La norma IEC 60529 establece cómo clasificar los grados de protección proporcionados por los contenedores que resguardan los materiales eléctricos”[7].

2 METODOLOGÍA

2.1 Descripción de la metodología implementada

El gabinete de alimentación del aula 35 contiene componentes de mando, protección y elementos de medida de voltaje y corriente. Todo el desarrollo implementado se basó en los siguientes métodos: dimensionamiento, cálculo, diseño, montaje y pruebas de funcionamiento.

Dimensionamiento de la carga del tablero de alimentación (módulos de hidráulica y/o neumática).

El dimensionamiento del tablero de alimentación está basado, primero, en el análisis de la demanda máxima de potencia que ocupa el sistema. Segundo, en una suma total de las cargas que se implementan en el tablero.

Para seleccionar los componentes que contiene el tablero de alimentación, se determina la potencia de los módulos (hidráulico, refrigeración, oleo hidráulico, perdidas de tubería) y las mesas de trabajo. La potencia de cada módulo se obtiene por el dato de placa del motor; y la potencia de las mesas de trabajo se obtiene por los cálculos realizados por el estudiante encargado.

Cálculo de protecciones y elementos de maniobra.

Para determinar cada protección en el tablero de alimentación, se calcula la corriente total, se considera un coeficiente de seguridad de 1.15. Para proteger las cargas de todo el sistema, se usó un breaker termomagnético de caja moldeada de 40 (A) marca STROM; para proteger las cargas de los módulos, se usaron 3 interruptores termomagnéticos (10, 20, 32 (A)) y para habilitar o cortar el flujo de corriente de estos, se emplearon 3 contactores de diferente amperaje (10, 20, 32 (A)). Finalmente, se usó un contactor de 40 (A) marca STROM para controlar el flujo de corriente de todo el sistema.

Diseño de los diagramas eléctricos.

Para efectuar los esquemas eléctricos del tablero de alimentación, se usaron los programas CAdE SIMU y AutoCAD. El esquema unifilar se realizó en el programa AutoCAD, donde se especifican las protecciones a utilizar, el número de fases en cada módulo de trabajo, la

corriente de cada módulo y mesas de trabajo. También se visualizan los elementos de maniobra.

En el software CAdE SIMU se diseñó y simuló el diagrama de control y fuerza; en este programa se corrigen los errores del sistema para una adecuada conexión e implementación.

Ejecución del tablero de alimentación.

Para montar el tablero de alimentación, se mide (altura, largo y ancho) y se verifica su correcta posición en la superficie a implementarse. Una vez, realizado este proceso, se instalan los elementos de maniobra, protección y las conexiones internas bajo las diferentes normas de construcción (NEC). Por último, se etiqueta cada conexión, se coloca la señalética en la parte exterior del tablero y se coloca en la pared.

Pruebas de funcionamiento, seguridad y protección

Primero, se realiza un reajuste de todas las conexiones del circuito eléctrico, también se verifica que todos los elementos de maniobra y protección estén completamente ubicados y ajustados.

Segundo, se realiza pruebas de continuidad para verificar si el circuito está abierto o cerrado, pues, solo un circuito cerrado posee continuidad. También, se verifican las tres fases de alimentación que van de la acometida al tablero de alimentación.

Tercero, se energiza el tablero y mediante los medidores de voltaje se verifica que exista una diferencia de potencial en cada línea de alimentación.

Por último, se realizaron pruebas de funcionamiento en el tablero las cuales son:

- ✓ Prueba de continuidad en el sistema de mando de los módulos de trabajo.
- ✓ Prueba de funcionamiento de los interruptores on-off de los módulos y del tablero general
- ✓ Prueba de funcionamiento de los elementos de medición de voltaje y corriente
- ✓ Prueba de funcionamiento del sistema paro de emergencia
- ✓ Prueba del sistema de pérdida de fase.

3 RESULTADOS

El tablero de alimentación desempeña el rol de proteger y alimentar a los módulos y mesas de trabajo, además cuenta con el sistema de pérdida de fase el cual, mediante relés, se monitorea que cada fase trabaje correctamente.

También cuenta con un sistema de parada de emergencia que funciona a través de un interruptor de parada que, al presionarlo, todas las acciones que esté cumpliendo el tablero en ese momento se deshabilitan de forma inmediata.

Los elementos de maniobra que posee el tablero funcionan correctamente, puesto que, energizan o des energizan los módulos y las mesas de trabajo de forma eficaz. En la Figura 3.1. se muestra el tablero de alimentación.

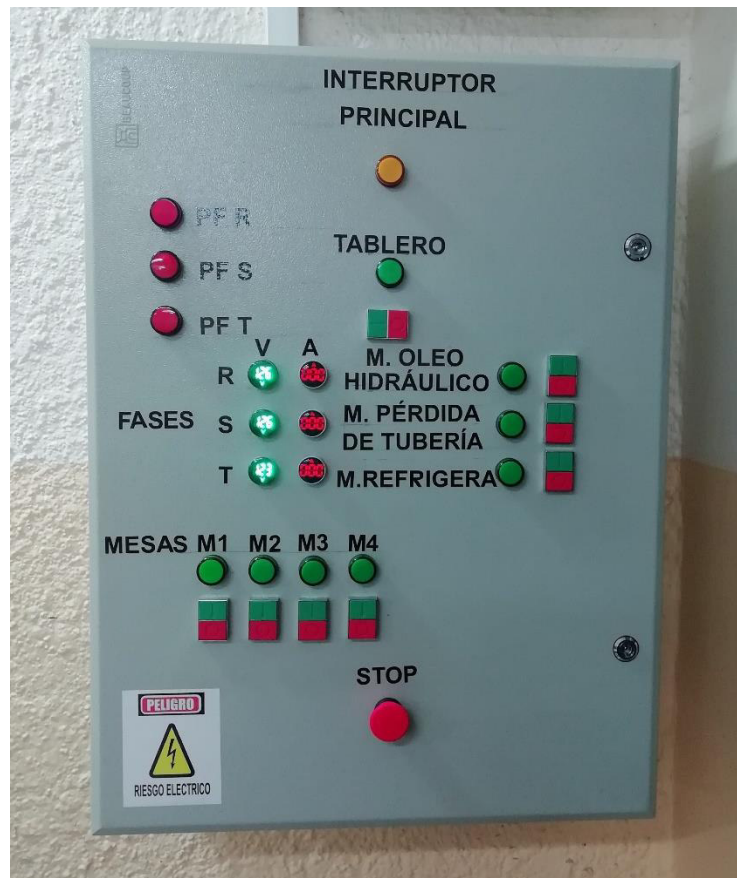


Figura 3.1. Tablero implementado

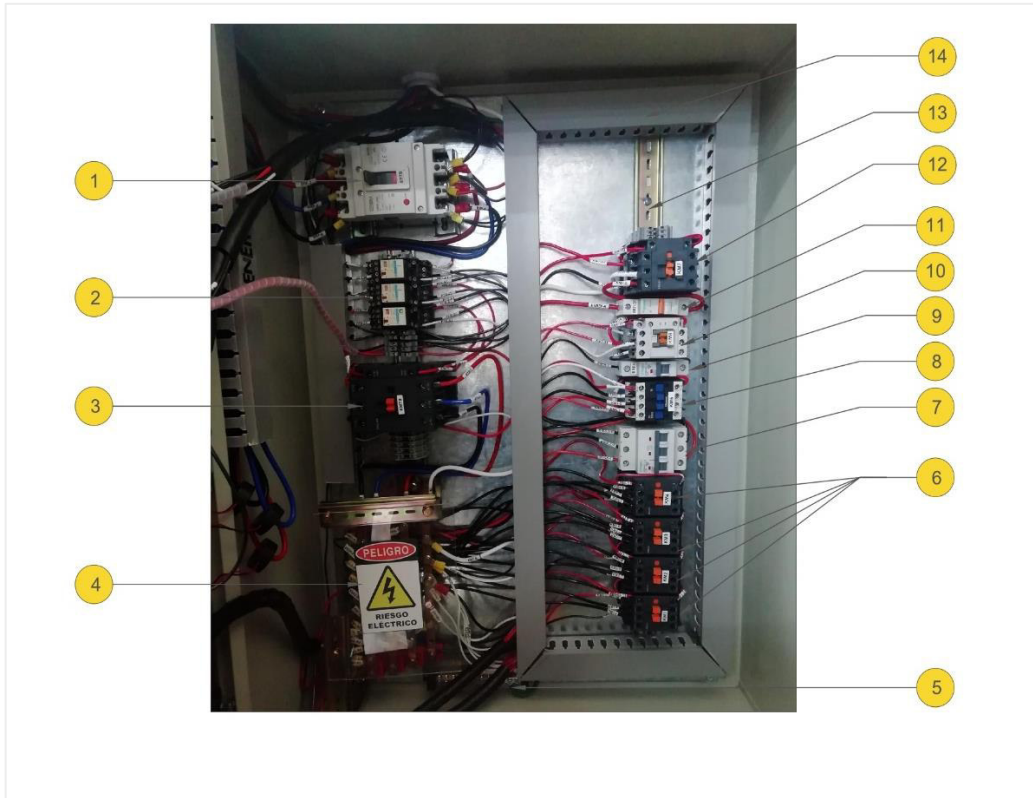


Figura 3.2. Elementos en el interior del tablero de alimentación.

1. Interruptor termomagnético de caja moldeada de 40 A.
2. Relés electromagnéticos.
3. Contactor principal de 40 A.
4. Barras de potencia.
5. Bornera para la línea de tierra.
6. Contactores para las mesas de trabajo 12 A.
7. Interruptor termomagnético para los módulos óleo hidráulico e hidráulico de 20 A.
8. Contactor para el módulo óleo hidráulico de 20 A.
9. Interruptor termomagnético para el módulo de pérdidas de tubería de 10 A.
10. Contactor para el módulo de pérdidas de tubería de 10 A.
11. Interruptor termomagnético para el módulo de refrigeración de 32 A.
12. Contactor para el módulo de refrigeración de 32 A.
13. Riel din.
14. Canaletas ranuradas.

3.1 Dimensionamiento del tablero de alimentación

Para dimensionar el tablero de alimentación, se calcula la potencia total de las mesas trabajo y de los módulos. La potencia de las mesas lo realiza el estudiante encargado, por lo que se obtiene:

Tabla 3.1 Potencia total consumida por las mesas de trabajo

Cantidad	Potencia por mesa (W)
1	1732

Teniendo en cuenta que son 4 mesas de trabajo, se calculó la potencia total mediante la siguiente fórmula:

$$Ptme = Pme \times N^{\circ} me$$

Ecuación 3.1. Potencia general mesas

Donde:

- Ptme : Potencia total mesas de trabajo.
- Pme : Potencia de cada mesa de trabajo 1732 (W).
- N.º me : Número de mesas de trabajo 4.

De acuerdo con la Ecuación 3.1. se consigue:

$$Ptme = 6928(W).$$

Posteriormente, se calculó la potencia de los módulos (hidráulico, pérdidas de tubería, refrigeración, oleo hidráulico), para esto se verificó la placa de cada motor.

En la tabla 3.2. se visualiza la potencia de cada módulo.

Tabla 3.2. Potencia de los módulos a implementarse

Potencia de cada módulo		
Módulo	Potencia (W)	Potencia (hp)
Hidráulico	55	0.07
Refrigeración	745.7	1
Pérdidas de tubería	800	1.07
Óleo hidráulico	2200	2.95

En base a las potencias de las mesas de trabajo y a los módulos, se efectúa el cálculo de la potencia total del tablero de alimentación. En la Tabla 3.3. se visualizan los cálculos.

Tabla 3.3. Potencia total del tablero de alimentación.

