

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL PARA EL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL

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

Carlos Eduardo Padilla Guamán

carlos.padilla@epn.edu.ec

Edison Alexander Pillajo Samueza

edison.pillajo@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. PABLO ANDRÉS PROAÑO CHAMORRO, MSC.

pablo.proaño@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. CARLOS ORLANDO ROMO HERRERA, MSC.

carlos.romo@epn.edu.ec

Quito, febrero 2021

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por los Sres. Padilla Guamán Carlos Eduardo y Edison Alexander Pillajo Samueza como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA, bajo nuestra supervisión:

**Ing. Pablo Andrés Proaño
Chamorro**

DIRECTOR(A) DEL
PROYECTO

Ing. Carlos Orlando Romo Herrera

CODIRECTOR(A) DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Nosotros Carlos Eduardo Padilla Guamán con CI: 1003107529 y Edison Alexander Pillajo Samueza con CI: 1722506209 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.



Estudiante 1

CI: 100310752-9

Teléfono: 0984951050

Correo: carlos.padilla@epn.edu.ec



Estudiante 2

CI: 172250620-9

Teléfono: 0995804945

Correo: edison.pillajo@epn.edu.ec

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por darme la vida y haber llegado hasta este instante tan importante de mi formación profesional y lograr cumplir con los objetivos que me he propuesto en la vida, además, de haberme dado una familia maravillosa, quienes han confiado en mí, enseñándome valores de superación y sacrificio.

A mis padres Fabián Padilla y Benigna Guamán por todo su apoyo incondicional en la parte moral y económica durante toda mi vida y más en mi etapa de vida universitaria dándome sus consejos y ánimos para no decaer en los momentos cruciales de esta etapa.

A mis hermanas Elizabeth Padilla, Ana lucia Padilla y demás familia por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi vida universitaria, como también a todas las personas involucradas para llegar a cumplir la meta de obtener un título profesional.

Finalmente, a mi amigo Edison Pillajo por la amistad brindada en todo el transcurso de la carrera y poder lograr juntos esta meta propuesta de obtener un título universitario.

Carlos Padilla

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a la prestigiosa ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL especialmente a la ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS, quien me supo abrir sus puertas para formarme profesionalmente y poder alcanzar con mis objetivos de aprendizaje y sabiduría.

Edison Pillajo

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por darme salud, vida, paciencia y sabiduría en todo mi proceso como estudiante para poder concluir satisfactoriamente mi formación profesional con esfuerzo y constancia.

A mi padre Juan Pillajo por siempre querer lo mejor para mí, por su paciencia en toda mi carrera universitaria, que a pesar de todas las dificultades siempre estuvo apoyándome moralmente y económicamente, por todo su amor y comprensión que me ha dado, por enseñarme que cada esfuerzo vale la pena.

A mi madre Emma Samueza quien siempre estuvo junto a mí en las buenas y las malas, brindándome todo su apoyo incondicional cuando más lo necesité, por ser una mujer luchadora que con su amor y comprensión he logrado culminar esta meta.

A mi novia Marilin quien me ha acompañado en toda mi carrera universitaria, quien siempre estuvo apoyándome para no decaer y luchar por mis objetivos para poder cumplirlos.

A mi amigo Carlos Padilla que supo ser una excelente persona y que supo brindarme su amistad durante toda la carrera universitaria, por todo el apoyo brindado para juntos poder lograr con nuestra meta.

Edison Pillajo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción	1
1.1	Objetivo general.....	2
1.2	Objetivos específicos	2
2	Metodología.....	3
2.1	Descripción de la metodología usada	3
3	Resultados y Discusión.....	5
3.1	Estudio de requerimientos para la construcción del tablero.	7
	Requerimientos para la construcción del tablero de distribución principal.....	7
	Realizar pruebas en el laboratorio	8
	Análisis para determinación de los disyuntores de protección	9
	Selección de calibre del cable.....	15
	Adquisición de los materiales para la construcción del tablero de distribución principal	17
3.2	Implementación del tablero de distribución.	19
	Ajuste y modificación del tablero galvanizado.....	19
	Instalación de disyuntores y barras de cobre	20
	Cableado de todo el sistema de distribución de energía eléctrica del tablero de distribución principal.	22
	Instalación del tablero de distribución principal en el laboratorio de Control Industrial	24
	Etiquetado del tablero de distribución principal	25
3.3	Implementación de las acometidas principales y secundarias del tablero.	27
	Implementación de la acometida principal	27
	Implementación de las acometidas secundarias	28
3.4	Pruebas y Análisis de Resultados.....	30
	Datos de voltaje y corrientes en todo el sistema eléctrico sin carga	30
	Prueba de carga	31
	Análisis de los parámetros eléctricos	35

3.5	Manual de Uso y Mantenimiento.....	37
4	Conclusiones y Recomendaciones	38
4.1	Conclusiones	38
4.2	Recomendaciones	39
5	Referencias Bibliográficas	41
	ANEXOS.....	42
	Anexo 1: Certificado de Funcionamiento.....	i
	Anexo 2: facturas.....	iii
	Anexo 3: esquema de conexión	vi

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Tablero de distribución principal.	5
Figura 3.2 Componentes del tablero.	6
Figura 3.3 Espacio seleccionado para la instalación del tablero principal de distribución.	8
Figura 3.4 Mesa de trabajo del área de Control Industrial.	8
Figura 3.5 Disyuntor de 40 (A) trifásico.	11
Figura 3.6 Disyuntor de 80 (A) trifásico.	13
Figura 3.7 Modificaciones del tablero.	19
Figura 3.8 Perforación de las barras de cobre.	20
Figura 3.9 Bases instaladas.	20
Figura 3.10 Instalación de los disyuntores.	21
Figura 3.11 Instalación de aisladores porta barras.	21
Figura 3.12 Instalación de disyuntores y barras de cobre.	22
Figura 3.13 Instalación de canaletas de distribución.	23
Figura 3.14 Cableado del tablero.	23
Figura 3.15 Montaje del tablero.	24
Figura 3.16 Acometida Principal.	27
Figura 3.17 Instalación de la acometida principal del tablero.	28
Figura 3.18 Acometidas secundarias.	29
Figura 3.19 Conexión de motores en las mesas de trabajo del laboratorio de Control Industrial.	31
Figura 3.20 Conexión de cargas en las mesas de trabajo del laboratorio de Análisis Instrumental.	32
Figura 3.21 QR con el video del manual de uso.	37
Figura 3.22 QR con el video del manual de mantenimiento.	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Mediciones de voltajes y corrientes.	7
Tabla 3.2 Mediciones de voltajes y corrientes de la prueba de carga.	9
Tabla 3.3 Potencia de consumo total.	9
Tabla 3.4 Datos técnicos disyuntor de 40 (A).	11
Tabla 3.5 Datos técnicos disyuntor de 80 (A).	13
Tabla 3.6 Selección del calibre del cable para el disyuntor de 40 (A).	15
Tabla 3.7 Selección del calibre del cable para el disyuntor de 80 (A).	16
Tabla 3.8 Costo de materiales.	17
Tabla 3.9 Etiquetado.	25
Tabla 3.10 Voltajes y corrientes sin cargas.	30
Tabla 3.11 Voltajes y corrientes con cargas.	33
Tabla 3.12 Comparación de voltajes de los tableros con carga y sin carga.	34
Tabla 3.13 Estados de fases y líneas.	35
Tabla 3.14 Estado de disyuntores.	35
Tabla 3.15 Estados de los laboratorios.	36

RESUMEN

El presente proyecto plantea el desarrollo de un tablero de distribución en el área de Control del laboratorio de Tecnología Industrial, el cual suministra energía eléctrica a los nuevos laboratorios de la ESFOT.

El proyecto de titulación, “IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL PARA EL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL” cuenta con disyuntores que permite la protección de los laboratorios y al propio tablero de una sobre corriente o falla que exista en el sistema de distribución.

El capítulo uno contiene la introducción describiendo las circunstancias, motivos y objetivos planteados para su ejecución, también se describe los antecedentes del proyecto realizado.

El capítulo dos describe la metodología aplicada para la implementación del tablero, los cálculos teóricos matemáticos analizados para la selección de materiales y su diseño.

El capítulo tres refiere en detalle las actividades ejecutadas, cableado para las acometidas de los laboratorios y montaje de dispositivos de protección. Finalmente, se detallan las pruebas y sus resultados.

El capítulo cuatro muestra las conclusiones y recomendaciones obtenidas a partir de la implementación y funcionamiento del proyecto.

ABSTRACT

This project proposes the development of a distribution board in the Control area of the Industrial Technology laboratory, which supplies electrical energy to the new ESFOT laboratories.

The degree project, "IMPLEMENTATION OF A MAIN DISTRIBUTION BOARD FOR THE INDUSTRIAL TECHNOLOGY LABORATORY" has switches that allow the protection of the laboratories and the board itself from an overcurrent or fault that exists in the distribution system.

Chapter one contains the introduction describing the circumstances, reasons and objectives set for its execution, the background of the project carried out is also described.

Chapter two describes the methodology applied for the implementation of the board, the theoretical mathematical calculations analyzed for the selection of materials and their design.

Chapter three refers in detail to the activities carried out according to the theoretical framework, wiring for the laboratory connections and assembly of protection devices. Finally, the tests and their results are detailed.

Chapter four shows the conclusions and recommendations obtained from the implementation and operation of the project.

1 INTRODUCCIÓN

El proyecto fue instalado en las inmediaciones del laboratorio de Tecnología Industrial de la ESFOT junto al tablero de Control Industrial, tiene como objetivo principal el suministro de energía eléctrica a los tableros de control de los laboratorios de Control Industrial, Análisis Instrumental, Mecánica e Instalaciones Eléctricas, que mediante dispositivos de protección brinda seguridad a todo el sistema de distribución.

El presente proyecto permite con facilidad a todo estudiante encargado o supervisores el acceso al tablero para el mantenimiento y uso adecuado con el objetivo de llevar a cabo el correcto funcionamiento ante cualquier eventualidad.

