

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

IMPLEMENTACIÓN DE LA ACOMETIDA PARA EL TABLERO GENERAL DEL LABORATORIO DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL - ESFOT

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

Kelvin Cristopher Cevallos Granda

kelvin.cevallos@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. ABRAHAM ISMAEL LOJA ROMERO, MSC.

abraham.loja@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. CARLOS ORLANDO ROMO HERRERA, MSC.

carlos.romo@epn.edu.ec

Quito, mayo 2021

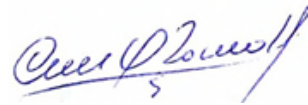
CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr Cevallos Granda Kelvin Christopher como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA, bajo nuestra supervisión:



Ing. Abraham Loja, MSC.

DIRECTOR DEL PROYECTO



Ing. Carlos Romo, MSC

CODIRECTOR DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Yo Cevallos Granda Kelvin Cristopher con CI: 172499158-1 declaro bajo juramento que el trabajo 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.

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-, soy titular de la obra en mención y otorgo una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entrego 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.



Cevallos Granda Kelvin Cristopher

CI: 172499158-1

Teléfono: 0987293090

Correo: kelvin.cevallos@epn.edu.ec

DEDICATORIA

A mis padres Kelvin y Mary que, con su apoyo incondicional, sus consejos, su dedicación me han motivado a seguir adelante día a día y cumplir con todas las metas que me proponga.

A mi hermana Alejandra, que a pesar de todas nuestras diferencias siempre has estado presente para brindarme su ayuda y consejos.

Cristopher

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por brindarme el regalo más grande que pueden recibir un hijo, el estudio, lo cual me servirá para cumplir todos mis sueños personales y profesionales.

A mis amigos que me acompañaron en esta etapa de mi vida con los que hemos creado recuerdos irremplazables, a lo largo de nuestros estudios desde el inicio hasta el final, viéndonos todos graduados como tecnólogos.

A mi director del proyecto el Ing. Abraham Loja, gracias por la paciencia, consejos y toda la enseñanza que me brindo para terminar exitosamente mi proyecto de titulación.

A la Escuela de Formación de Tecnólogos y todos los ingenieros docentes que me brindaron una educación de excelencia, formándome como profesional con grandes conocimientos tanto prácticos como académicos.

Cristopher

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción	1
1.1	Objetivo general	1
1.2	Objetivos específicos.....	1
2	Metodología.....	2
2.1	Descripción de la metodología usada	2
3	Resultados y Discusión.....	4
3.1	Definir la trayectoria de la acometida.....	4
	Inspección para determinar la trayectoria del cableado.	4
3.2	Dimensionar la alimentación eléctrica del tablero general.....	6
	Cableado.....	6
	Protección eléctrica	11
	Tablero	12
3.3	Diseñar el plano eléctrico de la instalación	14
	Plano eléctrico	14
	Diagrama unifilar.....	15
3.4	Implementación del sistema de alimentación.....	16
	Instalación del termomagnético 3P-80 (A)	16
	Instalación del tablero TP-LTI	18
	Instalación del cableado	21
	Conexiones.....	24
3.5	Pruebas de funcionamiento	30
	Cumplimiento de la implementación	30
	Funcionamiento del termomagnético 3P-80 (A)	30
	Pruebas sin carga.....	31
	Secuencia de fases	33
	Pruebas con carga.....	34
	Caída de voltaje.....	35

3.6	Manual de Uso y Mantenimiento.....	36
4	Conclusiones y Recomendaciones	38
4.1	Conclusiones	38
4.2	Recomendaciones.....	40
5	Referencias Bibliográficas	41
	ANEXOS.....	i
	Anexo 1: Certificado de Funcionamiento.....	ii
	anexo 2: Tabla de cumplimiento de mantenimiento	iii

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Ubicación de inicio de la acometida	4
Figura 3.2 Ubicación de llegada de la acometida.	5
Figura 3.3 Ubicación del tablero de protección eléctrica	6
Figura 3.4 Cable de cobre concéntrico 4x4 AWG. [4].....	10
Figura 3.5 Termomagnético de caja moldeada 80 (A).....	11
Figura 3.6 Curva de disparo del termomagnético. [6].....	12
Figura 3.7 Área del tablero.....	13
Figura 3.8 Dimensiones del tablero TP-LTI	14
Figura 3.9 Plano eléctrico	15
Figura 3.10 Diagrama unifilar	16
Figura 3.11 Instalación del termomagnético.....	17
Figura 3.12 Montaje de elementos en el tablero.....	17
Figura 3.13 Toma de medidas para fijar el tablero.	18
Figura 3.14 Comprobación de nivel del tablero.	19
Figura 3.15 Fijación del tablero a la pared	19
Figura 3.16 Instalación de la base y el termomagnético.....	20
Figura 3.17 Señalética del tablero (exterior).....	20
Figura 3.18 Señalética del tablero (interior).....	21
Figura 3.19 Instalación del cable.....	21
Figura 3.20 Perforaciones para pasar el cable.....	22
Figura 3.21 Cable instalado.	22
Figura 3.22 Perforación y reparación de pared.	23
Figura 3.23 Instalación de canaletas TP-LTI	23
Figura 3.24 Instalación de canaletas TDP.....	24
Figura 3.25 Instalación de terminales de ojal.	25
Figura 3.26 Etiquetas de los cables.	26
Figura 3.27 Medidor de energía eléctrica aulas ESFOT.....	26
Figura 3.28 Conexión de cables en las barras del TGE, A) fases, B) neutro.	27
Figura 3.29 Conexión de cables en el termomagnético TP-LTI.....	27
Figura 3.30 Caja térmica LTI, A) exterior, B) interior.	28
Figura 3.31 Instalación de cables del termomagnético TDP.....	29
Figura 3.32 Conexión de cables en las barras R-S-T-N.	29
Figura 3.33 Bornes de entrada y salida del termomagnético.....	31
Figura 3.34 Secuencímetro.....	33