Descripción	Cantidad	Potencia (hp)	Potencia (W)	Potencia total (W)
Módulo óleo hidráulico	1	2.95	2200	2200
Equipos de refrigeración	4	1	745.7	2982.8
Potencia total mesas (W)	4	2.32	1732	6928
Módulo de pérdidas en tubería	1	1.07	800	800
Módulo hidráulico	4	0.073	55	220
Potencia total consumida				13130.8

La potencia total del tablero se multiplica por el coeficiente de simultaneidad.

$$Ptcl = Pt \times FS_n$$

Ecuación 3.2. Carga general del tablero de alimentación

Donde:

Pt : Potencia general del tablero 13130.8 (W)

FS_n : Coeficiente de simultaneidad 0.95.

Ptcl : Potencia total calculada

De acuerdo con la Ecuación 3.2. se consigue:

$$Ptcl = 12474.26 \text{ (W)}$$

En base a la potencia calculada (P_{tc}), se consigue la corriente del sistema, mediante la ecuación de la potencia general trifásica.

$$P_{tc} = V \times I_c \times f_p \times \sqrt{3}$$

Ecuación 3.3. Potencia general trifásica

Donde:

- P_{tc} : Potencia total calculada 12474.26 (W)
- V : Voltaje 220 (V) entre líneas.
- f_p : Coeficiente de potencia 0.85
- I_c : Corriente del sistema

De acuerdo con la Ecuación 3.3. se consigue:

$$I_c = 38.51 (A)$$

Dimensionamiento de dispositivos de maniobra y protección

Para el cálculo del dispositivo termomagnético principal, se multiplica la corriente del sistema, por el coeficiente de seguridad.

$$I_{brp} = I \times f_s$$

Ecuación 3.4. Corriente del dispositivo termomagnético principal.

Donde:

- I_{brp} : Corriente de la llave termomagnética principal.
- I : Corriente total del tablero de alimentación 38.51 (A)
- f_s : Coeficiente de seguridad 1.15.

De acuerdo con la Ecuación 3.4. se consigue:

$$I_{brp} = 44.29 (A)$$

Por los cálculos desarrollados y la disposición máxima de corriente del tablero principal auxiliar (TPA), se escogió un interruptor termomagnético de caja moldeada de 40 (A).



Figura 3.3. Dispositivo termomagnético de caja moldeada de 40 (A) marca STROM.

Dimensionamiento del contactor principal

Primero, se debe tomar en cuenta el tipo de carga con la que trabaja el contactor, para seleccionar la categoría de servicio. Este elemento trabaja con motores asíncronos de jaula de ardilla, por lo tanto, se escogió un contactor de categoría de servicio AC3.

Tabla 3.4. Categoría de contactores [8].

Categoría	Carga implementada	Aplicación
AC-1	Cargas resistivas.	Calefactores
AC-2	Motores de anillos con inversión de giro.	Desfibradoras
AC-3	Motores asíncronos de jaula de ardilla.	Bombas, mezcladoras
AC-4	Motores asíncronos de inversión de marcha.	Moledoras, extrusoras

Segundo, se debe analizar las curvas de corriente versus tiempo del contactor AC3 para verificar que soporta los picos de arranque de los motores a implementarse.

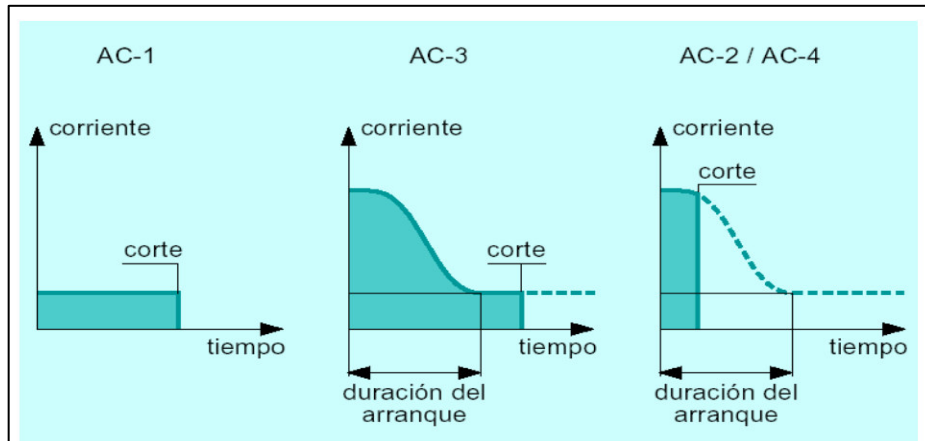


Figura 3.4. Curvas de corriente vs tiempo según la categoría del contactor [9].

Finalmente se calcula la corriente del contactor principal, esto se realiza en base a la Ecuación 3.5. El valor de potencia máxima del contactor (P_t) es igual a la potencia total consumida de todo el tablero de alimentación. Este dato se encuentra en la Tabla 3.3.

$$P_t = \sqrt{3} \times V \times I_{nom} \times f_p$$

Ecuación 3.5. Cálculo de corriente del contactor principal.

Donde:

- P_t : Potencia total del contactor principal 13130.8 (W)
- V : Voltaje entre líneas 220 (V)
- f_p : Coeficiente de potencia 0.85.
- I_{nom} : Corriente nominal

De acuerdo con la Ecuación 3.5. se obtiene:

$$I_{nominal} = 40.54 (A)$$

Empleando un coeficiente de seguridad de 1.15 se obtiene:

$$I = 46.61 (A)$$

En base a los cálculos desarrollados y la disposición máxima de corriente del tablero principal auxiliar (TPA) del laboratorio se escogió un contactor de 40 (A) marca STROM con una categoría de servicio AC3. La Figura 3.5. muestra el contactor elegido.



Figura 3.5. Contactor principal marca STROM categoría AC3.

Dimensionamiento del interruptor termomagnético para el módulo óleo hidráulico e hidráulico.

Para dimensionar el interruptor termomagnético del módulo óleo hidráulico, primero se selecciona el tipo de curva de disparo con la que va a trabajar. La Tabla 3.5. muestra las características de la curva de disparo del interruptor termomagnético.

Tabla 3.5. Curvas de disparo [10].

Curvas de disparo			
Tipo de curva	Corriente de disparo (I_n)	Corriente de cortocircuito (I_m)	Aplicaciones
B	entre 2,6 y 3,85 I_n	(I_m entre 3.1 y 5.5 I_m o 3,3 y 4,85 I_m)	Protección de instalaciones eléctricas domiciliarias
C	entre 3,85 y 8,8 I_n	(I_m entre 5.1 y 10.5 I_m o 7.3 y 10.5 I_m)	Protección para intensidades elevadas de corriente de arranque de motores.
D	entre 8,8 y 12,5 I_n	(I_m entre 10.2 y 14.5 I_m)	Aparatos con enérgicos impulsos de corriente transformadores, motores con resistencias estáticas.

Debido a que el interruptor termomagnético trabaja con motores, se selecciona el tipo de curva C. A continuación, se calcula la corriente del interruptor termomagnético en base a los datos de placa de los motores, los cuales se detallan en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6. Datos del motor óleo hidráulico e hidráulico

Datos de placa del módulo oleo hidráulico e hidráulico		
Datos	Valor	Símbolo
Potencia módulo óleo hidráulico (P)	2200	W
Potencia módulo hidráulico (Ph)	220	W
Voltaje módulo óleo hidráulico (V)	220	V
Voltaje módulo hidráulico (Vh)	120	V
Factor de potencia (fp)	0.85	

Utilizando la Ecuación 3.6. se calcula la corriente del interruptor óleo hidráulico (I_{brm}).

$$I_{brm} = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times fp}$$

Ecuación 3.6. Cálculo de la corriente del módulo óleo hidráulico.

De acuerdo con la Ecuación 3.6. se obtiene:

$$I_{brm} = 6.79 \text{ (A)}$$

Por último, se multiplica la corriente del interruptor por un coeficiente de seguridad de 1.5, se multiplica por este factor ya que el motor posee una corriente de arranque elevada. Con este cálculo se obtiene la corriente sobredimensionada (I_{brmd}).

$$I_{brmd} = 10.19 \text{ (A)}$$

Para el cálculo de la corriente del módulo hidráulico se calcula su corriente por medio de la Ecuación 3.7.

$$P = I \times fp \times V$$

Ecuación 3.7. Ecuación de la potencia monofásica

En base a la ecuación de la potencia monofásica se calcula la corriente del módulo hidráulico.

$$I_{mh} = \frac{P_h}{V_h \times f_p}$$

Ecuación 3.8. Cálculo de la corriente del módulo hidráulico

Donde

- I_{mh} : Corriente del módulo hidráulico
- P_h : Potencia del módulo hidráulico 220 (W)
- V_h : Voltaje 120 (V)
- f_p : Coeficiente de potencia (0.85)

De acuerdo con la Ecuación 3.8. se obtiene:

$$I_{mh} = 2.15 \text{ (A)}$$

Por último, se multiplica la corriente (I_{mh}) por el coeficiente de seguridad de 1.15. Con este cálculo se obtiene la corriente sobredimensionada del módulo hidráulico (I_{brh}).

$$I_{brh} = 2.47 \text{ (A)}$$

Una vez obtenido cada valor de corriente sobredimensionada de cada módulo se realiza la suma de los dos valores obteniendo así la corriente total (I_t).

$$I_t = 12.66 \text{ (A)}$$

En base al cálculo obtenido y que el motor óleo hidráulico posee una corriente de arranque muy elevada se seleccionó, un interruptor termomagnético de 20 (A) con una curva de disparo C.



Figura 3.6. Interruptor termomagnético curva C de 20 (A).

Dimensionamiento del interruptor termomagnético para el módulo de refrigeración.

El interruptor termomagnético del módulo de refrigeración trabaja con motores, por lo que el tipo de curva de disparo es categoría C, de acuerdo con la Tabla 3.5.

Para el cálculo de la corriente se usaron los datos de placa del motor que se muestran en la Tabla 3.7. y la ecuación de la potencia monofásica.

Tabla 3.7 Datos del motor de refrigeración

Datos de placa del módulo de refrigeración		
Datos	Valor	Símbolo
Potencia (P)	745.7	(W)
Voltaje (V)	120	(V)
Factor de potencia (fp)	0.85	

$$P=V \times I \times fp$$

Ecuación 3.9. Potencia monofásica.

En base a la Ecuación 3.9. se calcula la corriente del módulo de refrigeración.

$$Imre = \frac{P}{V \times fp}$$

Ecuación 3.10. Cálculo de la corriente del módulo de refrigeración.

Donde

Imre : Corriente del módulo de refrigeración

De acuerdo con la Ecuación 3.10. se obtiene:

$$Imre = 7.31 \text{ (A)}$$

El valor de corriente (Imre) se multiplica por el número de módulos de refrigeración, para calcular la corriente total del sistema de refrigeración.

$$Itsr = Imre \times N^{\circ} \text{ de módulos}$$

Ecuación 3.11. Cálculo de la corriente total de los módulos de refrigeración.

Donde:

Nº de módulos : 4

Its_r : Corriente total de los módulos de refrigeración.

De acuerdo con la Ecuación 3.11. se obtiene:

$$I_{tsr}=29.24 \text{ (A)}$$

Por último, se multiplica el valor (I_{tsr}) por el coeficiente de seguridad de 1.15 para obtener la corriente sobredimensionada (I_{sbf}).

$$I_{sbf}=33.62 \text{ (A)}$$

Por lo tanto, se escogió un interruptor termomagnético de 32 (A) curva C.



Figura 3.7. Interruptor termomagnético de 32 (A) curva C.

Dimensionamiento del interruptor termomagnético para el módulo de pérdidas de tubería

El módulo de pérdidas de tubería trabaja con un motor, por lo tanto, el interruptor termomagnético es de categoría C de acuerdo con la Tabla 3.5.

En la Tabla 3.8 se muestra la potencia del motor de pérdidas de tubería.

Tabla 3.8. Cálculo de la potencia total.

Cálculo de potencia total			
Módulo	Potencia (W)	N.º de módulos	Potencia total (W)
Pérdidas de tubería	800	1	800

Por medio de la Tabla 3.8. y la Ecuación 3.12. Se calcula la corriente total.

$$I_{nm} = \frac{P}{V \times fp}$$

Ecuación 3.12. Cálculo de la corriente total.