Un tablero eléctrico de distribución es muy importante en la industria debido a que es un gabinete en el que se encuentra un sistema de conexiones, barras, dispositivos de protección y maniobra que sirven para operar de forma directa los circuitos en que está dividida la instalación, además de brindar un adecuado suministro de energía eléctrica soporte y protección. [1]

En la Escuela de Formación de Tecnólogos se construyó dos nuevos laboratorios y el tablero actual no podía manejar la nueva carga, debido a que no cuenta con el espacio para la instalación de otros dispositivos de protección y así ampliar nuevas acometidas. Fue importante implementar el nuevo tablero de distribución que contribuye con el mejoramiento de energía eléctrica a los nuevos laboratorios. [2]

En el laboratorio de Tecnología Industrial de la ESFOT se propuso instalar un nuevo tablero de distribución que se encarga de suministrar energía eléctrica a los tableros de control de los laboratorios de Control Industrial, Análisis Instrumental, Mecánica e Instalaciones Eléctricas.

Con la implementación del tablero de distribución principal en las inmediaciones del laboratorio de Tecnología Industrial sus principales beneficiarios son profesores y estudiantes de la carrera de tecnología superior en electromecánica y estudiantes de la carrera de tecnología superior en redes y telecomunicaciones de la ESFOT, con este tablero se puede distribuir a los diferentes laboratorios el suministro de energía eléctrica con el fin de ampliar los recursos en la enseñanza y aplicación de las diferentes materias que se reparten en las carreras de la ESFOT. [3]

Debido al aumento de nuevos laboratorios se ve la necesidad de ampliar y mejorar el suministro de energía eléctrica, con sus respectivas protecciones para que la alimentación de energía eléctrica a los diferentes laboratorios sea segura.

El tablero de distribución principal cuenta con disyuntores de protección para la acometida principal como para las acometidas de los laboratorios y sirven para que los estudiantes o supervisores del tablero tengan una rápida alerta de lo que sucede y tomen las acciones correspondientes para solucionar el problema que pueda tener el tablero de distribución.

Adicionalmente, en el Anexo 1 se muestra el certificado de funcionamiento aprobado por la comisión y avala que el proyecto se encuentra funcionando correctamente.

1.1 Objetivo general

Implementar un tablero de distribución principal para el laboratorio de tecnología industrial.

1.2 Objetivos específicos

1. Realizar un Estudio de Requerimientos para la Construcción del Tablero.
2. Implementar el Tablero de Distribución.
3. Implementar las Acometidas Principales y Secundarias del Tablero.
4. Realizar las Pruebas y el Análisis de Resultados.
5. Realizar un Plan de Uso y Mantenimiento del Tablero de Distribución del laboratorio de Tecnología Industrial.

2 METODOLOGÍA

2.1 Descripción de la metodología usada

Se implementó un tablero de distribución, el cual tiene un sistema de protección que cuenta con disyuntores de marca Schneider de alta capacidad de amperaje.

Realizar un estudio de requerimientos para la construcción del tablero.

Se realizó una visita al laboratorio de Tecnología Industrial, para determinar la ubicación del tablero de distribución, con el fin de dimensionar el tablero. Se realizó un esquema de donde estarán ubicados los elementos eléctricos.

Posteriormente se realizó un estudio de la acometida principal obteniendo los datos de voltaje y corriente que alimentarán el tablero de distribución y con esto se dimensionó los calibres para las conexiones de las acometidas como de las conexiones internas del tablero y especificaciones eléctricas que deben tener los elementos de protección.

A continuación, se realizó un estudio de carga del laboratorio de Control Industrial, con la información que se obtuvo se visitó a diferentes locales que dispongan de los elementos necesarios para la implementación del tablero y así determinar la mejor opción en calidad precio, llevando a cabo la adquisición de los materiales.

Implementar el tablero de distribución.

Una vez realizada la adquisición de los elementos eléctricos, se realizó la construcción del tablero, contando con un disyuntor principal de 80 (A) y 220 (V) de marca Schneider este a su vez alimenta de energía eléctrica a las barras de cobre las cuales suministran a cuatro disyuntores de capacidad de 40 (A) y 220 (V) de marca Schneider, esta es la acometida para la alimentación de los laboratorios. Todos los componentes eléctricos se conectaron con los calibres adecuados como todos sus elementos que se determinaron a utilizar, esto se montó en un tablero de acero galvanizado de las medidas determinadas anteriormente, se realizó las perforaciones y espacios necesarios para ubicar e instalar todos los elementos eléctricos, la construcción se efectuó cumpliendo las normas de seguridad para la construcción de tableros principales NEC (Norma Ecuatoriana de Construcción).

Implementar las acometidas principales y secundarias del tablero.

Una vez realizada la construcción del tablero, se instaló en la zona determinada en el laboratorio de Tecnología Industrial y se realizó la acometida principal que viene

directamente de la red, así mismo se ejecutó las acometidas secundarias que salen del tablero de distribución principal a los tableros de los diferentes laboratorios.

Realizar las pruebas y el análisis de resultados.

Una vez concluida la instalación, el tablero se lo activó permitiendo:

- Observar su funcionamiento.
- Realizar una prueba de carga encendiendo todas las mesas de trabajo.
- Anotar y analizar los parámetros eléctricos.

Realizar un plan de uso y mantenimiento del tablero de distribución del laboratorio de Tecnología Industrial.

Se realizó un documento en donde se especifica cómo poner en funcionamiento el tablero de distribución, además, se realizó un cronograma de supervisión y mantenimiento, se determinó cada que tiempo se debe realizar dicho mantenimiento detallando los puntos más importantes a revisar del tablero y se indicó que medidas de protección y pasos se deben cumplir.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 3.1 se muestra el proyecto terminado, en la Figura 3.2 se aprecia todos los elementos utilizados para la construcción del tablero. El tablero de distribución principal se encuentra situado en el laboratorio de Tecnología Industrial de la ESFOT y permite la alimentación y distribución de energía eléctrica a los laboratorios de Control Industrial, Análisis Instrumental, Mecánica e Instalaciones Eléctricas.



Figura 3.1 Tablero de distribución principal.

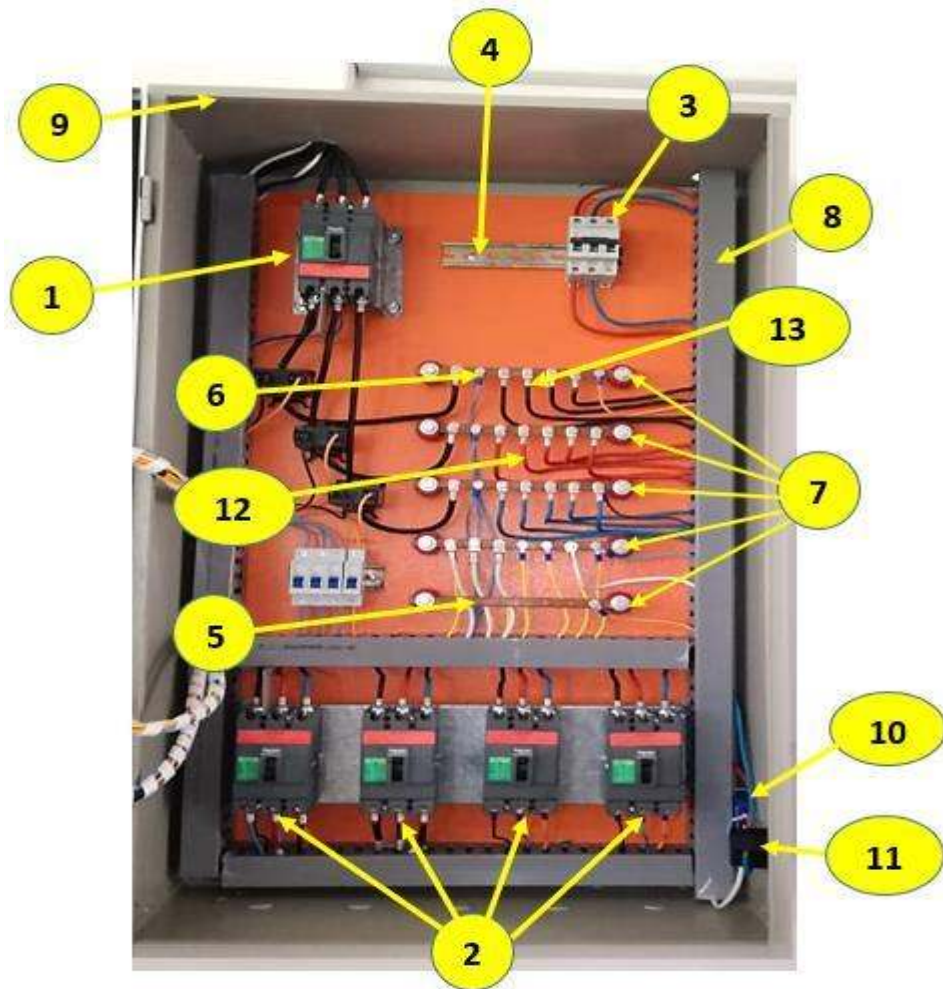


Figura 3.2 Componentes del tablero.

1. Disyuntor tipo caja moldeada 3P 80 (A) Schneider de la acometida principal.
2. Disyuntores tipo caja moldeada 3P 40 (A) Schneider de las acometidas secundarias de los cuatro laboratorios.
3. Disyuntor de 16 (A) marca Schneider de las tomas de 127 (V) y 220 (V).
4. Regleta de anclamiento para disyuntores.
5. Barras de cobre 1/8 x 1/2".
6. Pernos 3/4 de acero inoxidable.
7. Aisladores porta barras C/PERNOS 35 mm x 28 mm.
8. Canaletas de distribución.
9. Gabinete metálico color beige 100 cm x 60 cm x 29 cm.
10. Toma corriente de 127 (V).
11. Toma corriente de 220 (V).
12. Cables 8 AWG.
13. Terminales de compresión.