Figura 3.35 Manual de uso.....	36
Figura 3.36 Manual de mantenimiento.	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Consumidores LTI.	6
Tabla 3.2 Balance de carga.	8
Tabla 3.3 Corriente de consumo de los laboratorios de la ESFOT.	9
Tabla 3.4 Ficha técnica de cable de cobre concéntrico. [4].....	10
Tabla 3.5 Características cable 4x4 AWG	11
Tabla 3.6 Dimensiones del termomagnético.	12
Tabla 3.7 Código de colores de los conductores. [10]	25
Tabla 3.8 Tabla de cumplimiento de instalación	30
Tabla 3.9 Continuidad del termomagnético.	31
Tabla 3.10 Voltajes sin carga TP-LTI.....	32
Tabla 3.11 Voltajes sin carga TDP	32
Tabla 3.12 Voltajes sin carga en las barras del TDP.	32
Tabla 3.13 Secuencia de fases.	33
Tabla 3.14 Voltajes y corrientes con carga en las barras del TDP.	34
Tabla 3.15 Corrientes a plena carga sin compresores.....	34
Tabla 3.16 Caída de voltaje.....	35

RESUMEN

En base a la necesidad de un nuevo tablero general, se implementó una nueva acometida eléctrica, correctamente dimensionada para abastecer de manera adecuada a los laboratorios de la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT).

Esto permitirá usar el nuevo tablero general como tablero de distribución para el Laboratorio de Tecnología Industrial y los nuevos laboratorios que se implementarán en la ESFOT ubicados en las aulas 33 y 35, abasteciendo a los laboratorios y todos sus consumidores de manera simultánea.

Además, la acometida cuenta con su protección eléctrica para su cuidado y protección, garantizando su fiabilidad de operación ante cualquier situación o evento que se desarrolle en los laboratorios.

En la primera sección del presente informe se da a conocer el problema a solventar y los respectivos objetivos.

En la segunda sección se detalla los procesos metodológicos que se emplearon para el desarrollo y solución del problema planteado.

En la tercera sección se describe cómo se definió la trayectoria adecuada para el conductor, el cual se encuentra sobre el cielo falso de las instalaciones de la ESFOT, a continuación, se expone los cálculos del dimensionamiento del conductor y su protección correspondiente, tomando en cuenta la carga actual instalada y futuras ampliaciones.

Además, se presenta el plano eléctrico realizado en el programa de AUTOCAD y se detalla el procedimiento que se realizó para la instalación de cada uno de los componentes, luego se efectuó las pruebas de funcionamiento de la acometida.

Por último, en la cuarta sección se muestran las conclusiones y recomendaciones una vez realizada la implementación de la acometida.

PALABRAS CLAVE: Acometida eléctrica, dimensionamiento, conductores.

ABSTRACT

Based on the need for a new general panel, a new electrical connection was implemented, correctly dimensioned to adequately supply the laboratories of the Technologists Training School (ESFOT).

This will allow the new general board to be used as a distribution board for; the Industrial Technology Laboratory and the new laboratories to be implemented in ESFOT located in rooms 33 and 35, supplying the laboratories and all their consumers simultaneously.

In addition, the connection has its electrical protection for the care and protection of the same, guaranteeing its reliability of operation in any situation or event that takes place in the laboratories.

The first chapter of this report presents the problem to be solved, the specific and general objectives.

In chapter two the methodological processes used for the development and solution of the problem are detailed.

The third chapter describes how the proper path was defined for the conductor, which is located on the false ceiling of the ESFOT facilities, then the calculations for the dimensioning of the conductor and its corresponding protection are exposed, taking into account the current installed load and future new loads, in addition, the electrical plan made in the AUTOCAD program is presented, the procedure that was carried out for the installation of each of the components is detailed below, finally the operation tests of the rush.

Finally, chapter four shows the conclusions and recommendations once the connection has been implemented.

KEY WORDS: Electrical connection, sizing, conductors.

1 INTRODUCCIÓN

La acometida eléctrica es una de las partes más importantes en las instalaciones eléctricas de cualquier infraestructura a nivel general, ya que es la encargada de abastecer de energía eléctrica a la edificación de manera continua.