Datos

- V : Voltaje 120 (V)
- fp : Factor de potencia 0.85
- I_{nm} : Corriente total
- P : Potencia 800 (W)

De acuerdo con la Ecuación 3.12. se obtiene:

$$I_{nm} = 7.84 \text{ (A)}$$

Por último, se multiplica la corriente del sistema (I_{nm}) por el coeficiente de seguridad de 1.15 para obtener la corriente sobredimensionada (I_{srmo}).

$$I_{srmo} = 9.01 \text{ (A)}$$

Por lo tanto, se escogió un interruptor termomagnético de 10 (A) curva C.



Figura 3.8. Interruptor termomagnético de 10 (A) curva C.

Dimensionamiento del contactor para módulo óleo hidráulico e hidráulico

La categoría de servicio del contactor para los módulos óleo hidráulico e hidráulico es AC3 en base a la Tabla 3.4., debido a que trabaja con motores.

En base a los datos de placa de los motores óleo hidráulico e hidráulico y la implementación de la Ecuación 3.13. y la Ecuación 3.14. se calcula el valor de corriente de cada módulo.

$$P_c = \sqrt{3} \times f_p \times I_n \times V$$

Ecuación 3.13. Cálculo del corriente módulo óleo hidráulico

Datos

V	: Voltaje 220 (V)
f _p	: Factor de potencia 0.85
I _n	: Corriente del módulo
P _c	: Potencia 2200 (W)

De acuerdo con la Ecuación 3.13. se obtiene:

$$I_n = 6.79 \text{ (A)}$$

Se multiplica la corriente del módulo (I_n) por un el coeficiente de seguridad de (1.5) ya que la corriente de arranque del motor es elevada y se obtiene la corriente sobredimensionada (I_{sbc}).

$$I_{sbc} = 10.19 \text{ (A)}$$

Para el cálculo de la corriente para el módulo hidráulico se utiliza la Ecuación 3.14.

$$I_{mh} = \frac{P}{V \times f_p}$$

Ecuación 3.14. Cálculo del corriente módulo hidráulico

Datos

V	: Voltaje 120 (V)
f _p	: Factor de potencia 0.85
I _{mh}	: Corriente del módulo
P	: Potencia 220 (W)

De acuerdo con la Ecuación 3.14. se obtiene:

$$I_{mh} = 2.15 \text{ (A)}$$

Se multiplica la corriente del módulo (I_{mh}) por el coeficiente de seguridad de (1.15) para obtener la corriente sobredimensionada (I_{smh}).

$$I_{smh} = 2.47 \text{ (A)}$$

Una vez obtenido cada valor de corriente sobredimensionada se realiza la suma de los dos valores de corriente, obteniendo así la corriente total (I_t).

$$I_t = 12.66 \text{ (A)}$$

Por lo tanto, en base a la corriente total y a que el módulo óleo hidráulico posee corrientes de arranque elevadas se usó un contactor de 20 (A) categoría AC3.



Figura 3. 9. Contactor de 20 (A) categoría AC3

Dimensionamiento del contactor para el módulo de refrigeración.

La categoría de servicio del contactor es AC3 debido a que trabaja con motores. Estos datos se especifican en la Tabla 3.4.

Utilizando la Ecuación 3.15. y los datos de placa del motor de refrigeración, se calcula el valor de la corriente nominal para el contactor.

$$P_c = V \times I_n \times f_p$$

Ecuación 3.15. Cálculo de la corriente del contactor

Donde:

- V : Voltaje 120 (V)
- f_p : Factor de potencia 0.85
- I_n : Corriente del contactor
- P_c : Potencia 745.7 (W)

De acuerdo con la Ecuación 3.15. se logra:

$$I_n = 7.31 \text{ (A)}$$

La corriente (I_n) se multiplica por el número de módulos de refrigeración, para calcular la corriente total del sistema de refrigeración.

$$I_{nref} = I_n \times N^{\circ} \text{ módulos}$$

Ecuación 3.16. Cálculo de la corriente total del módulo de refrigeración

Donde:

- N° de módulos : 4
- I_{nref} : Cálculo de la corriente total del módulo de refrigeración
- I_n : Corriente del contactor

En base a la Ecuación 3.16. se obtiene:

$$I_{nref} = 29.24 \text{ (A)}$$

Por último, se multiplica el valor obtenido (I_{nref}) por el coeficiente de seguridad de 1.15 para obtener la corriente sobredimensionada (I_{cf}).

$$I_{cf} = 33.62 \text{ (A)}$$

Por lo tanto, se escoge un contactor de 32 (A) categoría AC3.

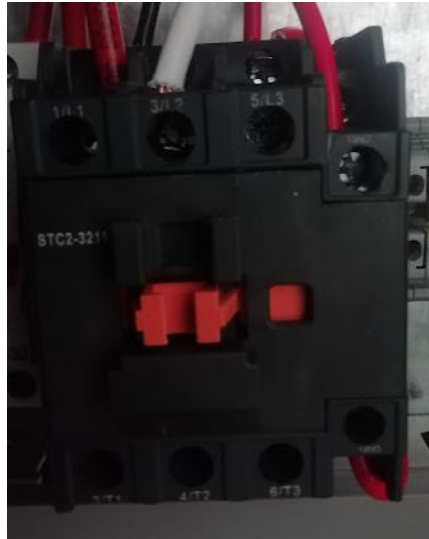


Figura 3.10. Contactor principal categoría AC3 de 32 (A).

Dimensionamiento del contactor para módulo de pérdidas de tubería

La categoría de servicio del contactor es AC3 debido a que trabaja con un motor. Estos datos se especifican en la Tabla 3.4.

Utilizando la Ecuación 3.17. y los datos de placa del motor los cuales se especifican en la Tabla 3.8., se calcula el valor de la corriente nominal para el contactor.

$$P_m = V \times I_m \times f_p$$

Ecuación 3.17. Cálculo de la corriente

Donde:

- V : Voltaje 120 (V)
- f_p : Factor de potencia 0.85
- I_m : Corriente del contactor
- P_m : Potencia 800 (W)

De acuerdo con la Ecuación 3.17. se obtiene:

$$I_m = 7.84 \text{ (A)}$$

Por último, se multiplica el valor obtenido (I_m) por el coeficiente de seguridad de 1.15 para obtener la corriente sobredimensionada (I_{cmp}).

$$I_{cmp} = 9.01 \text{ (A)}$$

Por lo tanto, se escogió un contactor de 10 (A) categoría AC3.

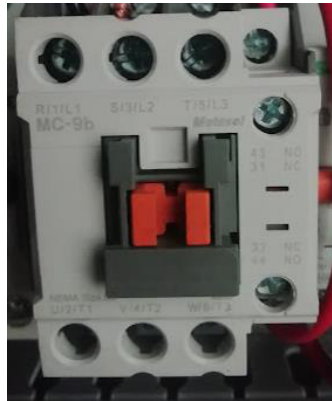


Figura 3.11. Contactor AC3 de 10 (A).

Dimensionamiento de la acometida del tablero de alimentación del Aula 35

La conexión de acometida del tablero de alimentación parte desde el tablero principal auxiliar (TPA), hasta el tablero de alimentación (TA). El recorrido del cable en este trayecto es de 17 (m). En la Figura 3.12. se muestra el recorrido del cable.

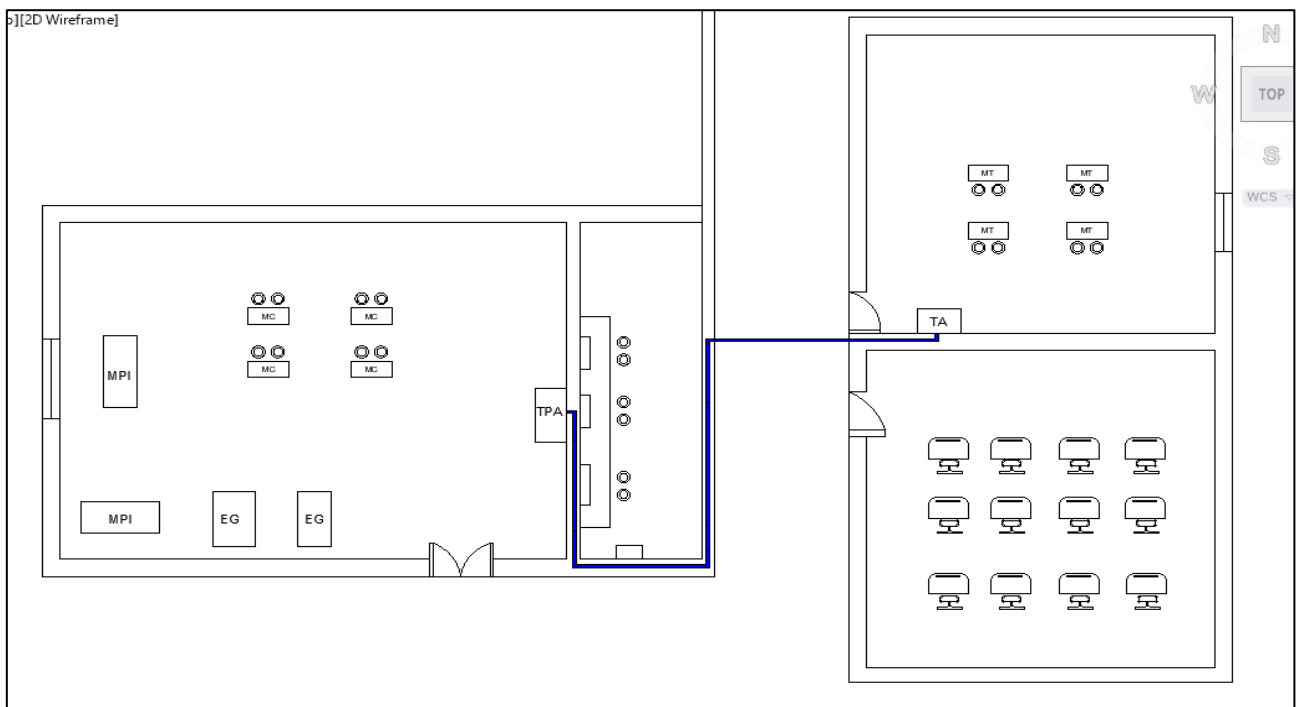


Figura 3.12. Acometida de alimentación

Se utilizó el método de elección del conductor para sub alimentadores para establecer el calibre del conductor

$$S = \frac{(\sqrt{3})(\#c)(\rho)(L)(I)(fp)}{u}$$

Ecuación 3.18 Elección de calibre para sub-alimentadores [11].

Donde:

S	:	Calibre del conductor (mm ²)
fp	:	0.85 coeficiente de potencia
ρ	:	Resistencia específica del conductor 0.018 (Ω mm ² /m)
I	:	Corriente total del tablero de alimentación 38.51 (A)
L	:	Extensión de cable 17 (m)
u	:	Caída de voltaje máxima aceptable (V)
c	:	Conductores 3 para las fases
fct	:	3%
V	:	Tensión 220 (V)

$$u = V \times fct$$

Ecuación 3.19. Caída de voltaje máximo aceptable.

De acuerdo con la Ecuación 3.19. se consigue:

$$u = 6.7(V)$$

En base a la Ecuación 3.18. y al cálculo de la ecuación 3.19 se consigue:

$$S = 7.88 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Una vez calculada la sección del conductor y mediante el uso de la tabla de calibres de la marca Superflex de la Figura 3.13., se determina que el valor del calibre del conductor de la acometida es de 8 AWG, con una corriente de conducción de 66 (A) en ambiente seco y una capacidad de conducción en ducto enterrado de 64 (A).