3.1 Estudio de requerimientos para la construcción del tablero.

Se efectuó el estudio de requerimientos para la construcción del tablero en el Laboratorio de Tecnología Industrial de la ESFOT, con el fin de conocer los elementos necesarios y ubicación exacta del tablero con el cual se pudo desarrollar el presente proyecto.

Requerimientos para la construcción del tablero de distribución principal.

Los requerimientos para la construcción del tablero se establecieron determinando las medidas de voltaje y corriente de la acometida principal, tomando también las medidas de los tableros de Control Industrial y Análisis Instrumental que se van alimentar del nuevo tablero de distribución principal. Todas estas mediciones de las magnitudes eléctricas se realizaron con un multímetro y una pinza amperimétrica, los datos obtenidos se muestran en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Mediciones de voltajes y corrientes.

Voltajes de los disyuntores Línea-Neutro de los tableros sin carga				
Voltajes Línea-Neutro	R/N	S/N	T/N	Tipo de voltaje
Control Industrial	122.7 (V)	122.8 (V)	122.5 (V)	Alterna
Análisis Instrumental	122.8 (V)	122.4 (V)	122.9 (V)	Alterna
Voltajes de los disyuntores Línea-Línea de los tableros sin carga				
Voltajes Línea-Neutro	R/S	S/T	T/R	Tipo de voltaje
Control Industrial	216.2 (V)	215.3 (V)	216.9 (V)	Alterna
Análisis Instrumental	216.4 (V)	217.8 (V)	217.1 (V)	Alterna
Corrientes de los disyuntores de los tableros sin carga				
Voltajes Línea-Neutro	R	S	T	Tipo de corriente
Control Industrial	0.0 (A)	0.0 (A)	0.0 (A)	Alterna
Análisis Instrumental	0.0 (A)	0.0 (A)	0.0 (A)	Alterna

Una vez hecho esto, con la ayuda de un flexómetro se tomó las medidas para dimensionar el tamaño del gabinete del tablero principal. Además, se ubicó el nuevo tablero de distribución principal en el espacio ya designado como se muestra en la Figura 3.3.



Figura 3.3 Espacio seleccionado para la instalación del tablero principal de distribución.

Realizar pruebas en el laboratorio

Prueba de carga

La prueba a realizarse sirve para obtener datos eléctricos y analizar su comportamiento cuando el sistema se somete a cargas.

La prueba de carga se realizó en el laboratorio de Control Industrial de la ESFOT, se activó en cada mesa de trabajo un motor trifásico utilizado en las prácticas, en la Figura 3.4 se observa un motor conectado.



Figura 3.4 Mesa de trabajo del laboratorio de Control Industrial.

De igual forma con la ayuda de un multímetro y pinza amperimétrica se efectuó mediciones y se obtuvo los datos de voltajes y corrientes como se observa en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Mediciones de voltajes y corrientes de la prueba de carga.

Tablero de Control Industrial			
Voltajes Línea-Línea	R/S	S/T	T/R
Con carga	214.9 (V)	212.9 (V)	211.9 (V)
Voltajes Línea-Neutro	R/N	S/N	T/N
Con carga	122 (V)	121.4 (V)	122.8 (V)
Corrientes	R	S	T
Con carga	2.8 (A)	2.5 (A)	2.3 (A)

Análisis para determinación de los disyuntores de protección

Mediante los datos obtenidos de las mediciones del voltaje y corriente más el estudio que se realizó en el laboratorio se aplicó ecuaciones para conocer la corriente nominal y poder determinar los elementos de protección.

Para conocer el amperaje y escoger el disyuntor se necesita la corriente de consumo, este dato se lo obtiene primero calculando la potencia máxima que consume el laboratorio, se tuvo como referencia la potencia consumida por los equipos existentes en el laboratorio de Control Industrial como se indica en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Potencia de consumo total.

Cantidad	Descripción	Watts de consumo (W)	Watts de consumo total (W)
8	Motor trifásico de 0.75 (HP)	560	4480
8	Computadora de escritorio	300	2400
1	Compresor marca Campbell Hausfeld de 2 (HP)	1492	1492
8	PLC 1200 marca siemens	120	960
8	Logo marca siemens	110	880
	Potencia total		10212

Se obtuvo como resultado que la potencia total es de 10.212 (kW).

Este dato se toma como referencia para los demás laboratorios ya que los laboratorios de Instalaciones Eléctricas e Instalaciones Mecánicas no se encuentran habilitados por el momento.

Con la potencia total ya conocida solo se aplica la Ecuación 3.1.

$$\text{Corriente nominal} = \frac{P_t}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot f_p}$$

Ecuación 3.1 Corriente nominal. [4]

Donde:

P_t : 10.212(kW) Potencia total

V_L : 220 (V) Voltaje

f_p : 0.8 Factor de potencia

Usando la Ecuación 3.1 se obtiene:

$$\text{Corriente nominal} = 33.49(\text{A})$$

Una vez obtenida la corriente nominal de cada laboratorio, por norma se debe incrementar en un 15 o 20 por ciento más de lo obtenido. Para este caso se utilizó un porcentaje del 15% y se utiliza la siguiente ecuación. [5]

$$\text{Corriente del disyuntor} = 115\% \cdot \text{Corriente nominal}$$

Ecuación 3.2 Corriente del disyuntor. [6]

Donde:

115% : Porcentaje de seguridad
corriente nominal : 33.49 (A)

Usando la Ecuación 3.2 se obtiene:

$$\text{Corriente del disyuntor} = 38.52 (\text{A})$$

Dada la corriente del disyuntor de cada laboratorio que es de 38.52 (A) se pudo escoger los disyuntores secundarios con una capacidad de 40 (A) cada uno.

El elemento de protección escogido es de la marca Schneider de tipo caja moldeada 3P de 40 (A) que es utilizada en tableros eléctricos, en la Figura 3.5 se muestra el disyuntor seleccionado.



Figura 3.5 Disyuntor de 40 (A) trifásico.

Adicionalmente en la Tabla 3.4 se muestra los datos técnicos del disyuntor seleccionado.

Tabla 3.4 Datos técnicos disyuntor de 40 (A). [7]

Datos técnicos disyuntor de 40 (A)	
Tipo de producto o componente	Interruptor automático
Gama de producto	Pacto de poder H
Tipo de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de poder de corte	G
Corriente nominal	40 (A)
Número de polos	3P
Clasificación de interrupción	20 (kA) 500 (V) DC 65 (kA) 240 (V) CA 35 (kA) 480 (V) CA 18 (kA) 600 (V) CA 20 (kA) 250 (V) DC
(Ue) tensión asignada de empleo	250 (V) DC 600 (V) CA 500 (V) DC

Clasificación de corriente continua	80 %
Tipo de montaje	I-Line
Consecutivo, seguido, continuo, adosado	I-Conexión de línea Línea Agarradera (*) carga (*)
Calibre del cable	AWG 14...AWG 3/0 aluminio/cobre
Fase	ABC
Intensidad magnética mínima de disparo	400 (A)
Intensidad de disparo magnético	850 (A)
Altura	247.14 mm
Anchura	113.79 mm
Profundidad	121.92 mm
Par de apriete	5 N.m 2.5...95 mm AWG 14...AWG 3/0

Para el cálculo del disyuntor principal se tomó como referencia la corriente consumida por cada disyuntor de los laboratorios, a partir de la Ecuación 3.2 se puede ver el valor obtenido que es de 38.52 (A). Partiendo de este dato, al poseer cuatro disyuntores de la misma corriente, la suma de estos da como resultado una corriente total de 154.08 (A) y al multiplicar por el factor de uso de 0.5 establecida por la norma NEC se tiene un resultado de 77.04 (A) por tanto, el elemento de protección escogido es de la marca Schneider de tipo caja moldeada 3P de 80 (A) que también es utilizada en tableros eléctricos. [8]

En la Figura 3.6 se muestra el elemento de protección seleccionado y en la Tabla 3.5 se observa los datos técnicos del disyuntor.



Figura 3.6 Disyuntor de 80 (A) trifásico.

Tabla 3.5 Datos técnicos disyuntor de 80 (A). [9]

Datos técnicos disyuntor de 80 (A)	
Tipo de producto o componente	Interruptor automático
Gama de producto	Pacto de poder H
Tipo de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de poder de corte	G
Corriente nominal	80 (A)
Número de polos	3P
Clasificación de interrupción	20 (kA) 500 (V) DC 65 (kA) 240 (V) CA 35 (kA) 480 (V) CA 18 (kA) 600 (V) CA 20 (kA) 250 (V) DC
(Ue) tensión asignada de empleo	250 (V) DC 600 (V) CA 500 (V) DC
Clasificación de corriente continua	80 %

Tipo de montaje	Montaje de la unidad ((*))
Consecutivo, seguido, continuo, adosado	Agarradera ((*)) carga ((*)) Agarradera ((*)) línea
Calibre del cable	AWG 14...AWG 3/0 aluminio/cobre
Intensidad magnética mínima de disparo	800 (A)
Intensidad de disparo magnético	1450 (A)
Altura	162.56 mm
Anchura	104.65 mm
Profundidad	110.74 mm
Par de apriete	5 N.m 2.5...95 mm AWG 14...AWG 3/0

Selección de calibre del cable

Para la selección del calibre del cable para los disyuntores de 40 (A) que se conectan desde las barras de cobre, se utilizó la corriente obtenida anteriormente con la Ecuación 3.2 que fue de 38.52 (A) y mediante la ayuda de una tabla estándar de selección de calibre como se muestra en la Tabla 3.6 se escoge el calibre del cable adecuado.

Tabla 3.6 Selección del calibre del cable para el disyuntor de 40 (A). [10]

Amperaje – Cable de cobre			
Tipo de aislante	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2
Nivel de temperatura	60 (°C)	75 (°C)	90 (°C)
Calibre del cable	Amperaje soportado		
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)
3 AWG	85 (A)	100 (A)	115 (A)
2 AWG	95 (A)	115 (A)	130 (A)
1 AWG	110 (A)	130 (A)	145 (A)
1/0 AWG	125 (A)	150 (A)	170 (A)
2/0 AWG	145 (A)	175 (A)	195 (A)
3/0 AWG	165 (A)	200 (A)	225 (A)
4/0 AWG	195 (A)	230 (A)	260 (A)

En este caso según la Tabla 3.6 se seleccionó el cable de calibre número 8 AWG.