CALIBRE	SECCIÓN NOMINAL	DIÁMETRO DEL CONDUCTOR APROX.	ESPESOR AISLACIÓN	DIÁMETRO EXTERIOR APROX.	PESO TOTAL APROX.	RESISTENCIA MÁX. A 20°C CC	CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN		
							DUCTO ENTERRADO (1)	DIRECT. ENTERRADO (2)	AIRE LIBRE (3)
AWG o kcmil	mm ²	mm	mm	mm	kg/km	ohm/km	A	A	A
SUPERFLEX MONOCONDUCTOR VERSIONES ESTANDAR Y TC-CALIBRES AWG/kcmil									
8	8,37	3,8	0,7	8,5	142	2,1400	64	108	66
6	13,30	4,7	0,7	9,4	195	1,3700	85	139	89
4	21,20	6,0	0,9	11,1	287	0,8620	111	180	117
2	33,60	7,7	0,9	13,0	433	0,5440	146	231	158
1/0	53,50	9,4	1,0	14,9	598	0,3440	193	297	214
2/0	67,40	10,7	1,1	16,5	745	0,2730	220	337	247
3/0	85,00	11,7	1,1	17,7	849	0,2170	252	384	287
4/0	107,00	12,9	1,2	20,3	1220	0,1720	290	434	335
250	127,00	13,8	1,2	21,3	1340	0,1460	319	472	374
350	177,00	17,4	1,6	24,9	1834	0,1050	387	569	464
500	253,00	20,8	1,7	28,9	2499	0,0735	471	690	580
750	308,00	25,2	2,0	34,5	3683	0,0495	585	847	747

Figura 3.13. Superflex mono conductor versión estándar [12].

Se debe tener en cuenta que son 5 los conductores (3 fases, neutro y tierra) que van desde el tablero principal auxiliar (TPA) al tablero de alimentación del aula 35, como la longitud de cada conductor es de 17 (m), se usaron 85 m de cable AWG 8: 17 (m) por cada fase (rojo, azul, negro), 17 (m) de cable para neutro (blanco) y 17 (m) de cable de tierra (verde).

3.2 Diseño de circuito de control y diagramas eléctricos.

Diagrama unifilar

En el diagrama unifilar se visualiza todas las conexiones que van desde el tablero principal auxiliar (TPA) hasta los elementos de maniobra del tablero de alimentación. Además, se identifican los dispositivos de protección y maniobra implementados con su respectivo amperaje. Se observan los elementos indicadores de voltaje y corriente, así como las fases que ocupa cada contactor y cada disyuntor. En el diagrama también se especifica la potencia y voltaje del tablero principal auxiliar (TPA).

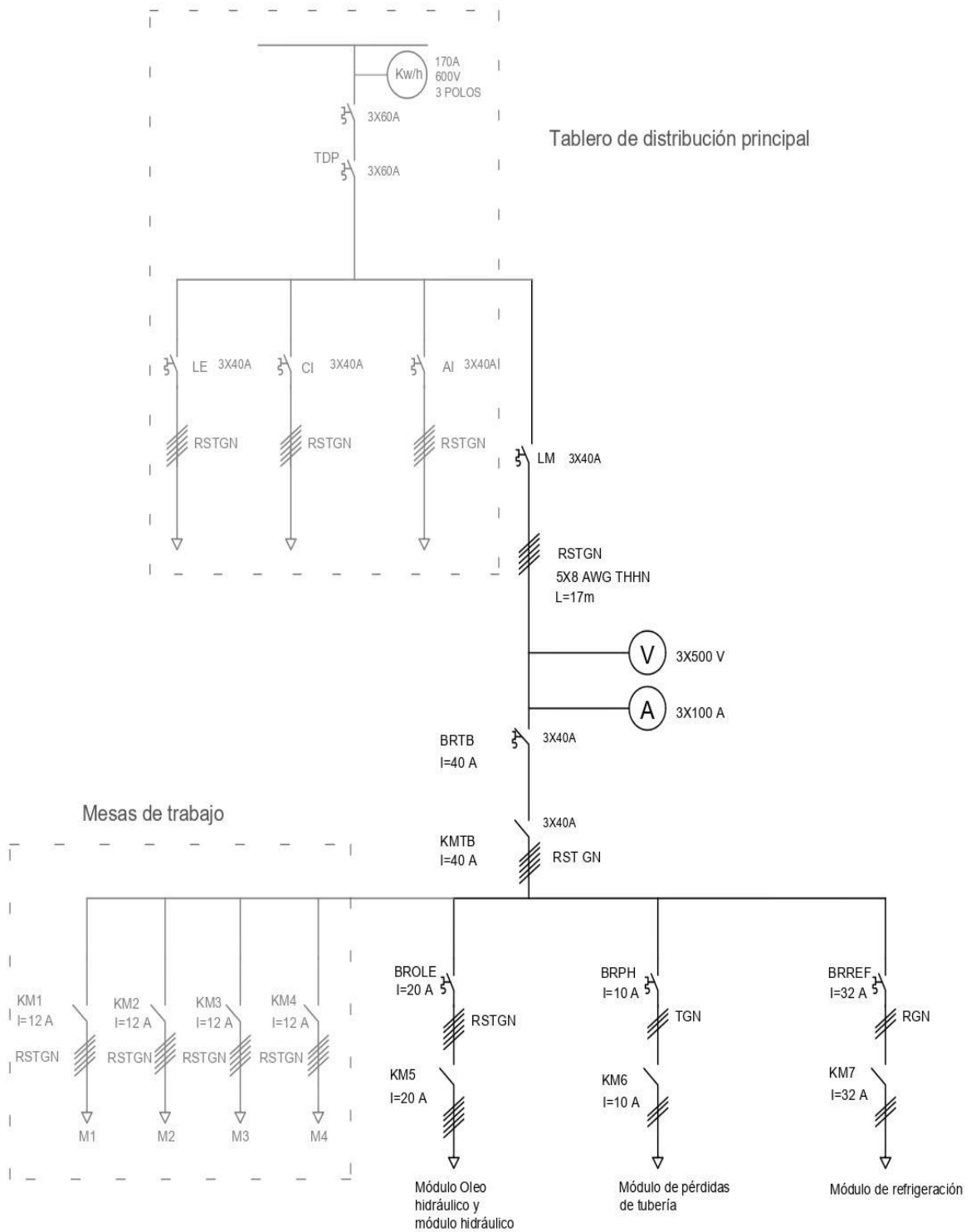


Figura 3.14. Esquema unifilar del tablero de alimentación

Diagrama de conexión de la bobina y los contactos de los relés de pérdida de fase

La función de los relés es detectar si ocurre alguna falla en cualquier fase del tablero de alimentación, en el momento que ocurre este percance la luz piloto de color rojo se activa indicando la fase con defecto. Por esta razón, se insertaron tres relés de pérdida de fase en el tablero de alimentación. La Figura 3.15 muestra la conexión de cada relé.

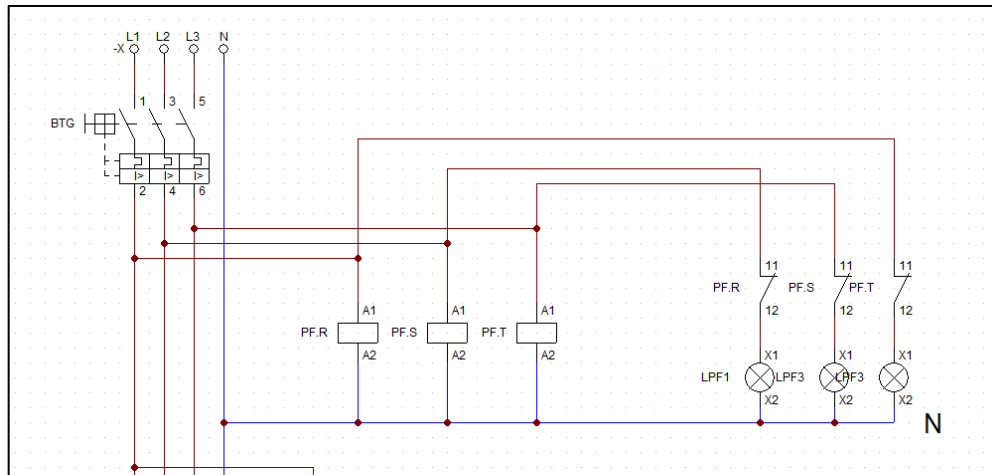


Figura 3.15. Conexión de relés de pérdida de fase.

Como se visualiza en la Figura 3.15. cada bobina del relé está conectado a una diferente fase, los contactos abiertos del relé son (14, 24, 34, 44) y los contactos cerrados del relé son (12, 22, 32, 42). En los contactos normalmente cerrados se conectan las luces piloto de color rojo.

Sistema de mando y protección del tablero de alimentación del aula 35.

Para cada módulo, se implementó un sistema de mando, el cual, se basa en el uso de interruptores on-off que, mediante contactores, permiten la apertura y cierre de energía de cada módulo de trabajo.

Para el sistema de mando se usó 4 interruptores on-off, 4 luces indicadoras de color verde y 4 contactores de diferente rango de corriente. Para el sistema de protección se utilizaron 4 interruptores termomagnéticos con diferente rango de corriente, 3 relés de pérdida de fase, una luz indicadora amarilla y 3 luces piloto de color rojo.

Las conexiones para los elementos de mando se realizaron con base en el diagrama de mando y fuerza que se visualiza en el anexo IV.

En la Tabla 3.9. se visualiza la nomenclatura de los instrumentos de mando y protección implementados en el tablero de alimentación.

Tabla 3.9 Nomenclatura de instrumentos de mando y protección [13].

Dispositivo	Definición	Nomenclatura
Interruptor termomagnético	Módulo óleo hidráulico e hidráulico	BROL
	Módulo pérdidas de tubería	BRPH
	Módulo de refrigeración	BRREF
Contactor	Principal	KMTB
	Contactores de módulos	KM5-KM7
Luces de señalización	Luz roja fase R	LRPFR
	Luz roja fase S	LRPFS
	Luz roja fase T	LRPFT
	Luz amarilla del tablero	LATBL
	Luz verde del tablero	LVTBL
Relés por fase	Relé fase R	PF.R
	Relé fase S	PF.S
	Relé fase T	PF.T
Pulsadores	Pulsador de PE	PEMG
	Pulsador cerrado del tablero	OFFTB
	Pulsador abierto del tablero	ONTB

En la siguiente tabla se muestra la nomenclatura de los contactores, interruptores on-off y luces piloto para los módulos implementados.

Tabla 3.10 Nomenclatura de instrumentos de mando y señalización.

# Módulo	Contactor	interruptor on	Interruptor off	Luces
Módulo óleo hidráulico y módulo hidráulico	KM5	ONMO5	OFFMO5	LVOLE
Módulo pérdidas de tubería y	KM6	ONMO6	OFFMO6	LVPH
Módulos de refrigeración	KM7	ONMO7	OFFMO7	LVREF

3.3 Implementación del tablero de alimentación

Para la selección del tablero de alimentación, se analiza cuantos elementos van a implementarse en él. Por lo tanto, se adquieren los elementos de mando y protección con la finalidad de conocer las medidas exactas del tablero a utilizar. Para este propósito, se utilizó un tablero de 80 x 60 x 30 (cm), el cual se rige a la norma IEC 60529 que enfatiza sobre grados de Protección IP que deben tener los contenedores de productos eléctricos[7]. La Tabla 3.11. muestra los grados de protección IP.

Tabla 3.11. Protección IP [7].

Grado de protección para sólidos		Grado de protección para líquidos	
IP	Definición	IP	Definición
0	Sin protección	0	Sin protección
1	Protección para elementos sólidos de diámetro mayor a 51 (mm)	1	Protección frente a goteos que descienden de forma vertical
2	Protección frente a elementos sólidos de diámetro mayor a 12.6 (mm)	2	Protección frente a goteos que descienden de forma vertical cuando la cubierta se incline en un ángulo de 15°
3	Protección frente a elementos sólidos de diámetro mayor a 2.7(mm)	3	Protección frente a agua pulverizada
4	Protegido contra elementos sólidos de diámetro mayor a 1.1 (mm)	4	Defensa frente a chorros de agua
5	Protección frente a la suciedad	5	Protección contra fuentes de agua a presión
6	Herméticamente cerrado frente a la suciedad.	6	Protección frente a chorros de agua a elevada potencia

De acuerdo con la Tabla 3.11., se requiere un tablero con un nivel de protección contra sólidos tipo 3; y un nivel de protección contra líquidos tipo 0. Debido a que el tablero se encuentra en un área cubierta sin filtraciones de agua o algún tipo de líquido. En la Figura 3.16. se muestra las dimensiones del tablero de alimentación.

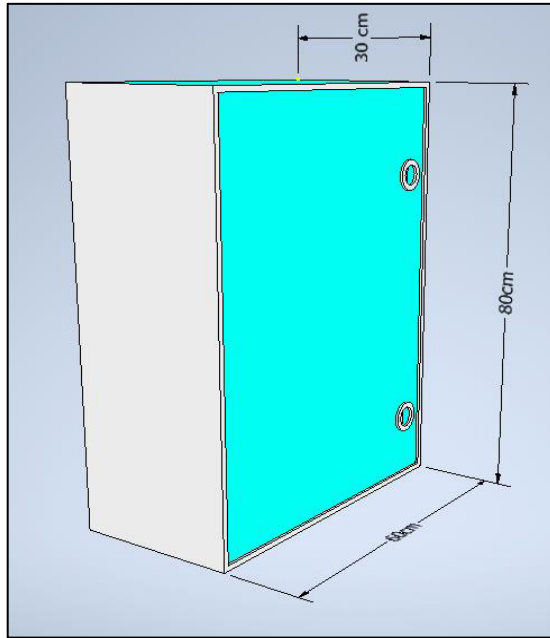


Figura 3.16. Dimensiones del tablero de alimentación

Instalación de los elementos dentro del gabinete

Primero se coloca los elementos de protección y de mando en la placa base desmontable del tablero, distribuyendo cada elemento conforme al diagrama eléctrico.

La Figura 3.17. muestra la ubicación de los elementos de protección y mando en la base desmontable del tablero.

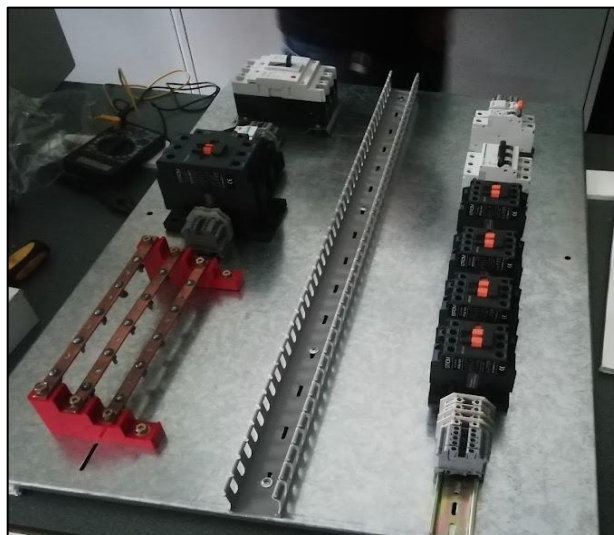


Figura 3.17. Colocación de elementos de protección y mando.

En la siguiente parte se coloca el riel din y las canaletas de forma que el cableado y los elementos se ubiquen de la mejor forma, reduciendo espacio y con una conexión de los elementos más eficaz y sencilla. Para la sujeción de las canaletas se utilizaron tornillos de 1/8 de pulgada de cabeza redonda y de largo 1/4 pulgada, también se utilizó una broca de acero de 1/8 de pulgada. En la Figura 3.18. se visualizan las canaletas y el riel din implementados.

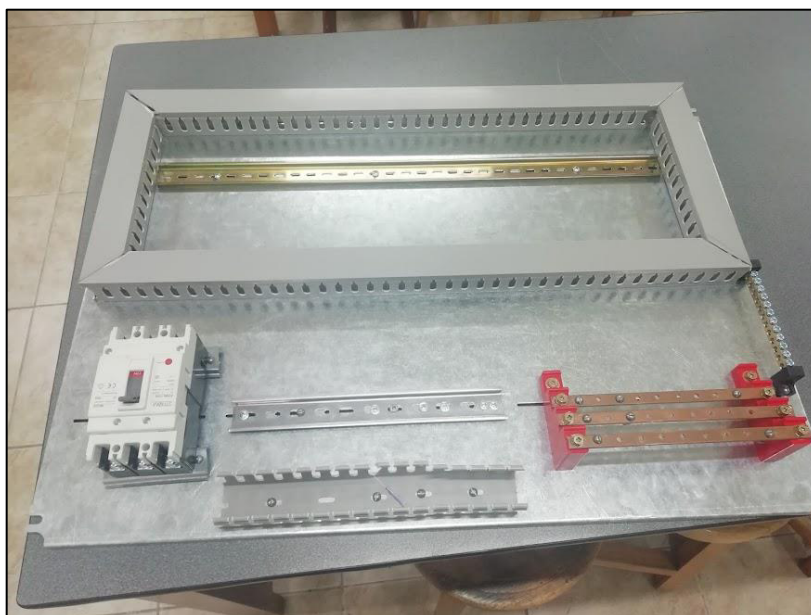


Figura 3.18. Implementación del riel din y canaletas en el tablero

Una vez colocado el riel din y las canaletas, se coloca cada elemento de protección y mando. Primero, se conecta el interruptor principal y después el contactor principal, seguido de los relés de pérdida de fase (estos se conectan a cada una de las líneas de fase). Segundo, se coloca las barras de potencia con la ayuda de una broca de 1/4 de pulgada, y para la sujeción de éstas se utilizan pernos de 1/4 de pulgada de cabeza hexagonal. Tercero, se coloca en la parte del riel din los contactores para los módulos. Así también, se colocaron los interruptores termomagnéticos para la protección de los módulos (óleo hidráulico e hidráulicos, de pérdidas de tubería, refrigeración).



Figura 3.19. Disposición de instrumentos de protección y mando

Instalación de elementos de mando y señalización

El siguiente proceso fue la colocación de los elementos de mando y señalización en la tapa del tablero de alimentación. Para esto, primero se realizó un esquema en el programa AutoCAD con las medidas de cada elemento a implementarse. La Figura 3.20. muestra la ubicación de cada elemento.

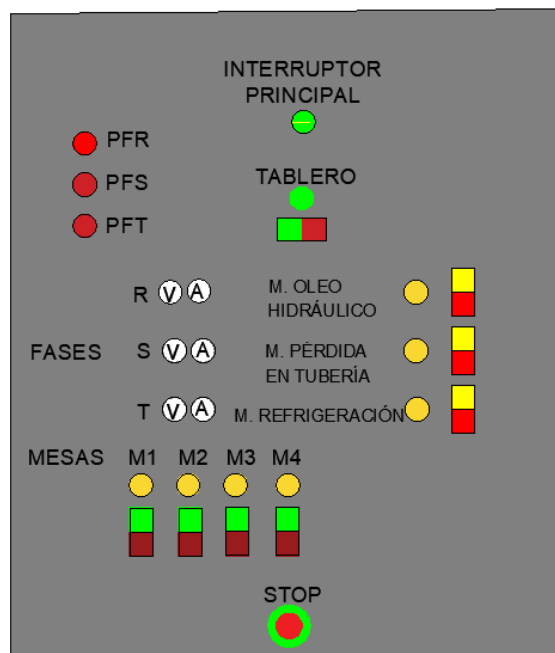


Figura 3.20. Ubicación de elementos de mando y señalización.

Mediante el esquema de la Figura 3.20., se traza y señala en el tablero todos los puntos donde se ubican los elementos de mando y señalización. Una vez realizado este proceso, se realizan las perforaciones en la tapa del tablero; estas perforaciones se hicieron en el área de mecánica del laboratorio de máquinas eléctricas

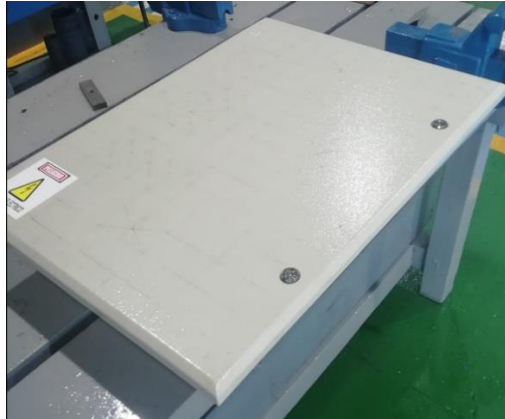


Figura 3.21. Perforaciones del tablero de alimentación

Las perforaciones se realizaron con la ayuda de un taladro industrial y una broca metálica de 1/2 de pulgada, todos los orificios tienen el mismo diámetro. Después de este proceso, se colocó cada elemento de mando y señalización en base al diseño implementado en la Figura 3.20.

A continuación, en la Figura 3.22. se visualiza el proceso descrito.

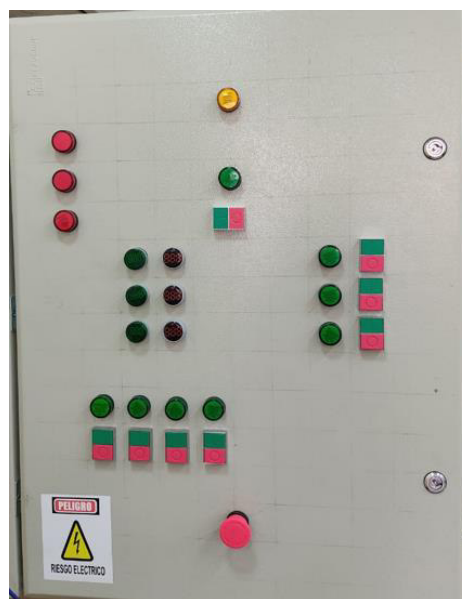


Figura 3.22. Colocación de elementos de mando y señalización.

Cableado y conexiones del tablero

Una vez colocados los elementos de protección y mando, se procede al conexionado de los mismos, para esto se basó en las conexiones del diagrama de control y fuerza. Lo primero en conectarse es el sistema de control del tablero que consta de las conexiones de los relés de pérdida de fase, la bobina y los contactos auxiliares del contactor principal, interruptor on-off del tablero y por último el paro de emergencia. En la Figura 3.23. se visualizan las conexiones del relé y del contactor principal.

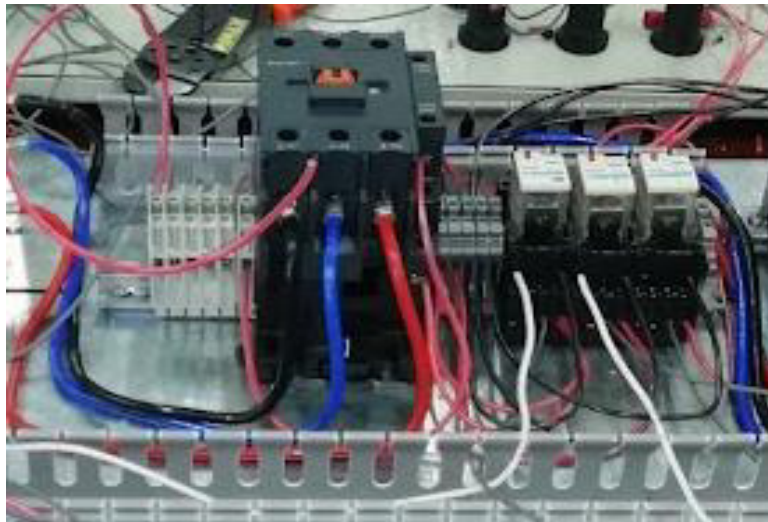


Figura 3.23. Conexiones sistema control.

Una vez conectado el sistema de control se procede al conexionado del sistema fuerza, para esto se conecta el interruptor principal con el contactor principal y las barras de potencia, el calibre del conductor para enlazar estos tres elementos de potencia es el AWG 8. En la Figura 3.24 se muestran las conexiones de los elementos descritos.