Cabe mencionar que no se tomó en consideración la caída de voltaje, por la razón que desde las barras de cobre a los disyuntores no existe una distancia considerable.

De igual manera la selección del calibre de cable de conexión para el disyuntor de 80 (A) que se alimenta desde la acometida principal, se utilizó la corriente obtenida en el cálculo anterior que fue de 77.04 (A), posteriormente en la misma tabla se seleccionó el calibre de cable número 4 AWG como se muestra en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7 Selección del calibre del cable para el disyuntor de 80 (A). [10]

Amperaje – Cable de cobre			
Tipo de aislante	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2
Nivel de temperatura	60 (°C)	75 (°C)	90 (°C)
Calibre del cable	Amperaje soportado		
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)
3 AWG	85 (A)	100 (A)	115 (A)
2 AWG	95 (A)	115 (A)	130 (A)
1 AWG	110 (A)	130 (A)	145 (A)
1/0 AWG	125 (A)	150 (A)	170 (A)
2/0 AWG	145 (A)	175 (A)	195 (A)
3/0 AWG	165 (A)	200 (A)	225 (A)
4/0 AWG	195 (A)	230 (A)	260 (A)

Cabe recalcar que no se utilizó el calibre número 4 AWG a la entrada y salida del disyuntor principal ya que provisionalmente su acometida se encuentra implementada con cables de calibre número 8 AWG, por ende, se instaló el mismo calibre de su acometida principal con el fin de evitar sobrecalentamientos en los cables de conexión.

Adquisición de los materiales para la construcción del tablero de distribución principal

Una vez obtenido el calibre del cable, la capacidad de corriente de los disyuntores, la distancia para las acometidas de alimentación de energía hacia los laboratorios de Control Industrial y Análisis Instrumental, además, de los elementos eléctricos, se realizó las cotizaciones en diferentes lugares y se procedió a la compra en el lugar más conveniente para continuar con la construcción del tablero.

A continuación, se detalla en la Tabla 3.8 los elementos eléctricos adquiridos con su costo, por otra parte, en el Anexo 2 se puede ver las facturas reales.

Tabla 3.8 Costo de materiales.

Cantidad	Descripción	Precio (USD)
1	Disyuntor tipo caja moldeada 3P 600 (V) 80 (A) Schneider	63.56
4	Disyuntor tipo caja moldeada 3P 600 (V) 40 (A) Schneider	232.88
1	Medidor de parámetros Sentron PAC 3100	329.70
3	Transformadores de corriente 100-5 (A) miniatura Dixen	20.13
1	Gabinete metálico color beige 100x60x29	160.29
3	Barra de cobre 1/8 x 1/2"	16.39
12	Luz piloto led 220 (V) verde 22mm Camsco	17.40
3	Luz piloto led 220 (V) amarillo 22mm Camsco	4.05
10	Aislador porta barras C/PERNOS 35mm x 28 mm	9.50
1	Cable superflex #8	6.93
7	Cable THHN 7 hilos #8	7.42
8	Terminales de compresión #8 8mm (5/16") C10-8 ojo grande	1.76
30	Terminales de compresión #8 6mm (1/4") C10-6	6.60

Cantidad	Descripción	Precio (USD)
26	Terminal tipo ojo azul #16-14 AWG ¼" (2-6)	1.82
12	Terminal tipo hembra azul #16-14 AWG 6.4 mm (5120B)	0.84
4	Canaleta ranurada 40x60 Dexson	21.76
38	Cable superflex #8	37.62
13	Cable 7 hilos #8 color blanco	13.78
2	Canaleta blanca 60x40 Dexson	22.60
1	Metro de cinta espiral 12mm	0.70
5	Terminal de compresión #8 8mm	1.10
4	Disyuntor para riel 1P 2(A) Chint	8.00
1	Luz piloto led verde 220 (V)	1.45
	Sub total	986.28
	Iva 12 %	118.35
	Total	1104.63

3.2 Implementación del tablero de distribución.

Ajuste y modificación del tablero galvanizado

Se realizó varias modificaciones al tablero para ubicar los elementos eléctricos como se muestra en la Figura 3.7, realizando cortes y perforación según correspondió para la ubicación de todos los elementos eléctricos.



Figura 3.7 Modificaciones del tablero.

Instalación de disyuntores y barras de cobre

En la Figura 3.8 se observa la perforación de las barras de cobre para el anclaje de los cables de alimentación del disyuntor principal para la distribución de energía eléctrica.



Figura 3.8 Perforación de las barras de cobre.

Se instaló 3 barras de cobre que corresponden a las 3 fases, además, dos barras de cobre adicionales para el neutro y para la conexión a tierra.

Una vez realizada las perforaciones se adaptó bases para instalar los disyuntores, en la Figura 3.9 se muestra las bases ya instaladas.



Figura 3.9 Bases instaladas.

A continuación, en la Figura 3.10 se observa el procedimiento de ubicación y perforación en las bases para la instalación de los disyuntores colocándolos en una posición adecuada permitiendo la distribución correcta de los cables.

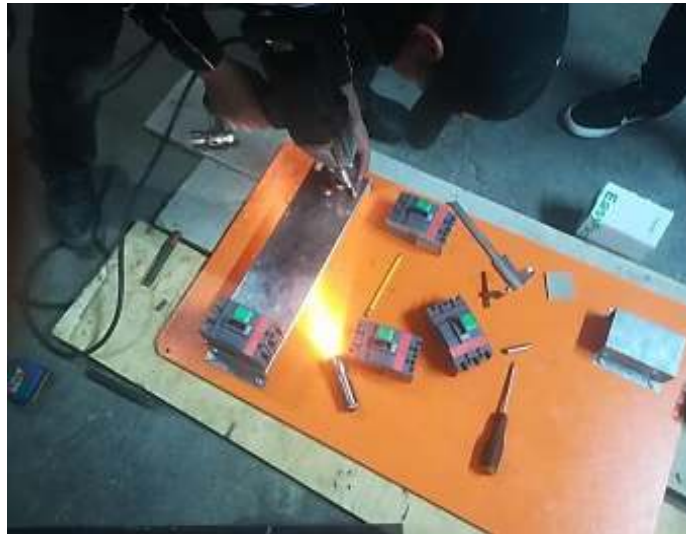


Figura 3.10 Instalación de los disyuntores.

Además, se ubicó y se marcó las posiciones dónde van las barras de cobre y se realizó las perforaciones, una vez hecho esto se instaló los aisladores porta barras como se observa en la Figura 3.11.

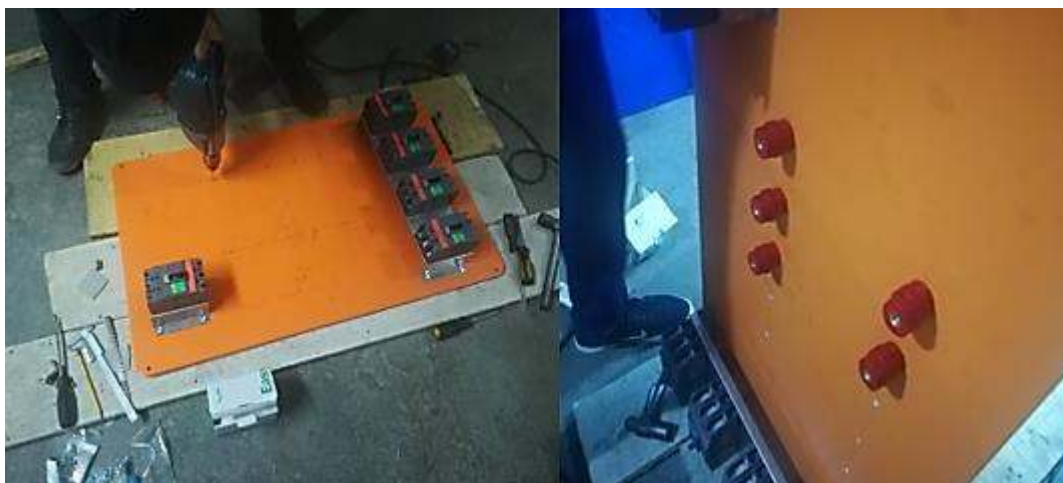


Figura 3.11 Instalación de aisladores porta barras.

Una vez instalado todo, en la Figura 3.12 se puede ver todos los elementos eléctricos de protección antes mencionados ya instalados en el tablero.

Se observa al inicio el disyuntor de 80 (A), este alimenta a las barras de distribución y estas barras de cobre se encargan de suministrar energía eléctrica a los cuatro

disyuntores de 40 (A), los cuales dos de ellos alimentan de energía eléctrica a los tableros de Control Industrial, Análisis Instrumental y los dos últimos se encargarán de alimentar de energía eléctrica a los laboratorios de Instalaciones Eléctricas e Instalaciones Mecánicas cabe recalcar que los disyuntores de 40 (A) de estos dos últimos laboratorios no son definitivos por la razón de que se desconoce las cargas que operaran en dichos laboratorios.

Adicionalmente se instaló un disyuntor de 16 (A) para las conexiones de las tomas de 127 (V) y 220 (V).



Figura 3.12 Instalación de disyuntores y barras de cobre.

Cableado de todo el sistema de distribución de energía eléctrica del tablero de distribución principal.

Para una correcta distribución y orden de los cables previamente se instaló canaletas donde van a distribuirse todos los cables a los diferentes disyuntores como también a las barras de cobre, esto se puede observar en la Figura 3.13.