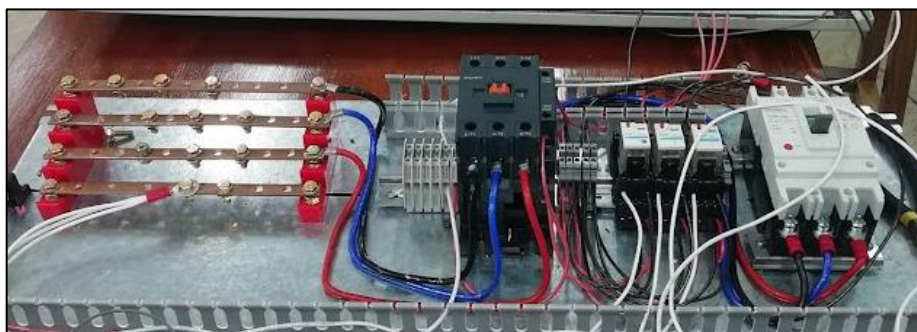


Figura 3.24 Conexión del sistema de fuerza

Una vez conectadas las barras de potencia se conectan los elementos aguas abajo, como son los contactores y los interruptores termomagnéticos de los módulos. Para el conexionado de los interruptores termomagnéticos con las barras de potencia se analizó la corriente con la que trabaja cada interruptor, y mediante la norma ecuatoriana de construcción (NEC) se elige el calibre del conductor. Con el calibre seleccionado también se conecta cada fase en los contactores correspondientes. La Figura 3.25. muestra las conexiones de los elementos descritos.

Por último, se realiza la conexión de los elementos de señalización y mando, para el conexionado de todos estos elementos se usó un conductor calibre AWG 14 (negro, rojo, blanco).

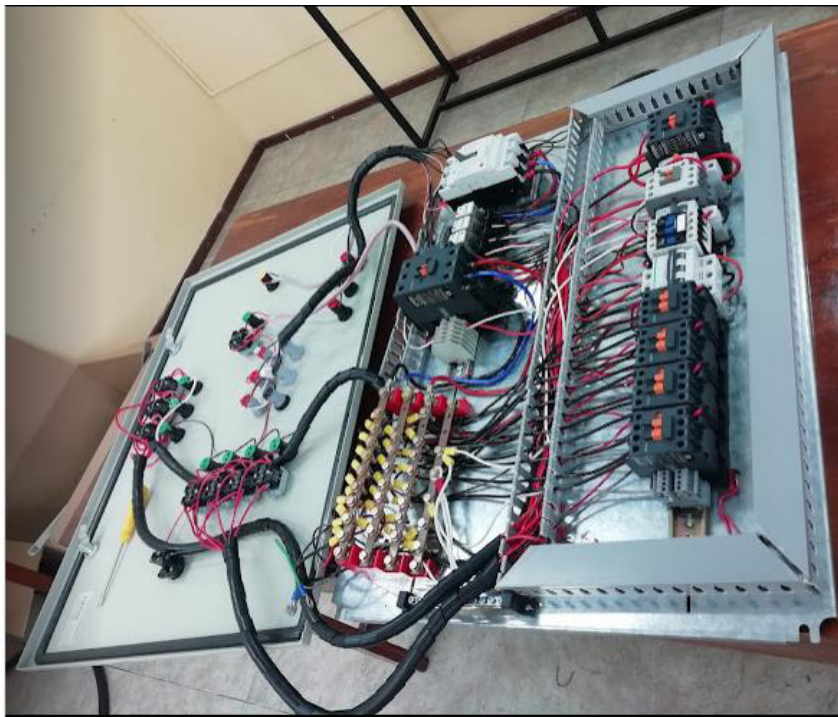


Figura 3.25 Conexión de los elementos mando, señalización y protección.

Etiquetado de conexiones

Se colocaron etiquetas en la parte externa e interna del tablero de alimentación. En la parte externa para identificar la función de cada elemento de mando y señalización; y, en la parte interna para identificar el conexionado de los elementos de mando y protección. Para la etiqueta de cada interruptor termomagnético y contactor se designó una nomenclatura diferente, la Tabla 3.12. muestra las etiquetas internas en el tablero de alimentación.

Tabla 3.12. Etiquetas del tablero de alimentación [13].

Dispositivo	Definición	Parte	Línea	Nomenclatura
Interruptor termomagnético	Caja moldeable	Terminales	-	BRP-R, BRP-S, BRP-T
	M. óleo H e hidráulico	Terminales	-	BROLE-R, BROLE-S, BROLE-T
	M. refrigeración	Terminales	-	BRREF-R, BRREF-N
	M. pérdidas T	Terminales	-	BRPH-T, BRPH-N
Luz amarilla	Interruptor P	Contactos	-	LATBL-X1, LATBL-X2
Luz roja	Fases por relé	Contactos	-	LRPFR-X, LRPFR-X2 , LRPFS-X, LRPFS-X2 , LRPFT-X, LRPFT-X2
Luz verde	Módulos	Contactos	5	LVOLE-X1, LVOLE-X2
			6	LVPH-X1, LVPH-X2
			7	LVREF-X1, LVREF-X2
Relé		Bobina	T	PFT-A1, PFT-A2
	Fase T	Contactos NC	T	PFT-21, PFT-22
		Contactos NO	T	PFT-13, PFT-14
Pulsador off	Tablero	Contactos	-	OFFTB-11, OFF-TB12,
	Módulo (5-7)	Contactos	5	OFFMO5-11, OFFMO5-12
Pulsador on	Tablero	Contactos	-	ONTB-11, ONTB-12
	Módulo (5-7)	Contactos	5	ONMO5-13, ONMO5-14
Amperímetro	Medidor	Contactos	R	AMPR-X1, AMPR-X2
Voltímetro	Medidor	Contactos	R	VOLR-X1, VOLR-X2

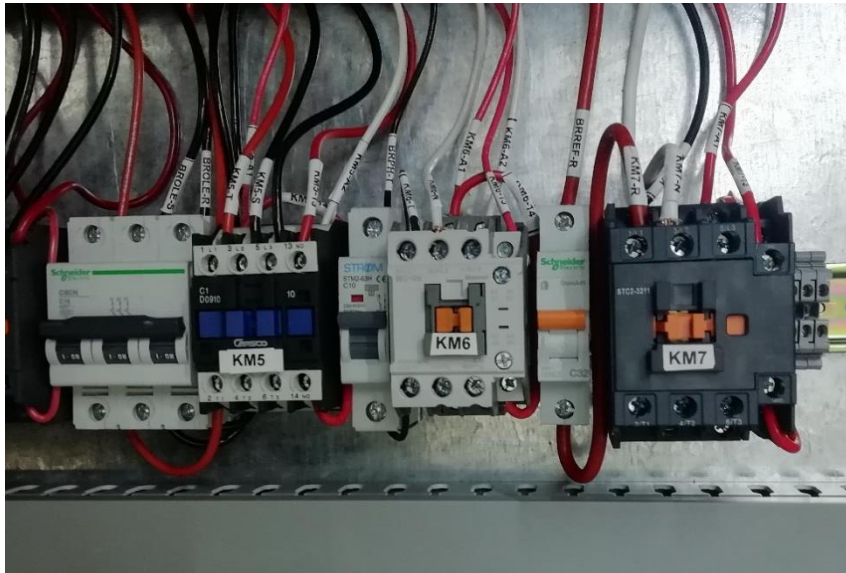


Figura 3.26. Etiquetado contactores y disyuntores.

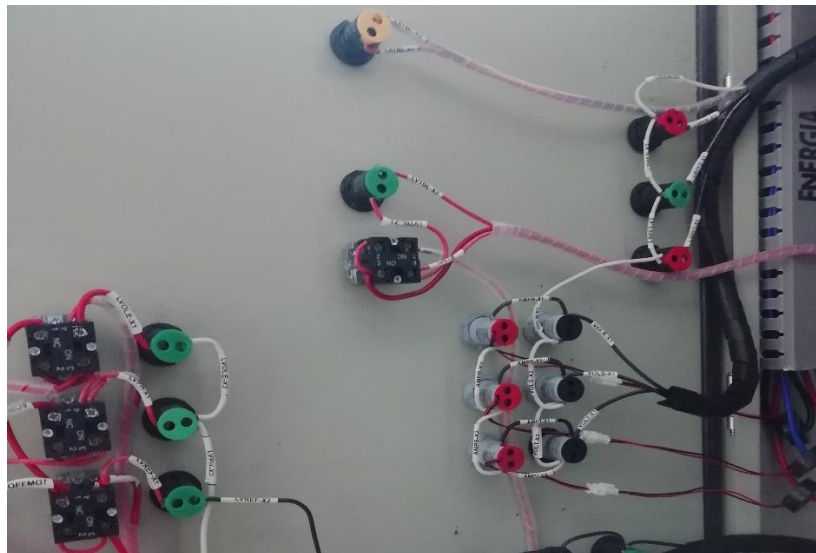


Figura 3.27. Etiquetado elementos de maniobra y señalización

A continuación, se muestra las etiquetas de los voltímetros y amperímetros de cada una de las fases, de igual forma las etiquetas de las luces indicadoras de pérdidas de fase. También se realizó el etiquetado del interruptor principal y del contactor principal del tablero, seguido del etiquetado de cada uno de los módulos y mesas de trabajo, por último, se realizó el etiquetado del paro de emergencia.



Figura 3.28. Etiquetas exteriores del tablero de alimentación

Instalación del tablero de alimentación

Primero se verificó el lugar donde va a ir instalado el tablero, después se realizaron las diferentes mediciones en la pared para colocar de manera centrada el tablero. Para la sujeción del tablero se utilizaron 6 pernos de acero de 1/4 pulgada de ancho y 2 pulgadas de largo, también se utilizaron 6 tacos Fisher de 1/4 de pulgada. El tablero se instaló a una altura de 1.15 m del suelo ya que era la altura mínima para su colocación. En la Figura 3.29. se aprecia la altura a la que fue instalado el tablero de alimentación.



Figura 3.29. Instalación del tablero de alimentación

3.4 Pruebas en el tablero de alimentación

Prueba de continuidad en el sistema de mando de los módulos de trabajo.

Se realizó la prueba de continuidad en el sistema de mando de los módulos de trabajo, este proceso se realiza utilizando un multímetro que se configura en la sección de continuidad. El proceso consiste en verificar si el circuito está abierto o cerrado uniendo cada punta del multímetro en los dos diferentes puntos de conexión.

El sistema de mando de cada módulo está conectado a dos diferentes fases, por lo tanto, se verifica que exista continuidad en todos los elementos de mando de cada módulo y en sus respectivas líneas de trabajo. Si existe continuidad la bocina del multímetro se activa.

Tabla 3.13. Continuidad en el circuito de mando de los módulos de trabajo.

Prueba de continuidad en los módulos de trabajo				
Fase	R	S	T	N
Módulo óleo hidráulico			✓	✓
Módulo de refrigeración	✓		✓	
Módulo de pérdidas de tubería		✓		✓

De acuerdo con la Tabla 3.13. se observa que en todos los puntos de conexión del sistema de mando de los módulos existe una conexión adecuada.

Prueba de funcionamiento de los interruptores on-off de los módulos y del tablero general

Esta prueba se realizó con la finalidad de confirmar el funcionamiento de los interruptores on-off de los módulos de trabajo y del tablero, para esto se presiona los interruptores on del tablero y de cada módulo y se verifica que los contactores de cada uno se enclaven. Una vez enclavado cada contactor se verifica el voltaje de cada una de las líneas a la salida de cada contactor.

A continuación, se realiza la prueba de funcionamiento de los interruptores off, para esto se presiona el pulsador off del tablero y de los módulos; y se verifica que todos los contactores se desenclaven y se apague la luz verde de cada uno. Una vez desenergizado se verifica que no exista voltaje en cada una de las líneas a la salida de cada contactor.

Tabla 3.14. Prueba de funcionamiento interruptores on-off

Prueba de funcionamiento interruptores on-off				
Interruptor	on		off	
	Activación	Enclavamiento	Desactivación	Des enclavamiento
M.Óleo hidráulico	✓	✓	✓	✓
M.Pérdidas de t.	✓	✓	✓	✓
M.Refrigeración	✓	✓	✓	✓
Tablero	✓	✓	✓	✓

De acuerdo con la Tabla 3.14. se concluye que la prueba realizada a los interruptores on-off es satisfactoria ya que cumple con el objetivo de enclavar/desenclavar los contactores, encender la luz verde del tablero y la luz indicadora de cada módulo.

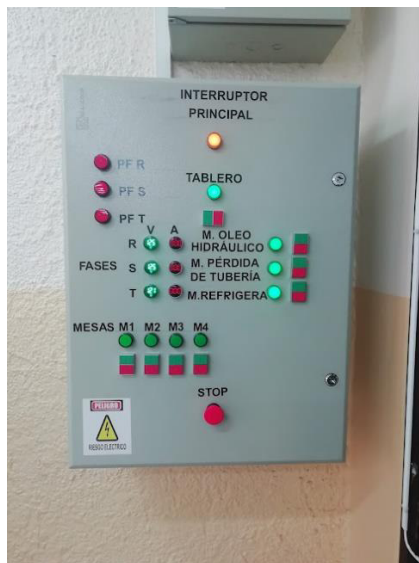


Figura 3.30. Prueba de funcionamiento interruptor on-off

Prueba de funcionamiento de los elementos de medición de voltaje y corriente

Esta prueba se realizó con diferentes cargas con la finalidad de medir la corriente y el voltaje en cada una de las líneas, las cargas conectadas fueron el motor del módulo óleo hidráulico y el motor del módulo de refrigeración.

Tabla 3.15. Prueba de funcionamiento de voltímetro y amperímetro

Prueba de funcionamiento de voltímetro y amperímetro									
Fases	Amperaje con carga (A)			Voltaje en vacío (V)			Voltaje con carga (V)		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T
Motor oleo	11	12	11	126	126	123	124	125	122
Motor refrig.	4			126			125		

De acuerdo con la Tabla 3.15. se observa la caída de voltaje y amperaje en las líneas. Con esto se comprueba que los medidores de corriente y voltaje trabajan de forma óptima.

Prueba de funcionamiento del sistema de paro de emergencia

Se verifica si el sistema implementado de paro de emergencia funciona correctamente, ya que la función del sistema es desactivar de forma inmediata todas las acciones que cumpla el tablero en ese momento. Para esto se energiza el tablero y los módulos de trabajo, se verifica que todas las luces indicadoras de color verde estén activas y que las luces rojas de pérdidas de fase estén desactivadas, una vez realizado esto se presiona el interruptor de paro de emergencia que desactiva todo el sistema.

Tabla 3.16. Prueba del paro de emergencia

Prueba del sistema PE		
Se presiona el interruptor de parada de emergencia. (1)	Se desactiva todo el sistema.	✓
Se presiona el interruptor de parada de emergencia. (2)	Se desactiva todo el sistema.	✓
Se presiona el interruptor de parada de emergencia. (3)	Se desactiva todo el sistema.	✓

De acuerdo con la Tabla 3.16. se probó tres veces el interruptor de paro de emergencia, en cada prueba se desactivó el sistema correctamente.

Prueba del sistema de pérdida de fase

Se desconecta una por una cada fase que ingresa al tablero de alimentación desde el interruptor termomagnético de caja moldeada (LM) ubicado en el Tablero Principal Auxiliar (TPA). Al momento que se desconecta una fase se enciende la luz roja de pérdida de fase

del tablero de alimentación, mostrando la fase con desperfecto e inhabilitando el encendido del tablero de alimentación. La Figura 3.31. muestra la desconexión de la fase R y la Figura 3.32. muestra el encendido de la luz piloto de color rojo de la fase R. En el anexo VI se visualiza la prueba desarrollada.



Figura 3.31 Desconexión de la fase R



Figura 3.32 Encendido de la luz roja de pérdida de fase.

Se realizó esta prueba para las tres fases del tablero mostrando resultados factibles, ya que el sistema cumple con lo establecido, se enciende la luz roja por cada fase y se deshabilita el tablero de alimentación. La Tabla 3.17. presenta los resultados conseguidos.

Tabla 3.17. Resultados de la prueba de pérdida de fase

Resultados del sistema de pérdida de fase			
Fase sin conexión	Fase R	Fase S	Fase T
R	✓		
S		✓	
T			✓

3.5 Manual de funcionamiento y mantenimiento

Se realizó un manual explicativo del funcionamiento y mantenimiento del tablero de alimentación.



Figura 3.33 Código QR video demostrativo del funcionamiento y mantenimiento del tablero de alimentación.

4 CONCLUSIONES

- Las cargas que alimentan el tablero son: 1 módulo oleo hidráulico de 2200 W de potencia, 4 módulos de refrigeración con una potencia total de 2982.8 W, 4 módulos hidráulicos con una potencia total de 220 W y 1 módulo de pérdidas de tubería con una potencia de 800 W.
- El diagrama eléctrico muestra las conexiones implementadas desde el tablero de distribución auxiliar (TPA) hasta los elementos de mando del tablero de alimentación. Se visualiza, el calibre de los conductores de los elementos de mando y protección, los voltímetros y amperímetros que van en cada una de las fases, las conexiones de los contactores y disyuntores de los módulos de trabajo con su respectivo amperaje.
- En la implementación del tablero de alimentación, primero se realizó el circuito de control y después el circuito de fuerza, en el circuito de control se usó cable calibre AWG 14 y en el circuito de fuerza se usó cable calibre AWG 8. El calibre de cable para las protecciones termomagnéticas es: AWG 8 para el módulo de refrigeración, AWG 12 para los módulos oleo hidráulico e hidráulico y AWG 14 para el módulo de pérdidas de tubería.
- Para el circuito de control se utilizó 4 contactores AC3 de diferente amperaje, 4 pulsadores on off, 4 luces piloto de color verde. Para el sistema de protección se utilizó 4 interruptores termomagnéticos de diferente amperaje, 1 termomagnético de caja moldeada para la protección de todo el tablero y 3 interruptores termomagnéticos para los módulos de trabajo. También, se implementaron voltímetros y amperímetros en cada una de las fases del tablero; y, se colocaron los sistemas de paro de emergencia y pérdida de fase.
- Las pruebas realizadas de continuidad, pérdidas de fase, paro de emergencia, funcionamiento de interruptores on-off y funcionamiento de elementos de medición, fueron satisfactorias ya que cada una cumplen con lo establecido y funciona perfectamente.
- El video muestra el funcionamiento y las actividades que se recomienda para un correcto mantenimiento. En este se detalla como reemplazar cada elemento, las pruebas que se deben realizar, las mediciones que se deben obtener en cada módulo y los cuidados que se deben tomar a la hora de realizar el mantenimiento.

5 RECOMENDACIONES

- Para reemplazar algún interruptor on-off o luz indicadora, primero revisar las etiquetas de las conexiones del elemento. Cada conexión tiene su correspondiente etiqueta.
- Si ocurre una pérdida de fase en el sistema, verificar que la bobina del relé este en óptimas condiciones y verificar que las líneas que conectan al disyuntor (LM) estén completamente ajustadas.
- Si ocurre alguna falla en el sistema de mando, verificar que exista continuidad entre la conexión del paro de emergencia con el pulsador off del tablero; así también, revisar que el contacto normalmente abierto del contactor este en paralelo con el pulsador on del tablero y verificar continuidad entre la bobina del contactor principal y el pulsador on del tablero.
- Tener en cuenta al momento de reemplazar un contactor o interruptor termomagnético que la curva de disparo del interruptor termomagnético sea C y la categoría de servicio del contactor sea AC3.
- Tener en cuenta que los únicos elementos que trabajan con 110 V son las bobinas de los contactores KM5 Y KM6, las bobinas de los relés de pérdida de fase, los voltímetros y amperímetros, la luz piloto verdes del módulo oleo hidráulico y del módulo de refrigeración.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Rodríguez, F. Luis, M. Cerdá, F. lu, R. Bezos, and S.-H. Eros, "Automatismos industriales Paraninfo c,clos formativos," 2014. [Online]. Available: www.paraninfo.es
- [2] J. Carlos. Martín Castillo and M. P. García García, *Automatismos industriales [electricidad y electrónica]*. Editex, 2009.
- [3] "Manual electrotécnico Telesquemario Telemecanique," 99AD.
- [4] Empresa Eléctrica Quito, "NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN- PARTE A GUÍA PARA DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN", Accessed: Jan. 05, 2022. [Online]. Available: <https://es.slideshare.net/santiagoreinoso313/normas-para-sistemas-de-distribucion-parte-a>
- [5] M. de Desarrollo Urbano Vivienda Arq Leonel Chica Martínez, A. Gustavo Raúl Ordoñez, A. Jenny Lorena Arias Zambrano, and I. Miguel Iza Ing Franklin Medina Ing Carlos Parra Ing Diego Chimarro Ing Ramiro Rosero Ing Luis Fernando Bonifaccini Ing Sofía Terán Ing Mentor Poveda Ing Francisco Parra Textos Edición, "Ing. Adrián David Sandoya Unamuno," 2018.
- [6] "ANEXO TÉCNICO: Cálculo de Nivel Máximo de Cortocircuito."
- [7] "Ensayos de Protección IP (Ingress Protection) en Productos de Iluminación: Norma IEC 60529." <https://www.intertek.es/iluminacion/ip-ingress-protection-iec-60529/> (accessed Jan. 09, 2022).
- [8] "02. automatismos eléctricos." <https://es.slideshare.net/RobertoDanielRochaCa/02-automatismos-elctricos> (accessed Jan. 23, 2022).
- [9] E. Contactor and S. / Normas, "El contactor."
- [10] "Curvas de disparo".
- [11] Habitissimo, "Cálculo de sección de un conductor alimentador." <https://preguntas.habitissimo.cl/pregunta/cual-es-el-calculo-de-seccion-de-un-conductor-alimentador> (accessed Jan. 09, 2022).
- [12] "Cable Superflex | PDF | Sustancias químicas | Cantidades físicas." <https://es.scribd.com/document/545416104/Cable-Superflex> (accessed Jan. 17, 2022).
- [13] L. A. Escobar López and Á. J. Vaca Lara, "Implementación de un tablero general para el laboratorio de tecnología industrial.," Aug. 2021, Accessed: Jan. 09, 2022. [Online]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21778>

7 ANEXOS

ANEXO I. Reporte de similitud generado por turnitin.

DMQ, 28 de enero de 2022

Yo, Catalina Elizabeth Armas Freire, como Directora 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: 25-ene-2022 07:19p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1747471191

Nombre del archivo: Trabajo_de_titulaci_n_Arrobo_Fausto.pdf (1.59M)

Total de palabras: 8560

Total de caracteres: 42705

Trabajo de titulación_ Arrobo Fausto

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	1%
3	club.telepolis.com Fuente de Internet	<1%



DIRECTOR

Ing. Catalina Elizabeth Armas Freire

ANEXO II. Certificado de funcionamiento de trabajo de integración curricular

DMQ, 28 de enero de 2022

Yo, Catalina Elizabeth Armas Freire, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como directora de este trabajo de integración curricular, certifico que he constatado el correcto funcionamiento del tablero de alimentación del aula 35, el cual fue implementado por el estudiante Fausto Samuel Arrobo Haro.

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.