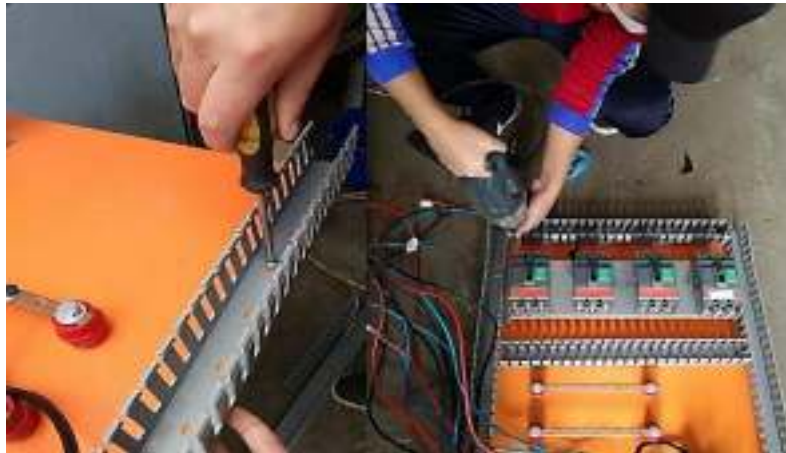


Figura 3.13 Instalación de canaletas de distribución.

Concluida la instalación de las canaletas se realizó el cableado del tablero de distribución, en las siguiente Figura 3.14 se observa las imágenes en secuencia que se siguió para la conexión del cableado eléctrico.

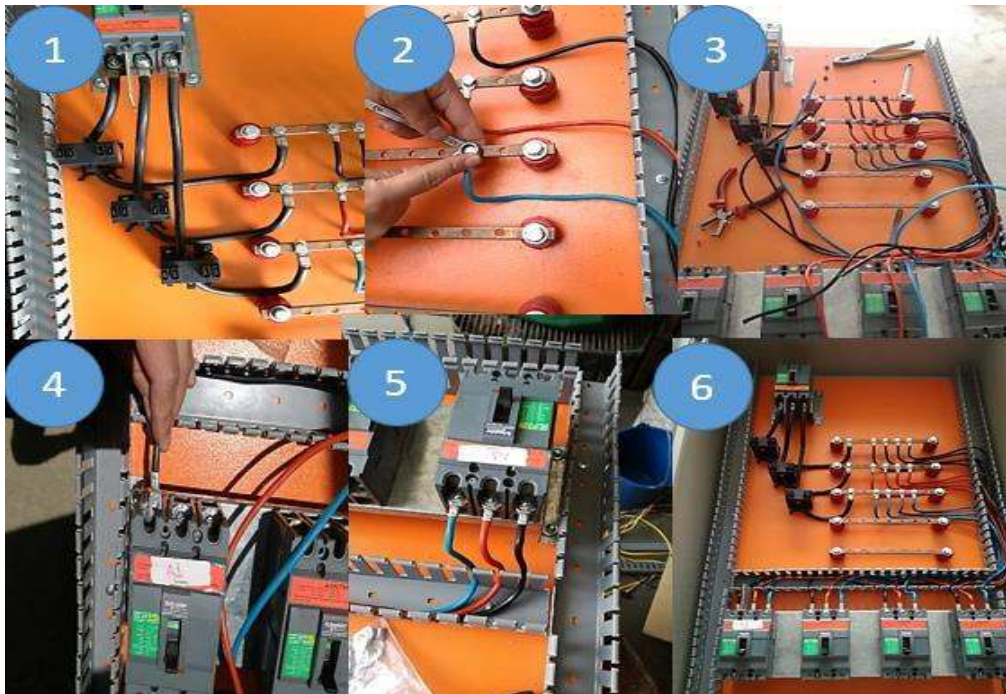


Figura 3.14 Cableado del tablero.

1. Se conectó con el calibre número 8 AWG desde el disyuntor principal a las barras de cobre (Fases R, S, T).
2. En las barras de cobre se instaló y ajustó mediante pernos de $\frac{3}{4}$ de acero galvanizado a los cables de calibre número 8 AWG para cada fase.
3. Se colocó todos los cables para la conexión de los cuatro disyuntores secundarios.

4. Se midió la distancia de los cables de las tres fases que vienen desde las barras de cobre hacia los cuatro disyuntores secundarios pasando por las canaletas de distribución.
5. Se conectó los cables de las tres fases en cada disyuntor secundario.
6. Se observa la instalación finalizada.

Instalación del tablero de distribución principal en el laboratorio de Control Industrial

Al finalizar la construcción del tablero se montó en el área previamente designada, en la Figura 3.15 se puede ver las imágenes en secuencia previo a la instalación.



Figura 3.15 Montaje del tablero.

1. Se señaló seis puntos en la pared y se empezó a perforar y colocar los tacos fijación.
2. Se situó el tablero en el lugar de las perforaciones para luego colocar los pernos.
3. Se ajustó todos los pernos contra la pared para una buena sujeción del tablero.

4. Se fijó en el área designada y se instaló la puerta del tablero.
5. Se instaló los elementos eléctricos del tablero.
6. Se puede observar el tablero ya empotrado en la pared.

Etiquetado del tablero de distribución principal

Para ubicar y tener conocimiento a que parte del sistema eléctrico pertenece cada elemento se realizó el etiquetado, en la Tabla 3.9 se puede observar la nomenclatura con su respectivo significado de las etiquetas de todo el tablero de distribución principal.

Tabla 3.9 Etiquetado.

Etiquetado de los disyuntores	
Nomenclatura	Significado
A.I	Análisis Instrumental
C.I	Control Industrial
I.E	Instalaciones Eléctricas
I.M	Instalaciones Mecánicas
T.D.P	Tablero de Distribución Principal
Etiquetado de las barras	
R	Fase R
S	Fase S
T	Fase T
N	Neutro
Etiquetado de la puerta del tablero	
TDP-R	Tablero de Distribución Principal – Fase R
TDP-S	Tablero de Distribución Principal – Fase S
TDP-T	Tablero de Distribución Principal – Fase T
CI-R	Control Industrial – Fase R
CI-S	Control Industrial – Fase S
CI-T	Control Industrial – Fase T
AI-R	Análisis Instrumental – Fase R
AI-S	Análisis Instrumental – Fase S
AI-T	Análisis Instrumental – Fase T
IE-R	Instalaciones Eléctricas – Fase R
IE-S	Instalaciones Eléctricas – Fase S
IE-T	Instalaciones Eléctricas – Fase T

IM-R	Instalaciones Mecánicas – Fase R
IM-S	Instalaciones Mecánicas – Fase S
IM-T	Instalaciones Mecánicas – Fase T
Etiquetado del cable #8	
TDP-R	Tablero de Distribución Principal – Fase R
TDP-S	Tablero de Distribución Principal – Fase S
TDP-T	Tablero de Distribución Principal – Fase T
CI-R	Control Industrial – Fase R
CI-S	Control Industrial – Fase S
CI-T	Control Industrial – Fase T
AI-R	Análisis Instrumental – Fase R
AI-S	Análisis Instrumental – Fase S
AI-T	Análisis Instrumental – Fase T
IE-R	Instalaciones Eléctricas – Fase R
IE-S	Instalaciones Eléctricas – Fase S
IE-T	Instalaciones Eléctricas – Fase T
IM-R	Instalaciones Mecánicas – Fase R
IM-S	Instalaciones Mecánicas – Fase S
IM-T	Instalaciones Mecánicas – Fase T

3.3 Implementación de las acometidas principales y secundarias del tablero.

Concluida la instalación e implementación del tablero de distribución principal se procedió a realizar las acometidas principales y secundarias.

La alimentación de los tableros de Control Industrial y Análisis Instrumental antes tenían la siguiente conexión: de la acometida principal se alimentaba de energía el tablero de Control Industrial y del disyuntor principal de este tablero salía la conexión al tablero de Análisis Instrumental es decir que se encontraba en una conexión en paralelo.

Implementación de la acometida principal

La siguiente acometida viene desde un pequeño tablero que se encuentra al lado del tablero de Análisis Instrumental como se muestra en la Figura 3.16, el cual se encarga de suministrar energía eléctrica al tablero de distribución principal.



Figura 3.16 Acometida Principal.

Las mediciones realizadas con el flexómetro para el largo del cableado son 8 metros pasando por el techo, el calibre utilizado fue el número 8 AWG. Cabe acotar que este calibre del cable de la acometida principal es temporal por la razón que en un futuro será remplazado por un cable de calibre número 4 AWG.

En la Figura 3.17 se muestra la secuencia con la que fue instalada las canaletas para la distribución del cableado de alimentación del tablero principal y la conexión de la acometida principal.

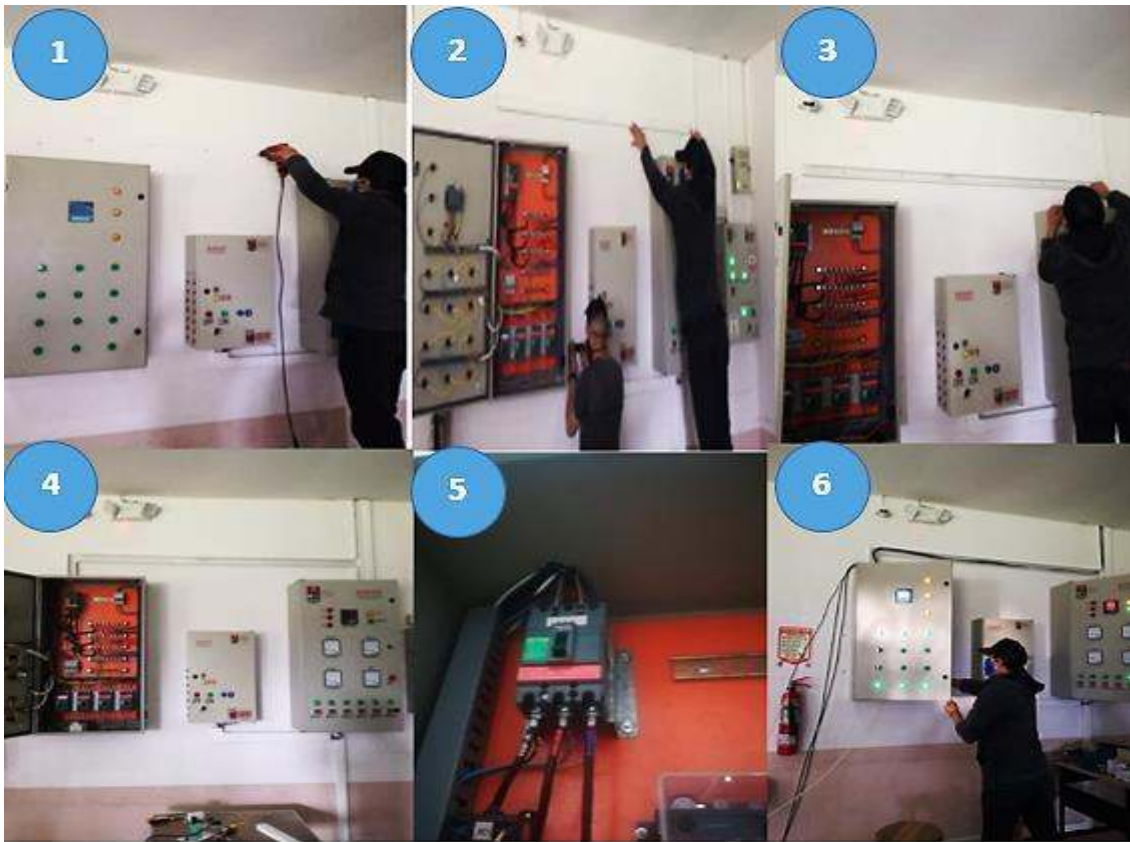


Figura 3.17 Instalación de la acometida principal del tablero.

1. Se perforó y se colocó tacos de fijación en los puntos seleccionados para la instalación de las canaletas.
2. Se instaló la canaleta en el área seleccionada.
3. Se ajustó la canaleta mediante pernos.
4. Se observa la instalación de las canaletas.
5. Se realizó el cableado y la conexión de alimentación del disyuntor principal del tablero de distribución.
6. Se muestra el previo funcionamiento del tablero principal una vez finalizada la conexión de la acometida principal.

Implementación de las acometidas secundarias

Las acometidas secundarias se realizaron también con un cable de calibre número 8 AWG, se conectó desde el nuevo tablero de distribución a los tableros de Control Industrial y de Análisis Instrumental.

La alimentación de energía eléctrica a cada tablero sale de los disyuntores de 40 (A) como se muestra en la Figura 3.18 hacia los disyuntores principales de los otros tableros, con esto la alimentación de energía eléctrica a cada tablero es independiente.

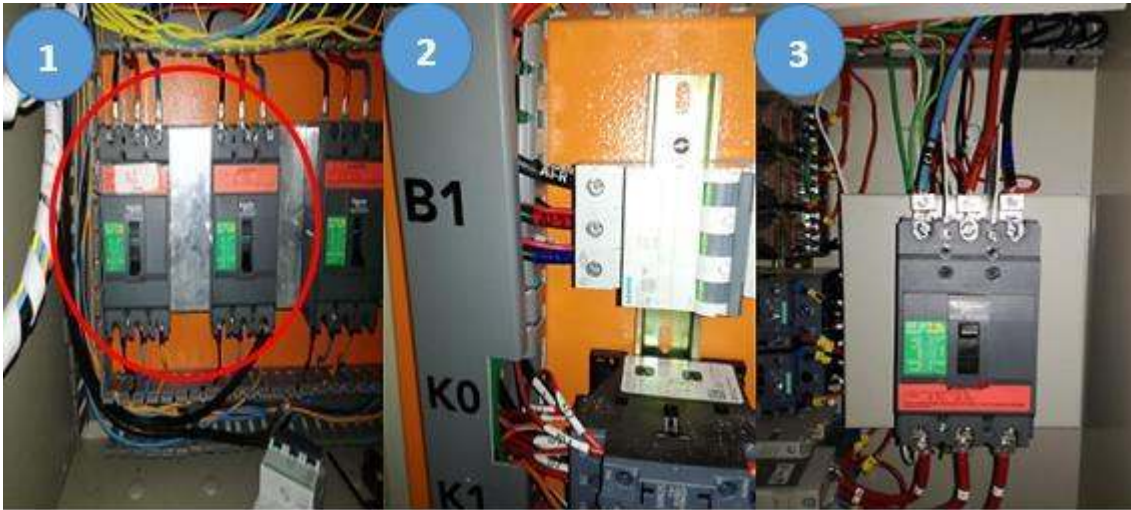


Figura 3.18 Acometidas secundarias.

1. Disyuntores de alimentación de energía eléctrica de las acometidas secundarias.
2. Acometida del tablero de Análisis Instrumental.
3. Acometida del tablero de Control Industrial.

En el Anexo 3 se puede visualizar el plano unifilar de las conexiones realizadas en los tableros.

3.4 Pruebas y Análisis de Resultados

Mediante herramientas de medición de voltaje y corriente se realizó la toma de datos sin carga en los tableros de Control Industrial, Análisis Instrumental y del tablero principal.

Así mismo se realizó la toma de datos de voltajes y corrientes con cargas en las mesas de trabajo de los laboratorios, para observar los cambios que existen.

Datos de voltaje y corrientes en todo el sistema eléctrico sin carga

Con esta revisión se midió que voltajes y corrientes existen en el tablero y se comprueba que los parámetros eléctricos obtenidos sean los esperados.

Con el uso de un multímetro y pinza amperimétrica se tomó los datos de voltajes y corrientes en el tablero principal de distribución tanto en el disyuntor de 80 (A) como en los disyuntores de 40 (A), como también en la entrada y salida de energía eléctrica de los tableros de Control Industrial, Análisis Instrumental, Instalaciones Eléctricas e Instalaciones Mecánicas, dando como resultado lo que se obtiene en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10 Voltajes y corrientes sin cargas.

Voltajes de los disyuntores Línea-Neutro de los tableros sin carga				
Voltajes Línea-Neutro	R/N	S/N	T/N	Tipo de voltaje
Tablero Principal	122.7 (V)	122.8 (V)	122.6 (V)	Alterna
Control Industrial	122.3 (V)	122.7 (V)	122.7 (V)	Alterna
Análisis Instrumental	122.5 (V)	122.8 (V)	122.8 (V)	Alterna
Instalaciones Eléctricas	122.6 (V)	122.9 (V)	122.8 (V)	Alterna
Instalaciones mecánicas	122.5 (V)	122.7 (V)	122.7 (V)	Alterna
Voltajes de los disyuntores Línea-Línea de los tableros sin carga				
Voltajes Línea-Línea	R/S	S/T	T/R	Tipo de voltaje
Tablero Principal	212.9 (V)	213.1 (V)	211.4 (V)	Alterna
Control Industrial	214.6 (V)	214.5 (V)	212.4 (V)	Alterna
Análisis Instrumental	214.8 (V)	215.9 (V)	212.6 (V)	Alterna
Instalaciones Eléctricas	213.2 (V)	213 (V)	211.4 (V)	Alterna
Instalaciones mecánicas	212.5 (V)	212.8 (V)	211.5 (V)	Alterna
Corrientes de los disyuntores de los tableros sin carga				
Corrientes	R	S	T	Tipo de voltaje
Tablero Principal	0.1 (A)	1.7 (A)	1.3 (A)	Alterna
Control Industrial	0.1 (A)	1.6 (A)	1.2 (A)	Alterna

Análisis Instrumental	0.1 (A)	0.4 (A)	0.3 (A)	Alterna
Instalaciones Eléctricas	0.1 (A)	0.1 (A)	0.1 (A)	Alterna
Instalaciones mecánicas	0.1 (A)	0.1 (A)	0.1 (A)	Alterna

Hay que mencionar que los tableros de Control Industrial, Análisis Instrumental y el tablero principal, existe corriente por los focos y elementos de visualización como de maniobra que tienen los tableros.

Prueba de carga

La prueba que se realizó sirve para verificar el comportamiento que tiene el sistema eléctrico al someterlo a cargas y ver si su funcionamiento es óptimo.

La prueba se realizó en el laboratorio de Control Industrial y el Laboratorio de Análisis Instrumental, en el laboratorio de Control Industrial en las mesas de trabajo número 1, 3, 4, 5, 6 se conectó un motor de 220 (V) como se observa en la Figura 3.19.



Figura 3.19 Conexión de motores en las mesas de trabajo del laboratorio de Control Industrial.

En el laboratorio de Análisis Instrumental se conectó en las mesas de trabajo número 6, 7, 8 cargas como un compresor, celulares y un taladro en las tomas de 127 (V) esto se observa en las Figura 3.20.