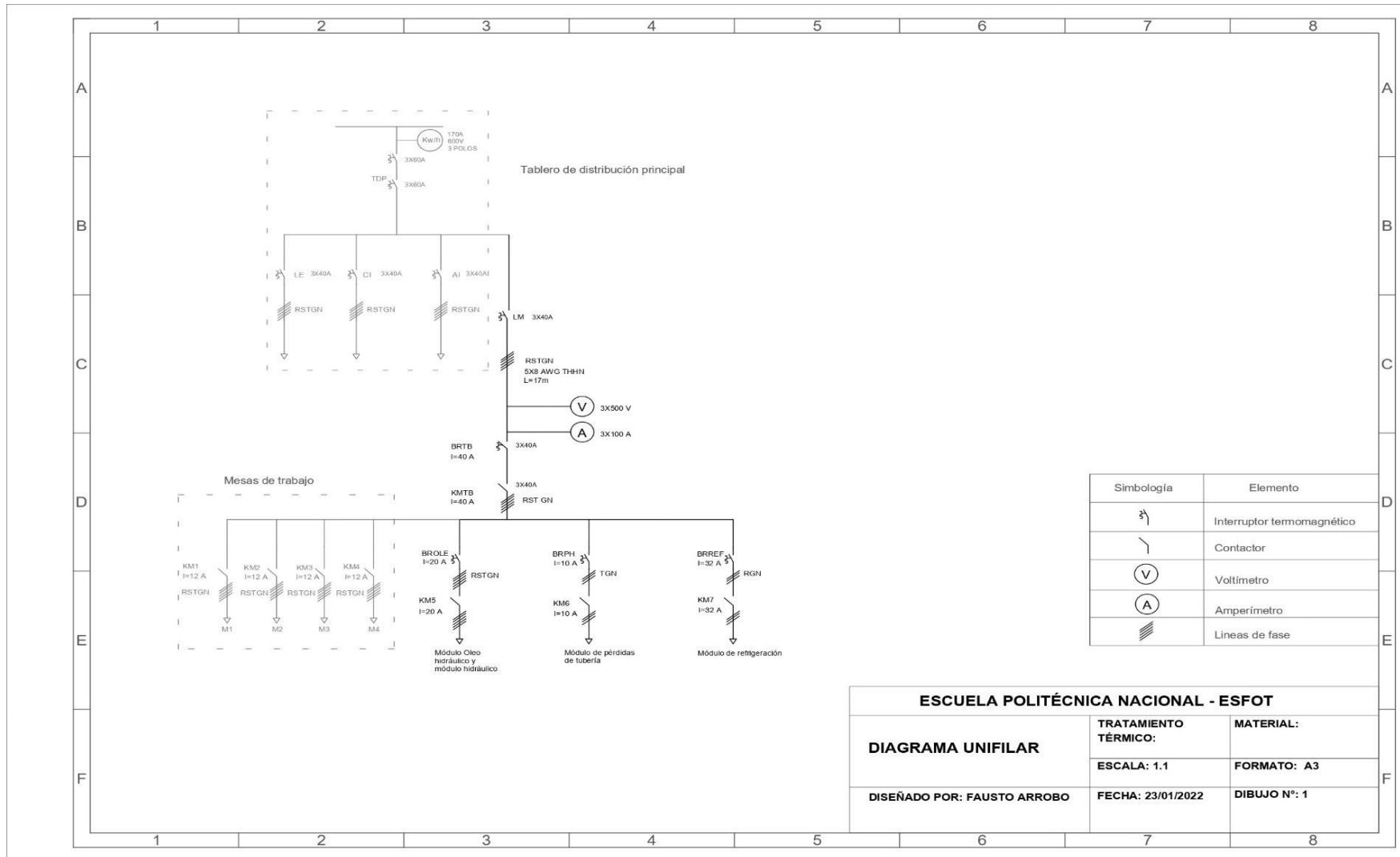
DIRECTORA

Ing. Catalina Elizabeth Armas Freire

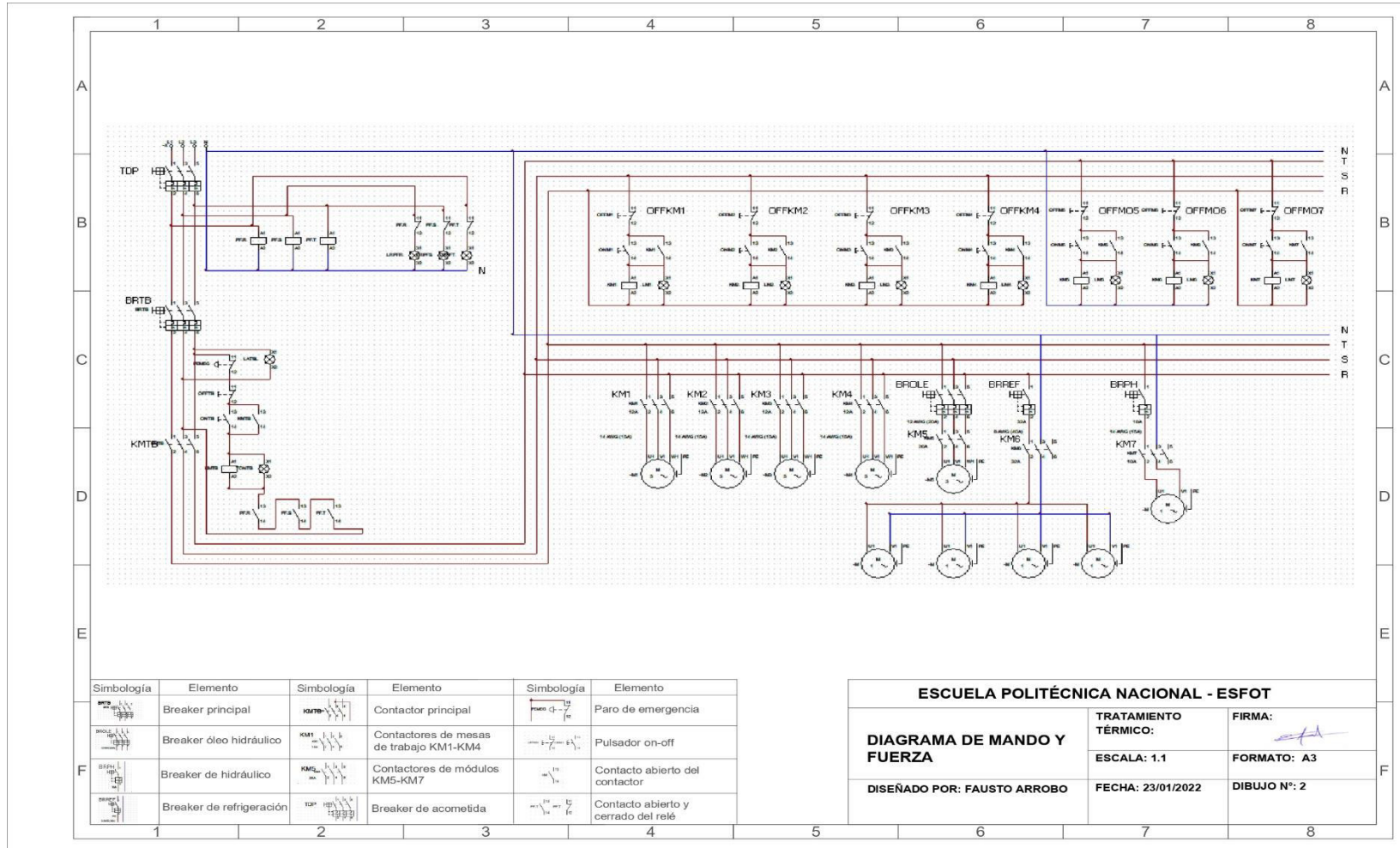
Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía | Edificio N. 21 | Área 7 | Oficina 28

Correo: elizabeth.armas@epn.edu.ec | Ext: 2729

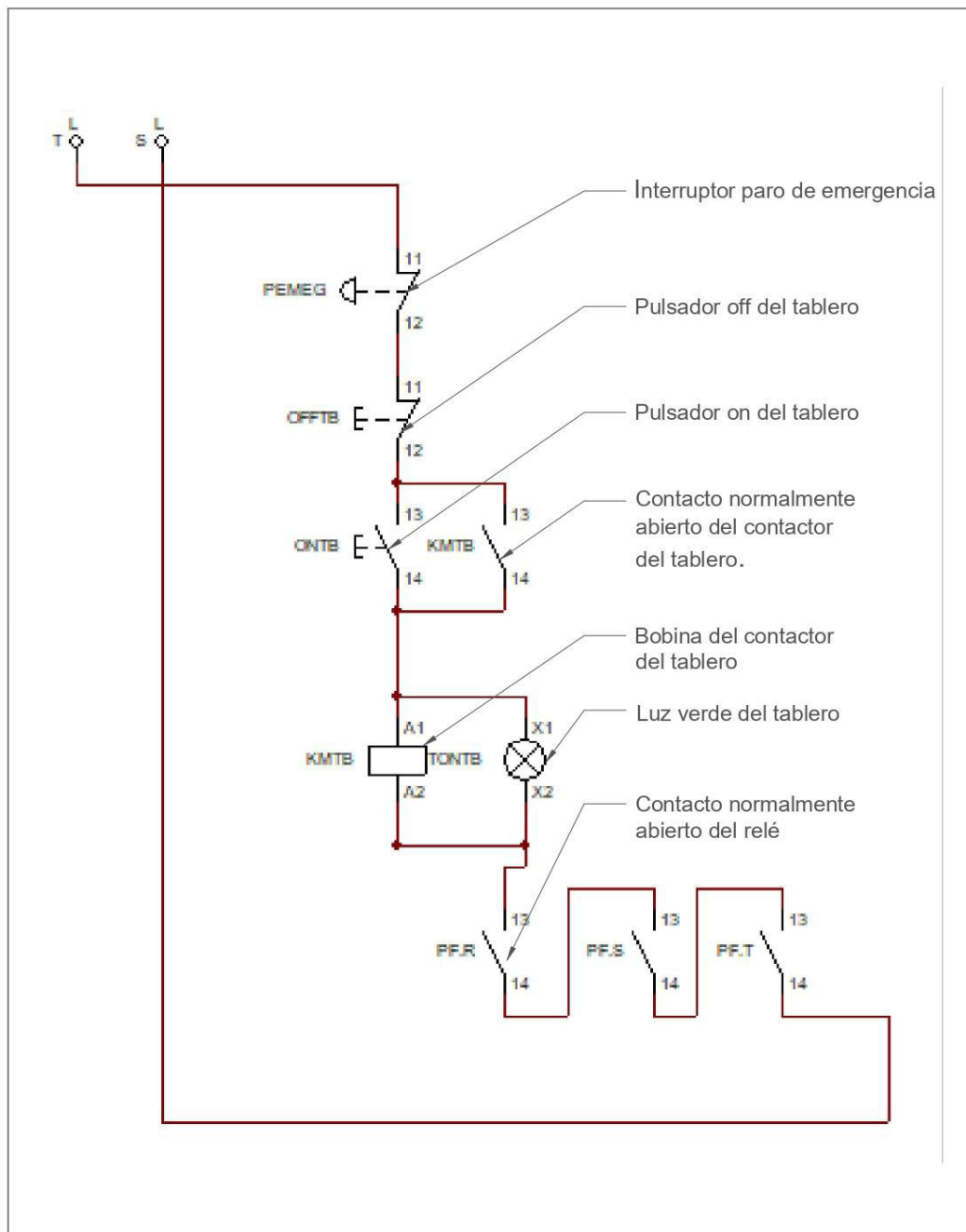
ANEXO III. Diagrama unifilar



ANEXO IV. Diagrama de mando y fuerza



ANEXO V. Diagrama de mando



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT

Diagrama de mando del tablero	TRATAMIENTO TÉRMICO:	FIRMA:
	ESCALA: 1.1	FORMATO: A4
DISEÑADO POR: FAUSTO ARROBO	FECHA: 23/01/2022	DIBUJO N°: 3

ANEXO VI. Enlace de pruebas de realizadas



Figura 3.34. Código QR Prueba de funcionamiento del módulo oleo hidráulico



Figura 3.35. Código QR Prueba de funcionamiento del sistema de pérdida de fase