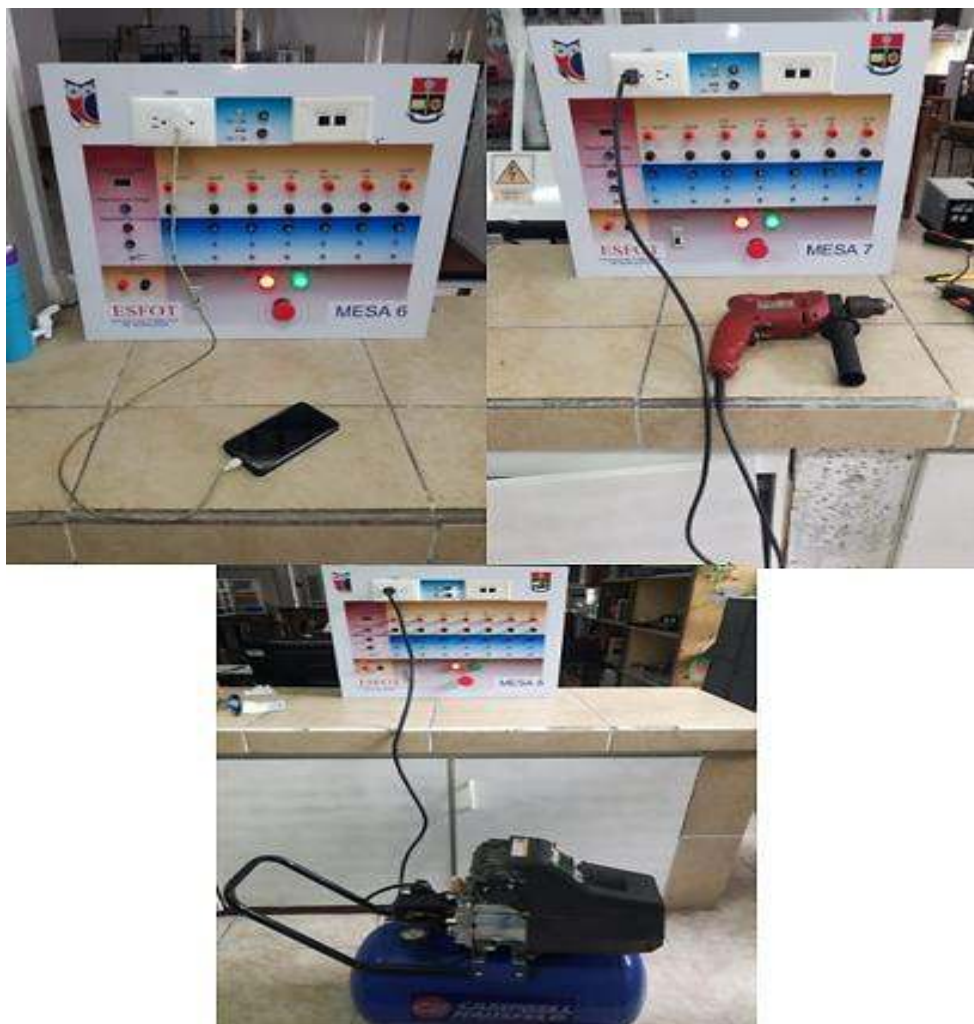


Figura 3.20 Conexión de cargas en las mesas de trabajo del laboratorio de Análisis Instrumental.

Se encendió todas las cargas y se realizó la toma de datos de voltajes y corrientes a las entradas y salidas de los tableros de Control industrial, Análisis Instrumental y el tablero principal, adicionalmente se tomó medidas de voltaje en las barras de cobre y de las tomas de 220 (V) y 127 (V), estos datos obtenidos se muestran en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11 Voltajes y corrientes con cargas.

Tablero principal / disyuntor principal			
Voltaje Línea-Línea	R/S	S/T	T/R
Con carga	213.3 (V)	213 (V)	210.9 (V)
Voltaje Línea-Neutro	R/N	S/N	T/N
Con carga	122.7 (V)	122.9 (V)	122.5 (V)
Corrientes	R	S	T
Con carga	2.6 (A)	2.9 (A)	3.1 (A)
Tablero de Control Industrial			
Voltaje Línea-Línea	R/S	S/T	T/R
Con carga	212.9 (V)	212.0 (V)	210.8 (V)
Voltaje Línea-Neutro	R/N	S/N	T/N
Con carga	122.4 (V)	122.7 (V)	122.3 (V)
Corrientes	R	S	T
Con carga	2.5 (A)	2.7 (A)	2.9 (A)
Tablero de Análisis Instrumental			
Voltaje Línea-Línea	R/S	S/T	T/R
Con carga	211 (V)	210.1 (V)	210 (V)
Voltaje Línea-Neutro	R/N	S/N	T/N
Con carga	123.6 (V)	120.0 (V)	123.7 (V)
Corrientes	R	S	T
Con carga	0.1 (A)	2.8 (A)	0.3 (A)
Voltaje entre Fases			
R-S		213.4 (V)	
S-T		212.7 (V)	
T-R		211.2 (V)	
Voltajes entre Barras-Neutro			
R-S		122.6 (V)	
S-T		122.7 (V)	
T-R		122.8 (V)	
Voltaje toma 220 (V)			
Línea-Línea		213.2 (V)	
L1-Neutro		122.9 (V)	
L2-Neutro		122.6 (V)	

Voltaje toma 127 (V)	
Línea-Neutro	122.6 (V)

La prueba realizada fue satisfactoria ya que cumplió con los parámetros eléctricos esperados para esta prueba. En la Tabla 3.12 se observa el porcentaje de comparación de los voltajes de los tableros estos valores no sobrepasan el 3% de diferencia.

Tabla 3.12 Comparación de voltajes de los tableros con carga y sin carga.

Sin carga			Con carga			Error (%)		
Tablero principal								
Voltajes Línea - Línea			Voltajes Línea - Línea					
R/S	S/T	T/R	R/S	S/T	T/R	R/S	S/T	T/R
212.9 (V)	213.1 (V)	211.4 (V)	213.3 (V)	213.0 (V)	210.9 (V)	0.18	0.04	0.23
Voltajes Línea - Neutro			Voltajes Línea - Neutro					
R/N	S/N	T/N	R/N	S/N	T/N	R/N	S/N	T/N
122.7 (V)	122.8 (V)	122.6 (V)	122.7 (V)	122.9 (V)	122.5 (V)	0	0.08	0.082
Tablero Control Industrial								
Voltajes Línea - Línea			Voltajes Línea - Línea					
R/S	S/T	T/R	R/S	S/T	T/R	R/S	S/T	T/R
214.6 (V)	214.5 (V)	212.4 (V)	212.9 (V)	212.0 (V)	210.8 (V)	0.79	1.16	0.75
Voltajes Línea - Neutro			Voltajes Línea - Neutro					
R/N	S/N	T/N	R/N	S/N	T/N	R/N	S/N	T/N
122.3 (V)	122.7 (V)	122.7 (V)	122.4 (V)	122.7 (V)	122.3 (V)	0.08	0	0.32
Tablero Análisis Instrumental								
Voltajes Línea - Línea			Voltajes Línea - Línea					
R/S	S/T	T/R	R/S	S/T	T/R	R/S	S/T	T/R
214.8 (V)	215.9 (V)	212.6 (V)	211.0 (V)	210.1 (V)	210.0 (V)	1.76	2.68	1.22
Voltajes Línea - Neutro			Voltajes Línea - Neutro					
R/N	S/N	T/N	R/N	S/N	T/N	R/N	S/N	T/N
122.5(V)	122.8 (V)	122.8 (V)	123.6 (V)	120.0 (V)	123.7 (V)	0.89	2.28	0.73

Hay que mencionar que los laboratorios de Instalaciones Eléctrica e Instalaciones Mecánicas no se encuentran habilitadas.

Análisis de los parámetros eléctricos

Al energizar el tablero principal y activar el disyuntor principal de 80 (A) con la ayuda de un multímetro se pudo comprobar mediante mediciones de voltaje el funcionamiento correcto de sus fases y líneas como se muestra en la Tabla 3.13.

Tabla 3.13 Estados de fases y líneas.

Fases y Líneas	Funciona	No funciona
Fase R	✓	
Fase S	✓	
Fase T	✓	
Línea Neutro	✓	
Línea Tierra	✓	

Una vez revisadas las fases se pudo comprobar el funcionamiento de todos los disyuntores utilizados en dicho tablero de forma manual pudiendo verificar en la Tabla 3.14 el estado en el que se encuentra cada disyuntor.

Tabla 3.14 Estado de disyuntores.

Fases y Líneas	Amperios	Funciona	No funciona
Principal	80 (A)	✓	
Control Industrial	40 (A)	✓	
Análisis Instrumental	40 (A)	✓	
Instalaciones Eléctricas	40 (A)	✓	
Instalaciones Mecánicas	40 (A)	✓	
Tomas de 127 (V) y 220 (V)	16 (A)	✓	

Concluidas las acometidas desde los disyuntores secundarios hacia los laboratorios de Control Industrial y Análisis Instrumental se pudo comprobar el funcionamiento de cada tablero de los laboratorios antes mencionados como se puede ver en la Tabla 3.15.

Tabla 3.15 Estados de los laboratorios.

Laboratorios	Funciona	En construcción
Control Industrial	✓	
Análisis Instrumental	✓	
Instalaciones Eléctricas		✓
Instalaciones Mecánicas		✓

3.5 Manual de Uso y Mantenimiento



Figura 3.21 QR con el video del manual de uso.



Figura 3.22 QR con el video del manual de mantenimiento.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La construcción del tablero de distribución principal se desarrolló en un tiempo aproximado de 4 meses y está ubicado en el área de control del laboratorio de Tecnología Industrial de la ESFOT, el tablero permite distribuir energía eléctrica a los diferentes laboratorios con mayor seguridad.
- El tablero de distribución principal tiene un tiempo estimado de funcionamiento de 4 meses por ende se puede decir que el sistema de protección como el tablero son de confiabilidad y robustos.
- Además de la instalación del tablero principal también se implementó el cableado de la puesta a tierra a los tableros de Control Industrial y Análisis Instrumental ya que estos no contaban con el mismo. Adicionalmente se colocó dos tomas de voltaje una de 127 (V) y otra de 220 (V) para cualquier tipo de uso que se le dé.
- Al encender por primera vez el tablero ya instalado no se presentó ningún inconveniente ni con los elementos eléctricos ni con el suministro de energía.
- Al realizar la instalación de la acometida principal en los cálculos obtenidos se propuso instalar la acometida con el cable de calibre número 4 AWG, sin embargo, al estar provisionalmente la acometida con cables de calibre número 8 AWG, se instaló con este mismo calibre para que no existan sobrecalentamientos en los cables por la diferencia de diámetros.
- Mediante las mediciones de voltaje y corriente realizadas a las fases de los disyuntores se obtuvo los parámetros eléctricos deseados, ya que cumplen con las normativas de caídas de voltaje implementadas en las Normas Ecuatorianas de Construcción (NEC).
- Mediante las pruebas de carga realizadas, se observa que los disyuntores de cada laboratorio se encuentran funcionando correctamente.
- Todo el sistema eléctrico tanto cables como elementos eléctricos tienen su respectivo etiquetado para poder identificar con facilidad a qué conexión corresponde cada cable e identificar cada elemento para poder realizar un adecuado mantenimiento, además, esto sirvió como guía al momento de conectar todos los elementos eléctricos del tablero.
- El dimensionamiento de disyuntores como el de los cables se lo realizó tomando en cuenta la corriente de consumo, con esto se evita cualquier daño o sobrecalentamiento en el tablero, cables y equipos de los laboratorios.

- La construcción del tablero como la instalación de los elementos eléctricos y su ubicación en el laboratorio en el área de control se realizaron bajo la norma ecuatoriana de construcción e instalaciones eléctricas (NEC), garantizando que el tablero sea seguro de operar.
- Los elementos eléctricos utilizados para la construcción del tablero son robustos y de calidad de marcas reconocidas, esto avala que el tablero sea eficiente y no presente problemas a futuro.
- En la medición de voltajes y corrientes sin carga en los disyuntores designados para los laboratorios se observa un porcentaje de consumo de corriente, esto se debe a los elementos de visualización y maniobra que se encuentran en los tableros de los laboratorios.
- El dato de la potencia total consumida de cada laboratorio se tomó como referencia al laboratorio de Control Industrial por la razón que se desconoce las cargas que manejarán los nuevos laboratorios.
- Los disyuntores de 40 (A) de los laboratorios de Instalaciones Eléctricas e Instalaciones Mecánicas son provisionales ya que en un futuro no se sabe si estos disyuntores soportaran la carga de los laboratorios y se deberá realizar un nuevo dimensionamiento.
- Los datos obtenidos de los voltejes al realizar las mediciones en los disyuntores de los laboratorios, en las pruebas con carga y sin carga son satisfactorios ya que, al comparar los datos estos no exceden el 3% de margen de comparación.

4.2 Recomendaciones

- A los estudiantes o encargados del laboratorio se recomienda antes de manipular el tablero leer el manual de mantenimiento previamente para que no exista ningún inconveniente.
- Al pasar el cableado de un tablero a otro se debe etiquetar en cada extremo con el nombre de cada fase del cable con el fin de no confundir las fases al momento de establecer la conexión.
- Antes de realizar un mantenimiento, el tablero debe ser desenergizado para evitar cualquier daño eléctrico en el tablero, así como también evitar lesiones al operador.
- Para realizar el mantenimiento del tablero se debe contar con todos los elementos de protección personal y las herramientas necesarias para la verificación y ajuste de los componentes eléctricos del tablero.

- Si por algún motivo se debe reemplazar algún elemento eléctrico del tablero se recomienda hacerlo por un elemento de las mismas especificaciones y si es posible de la misma marca, ya que el tablero con los elementos que está construido trabaja de una forma eficaz y segura.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Prospectiva, “Tableros de distribución.” <http://www.prospectiva.cl/index.php/8-noticias-y-novedades/8-tableros-electricos>.
- [2] G. Ibáñez, “Impor,” 2016. <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/8367>.
- [3] Elecrissrl, “ESPECIFICACIÓN TÉCNICA TABLEROS ELÉCTRICOS,” 2005. http://elecrissrl.com.ar/pdf/Especificacion_tableros_electricos.pdf.
- [4] electromundo, “Calculo de corriente trifásica.” <https://electromundo.pro/calculo-de-corriente-trifasica-por-fase/>.
- [5] I. M. I. Ing. Carlos Parra, “Normas NEC- Instalaciones Eléctricas,” 2018. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-SB-IE-Final.pdf>.
- [6] I. M. Lopez, “Codigo Eléctrico Euatoriano,” p. 169, [Online]. Available: <https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/09/CODIGOELECTRICOECUATORIANO1973.pdf>.
- [7] S. Electric, “Características 40 (A).” <https://www.se.com/mx/es/product/HGA36040/h-35ka-3p-600v-40a/>.
- [8] I. M. I. Ing. Carlos Parra, “Normas NEC-Instalaciones eléctricas.” <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-SB-IE-Final.pdf>.
- [9] S. Electric, “Características 80 (A).” <https://www.se.com/mx/es/product/HJL36080/h-65ka-3p-600v-80a/>.
- [10] Construyendo.com, “Cables eléctricos.” <https://construyendo.co/electricidad/cable-electrico.php>.

ANEXOS

ANEXO 1: CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

Campus Politécnico "J. Rubén Orellana R

Quito, 08 de enero de 2021

CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE PROYECTO DE TITULACIÓN

Yo, Pablo Andrés Proaño Chamorro, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como director de este trabajo de titulación, certifico que he constatado el correcto funcionamiento del tablero de distribución principal para el laboratorio de Tecnología Industrial, el cual fue implementado por los estudiantes Carlos Padilla y Edison Pillajo.

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

DIRECTOR

Ing. Pablo Andrés Proaño C., Msc.

ANEXO 2: FACTURAS



SISTEMAS ELÉCTRICOS INDUSTRIALES

R.U.C.: 1706675103001

FACTURA

No. **001-002-000000993**

Número de Autorización:

2002202001170667510300120010020000009931234567818

FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN:

2020-02-20T15:00:23

Ambiente: Producción

Emisión: Normal

CLAVE DE ACCESO:

2002202001170667510300120010020000009931234567818



PERUGACHI ALEMAN GABRIEL GONZALO

SISTEMAS ELECTRICOS INDUSTRIALES

Dirección: AV. GALO PLAZA LASO No 54-249 Y BELLAVISTA

Teléfono: 022482829/0994491768

Contribuyente Especial Nro:

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI

Razón Social/ Nombres y Apellidos: QUTSHE BRAULIO

Identificación: 1721787305

Fecha Emisión: 20/02/2020

CANTIDAD	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	DETALLE ADICIONAL	PRECIO UNITARIO	DESCUENTO	PRECIO TOTAL
1.000	008.04	DISYUNTOR TIPO CAJA MOLDEADA 3P-600V 80A SCHNEIDER		63.5800	0,00	63,58
4.000	004.04	DISYUNTOR TIPO CAJA MOLDEADA 3P-600V 40A SCHNEIDER		56.2200	0,00	224,88
1.000	003.33	MEDIDOR DE PARAMETROS SENTRON PAC 3100		329.7000	0,00	329,70
3.000	TRANS-00.41	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE 100-5A MINSATURA DIXON		6.7100	0,00	20,13
1.000	SAB BEIGE SEI.100X60	GABINETE METALICO COLOR BEIGE 100X60X28		160.2900	0,00	160,29
3.000	BCU.1/8"1/2	SARNA DE COBRE 1/8 X 1/2"		5.4633	0,00	16,39
12.000	P-002.06	LUZ PILOTO LED 220V VERDE 22MM CAMSCO		1.4500	0,00	17,40
3.000	P-004.05	LUZ PILOTO LED 220V AMARILLO 22MM CAMSCO		1.3500	0,00	4,05
10.000	APB-131.05	AISLADOR PORTA BARRAS C/PERNOS 35MM X 80mm		0.9500	0,00	9,50

son: NOVECIENTOS CINCUENTA Y SEIS DOLARES CON 37/100

Forma de Pago: Valor

OTROS CON UTILIZACIÓN DEL SISTEMA FINANCIERO 956.37

Plazo

Plazo

II

Días

Información Adicional del Cliente

Dirección: SAN CARLOS

Teléfono: 0980153771

Email: brauliofranc1901@hotmail.com; factura33se@gmail.com

Notas:

SUBTOTAL 12 %	853,90
SUBTOTAL 0%	0,00
SUBTOTAL No Objeto De IVA	0,00
SUBTOTAL Exento De IVA	0,00
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	853,90
TOTAL DESCUENTO	0,00
ICE	0,00
IVA 12 %	102,47
IBBPNR	0,00
PROPINA	0,00
VALOR TOTAL	956,37

Proveedor del Servicio: Software Administrativo Contable LATINIUM Página Web: www.infoelect.net

20.feb..2020

1/1



R.U.C.: 1706675103001

FACTURA

No. 001-002-000001232

Número de Autorización:

3009202001170667510300120010020000012321234567816

FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN:

2020-09-30T16:59:08

Ambiente: Producción

Emisión: Normal

CLAVE DE ACCESO:

3009202001170667510300120010020000012321234567816



PERUGACHI ALEMAN GABRIEL GONZALO

SISTEMAS ELECTRICOS INDUSTRIALES

Dir Matriz: AV. GALD PLAZA LASSO No 64-349 Y BELLAVISTA.

Teléfono: 022462829/0994491758

Contribuyente Especial Nro:

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI

Razón Social/ Nombres y Apellidos: QUSHPE BRAULLO

Identificación: 1721787305

Fecha Emisión: 30/09/2020

CANTIDAD	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	DETALLE ADICIONAL	PRECIO UNITARIO	DESCUENTO	PRECIO TOTAL
1.00	CABLE S.FLEX. 8	CABLE SUPERFLEX #8		6.5300	0.00	6.53
7.00	CABLE THHN 7H	CABLE THHN 7 HILOS #8		1.0600	0.00	7.42
8.00	TEC-061	TERMINAL DE COMPRESION #8 8MM(5/16") C10-8 C10 GRANDE		0.2200	0.00	1.76

Son: DIEZ Y OCHO DOLARES CON 04/100

Forma de Pago Valor

OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO 18.04

Plazo

0

Plazo

Días

Información Adicional del Cliente

Dirección: SAN CARLOS

Teléfono: 0980153773

Email: braulofrancis1991@hotmail.com, factura33sei@gmail.com

Notas:

SUBTOTAL 12 %	16.13
SUBTOTAL 0%	0.00
SUBTOTAL No Objeto De IVA	0.00
SUBTOTAL Exento De IVA	0.00
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	16.13
TOTAL DESCUENTO	0.00
ICE	0.00
EVA 12 %	1.93
IRBPNR	0.00
PROPIVA	0.00
VALOR TOTAL	18.06

ANEXO 3: ESQUEMA DE CONEXIÓN