La acometida debe ser correctamente dimensionada en base a la carga instalada del lugar que va a abastecer, para que cumpla con su objetivo. En la ESFOT las acometidas toman un papel muy importante ya que, abastecen de energía eléctrica a los laboratorios y a todos sus componentes.

Actualmente la ESFOT cuenta con el Laboratorio de Tecnología Industrial (LTI), por consiguiente, con su acometida y tablero general, diseñados y dimensionados para abastecer a dicho laboratorio.

Este proyecto satisface las nuevas necesidades de la ESFOT al implementar nuevos laboratorios a sus instalaciones. Se implementó una nueva acometida para el nuevo Tablero de Distribución Principal (TDP) ubicado en el LTI, para abastecer de manera simultánea a los laboratorios y futuras ampliaciones.

Se adjunta en el Anexo 1 el certificado de funcionamiento del proyecto debidamente validado por el director del proyecto.

1.1 Objetivo general

Implementar la acometida para el tablero general del laboratorio de Tecnología Industrial – ESFOT

1.2 Objetivos específicos

- Definir la trayectoria de la acometida.
- Dimensionar la alimentación eléctrica del tablero general.
- Diseñar el plano eléctrico de la instalación.
- Implementar el sistema de alimentación y conductos.
- Realizar pruebas de funcionamiento.

2 METODOLOGÍA

En el presente proyecto se aplicó la metodología scrum, debido a que permite realizar una división de las tareas de manera corta y concentrada para lograr el objetivo del proyecto.

2.1 Descripción de la metodología usada

Se tomaron las medidas de longitud de la acometida desde el Tablero General de la ESFOT (TGE) hasta el Tablero de Distribución Principal (TDP) ubicado en el Laboratorio de Tecnología Industrial. A continuación, se definió la ubicación correcta para la acometida, y el recorrido que debe realizar desde su lugar de origen hasta su destino. Se determinó la trayectoria mediante una inspección visual por la parte superior del cielo falso de las instalaciones de la ESFOT. La trayectoria escogida es altamente lineal, evitando cambios bruscos de sentido en la trayectoria, garantizando que la acometida sea íntegra, es decir, sin empalmes, ni derivaciones en ninguna parte de esta[1].

Se calculó el conductor que se usó para la acometida del TDP, ya que tiene varios consumidores, los cuales pueden funcionar de manera simultánea. Por consiguiente, fue necesario estimar un sobredimensionamiento para posibles ampliaciones de consumidores. Con el cálculo de la carga instalada y corrientes de consumo se dimensionó el calibre para la acometida del tablero general, para evitar sobrecalentamiento y posibles fallos.

Para la protección eléctrica de la acometida se utilizó un termomagnético de 3 polos de caja moldeada, el cual se ubicó en el origen de la acometida.

La elaboración del plano eléctrico se lo realizó en el programa AutoCAD, en el cual se representan a todos los componentes de la acometida y su recorrido, además se elaboró un diagrama unifilar de la instalación.

Una vez realizado el dimensionamiento del conductor para la acometida y el diseño del plano eléctrico de la instalación, se procedió a la instalación del cable, tablero y protección eléctrica.

Finalizada la instalación de la acometida se la energizó, y se comprobaron los valores de voltaje, los cuales se deben mantener constantes en todas sus fases. Además, se verificó que la acometida no presente intermitencia en su servicio.

Se constató que la acometida abastezca de manera simultánea e ininterrumpida a sus consumidores, además que funcione apropiadamente al momento de someterla a estrés, es decir, alimentar a todos sus consumidores a plena carga, entregando así toda su potencia útil.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La acometida eléctrica fue dimensionada e instalada para abastecer a su actual consumidor el LTI, y los nuevos laboratorios que se implementarán tales como: Laboratorio de Análisis Instrumental, Laboratorio de Instalaciones Eléctricas, Laboratorio de Instalaciones Mecánicas, y sus futuras ampliaciones de manera simultánea e ininterrumpida.

Los elementos que se instalaron son: protección eléctrica, tablero y cableado.

3.1 Definir la trayectoria de la acometida.

En esta sección se determina la ubicación correcta para la implementación del cableado de la acometida eléctrica, además del tablero que contiene la protección eléctrica de la misma.

Inspección para determinar la trayectoria del cableado.

Para determinar la trayectoria del cableado se tomó en consideración su punto de origen y llegada, el punto de origen es en el TGE, el cual se ubica en las antiguas oficinas de la subdirección de la ESFOT como se muestra en la Figura 3.1. La acometida eléctrica es de tipo trifásica, es decir, se conecta a la red de distribución con tres fases activas y un neutro [2]. Por consiguiente, se conectará en paralelo a las barras R, S, T, N del TGE.



Figura 3.1 Ubicación de inicio de la acometida

Como se muestra en la Figura 3.2 el punto de llegada de la acometida es el TDP, ubicado en el Laboratorio de Tecnología Industrial.



Figura 3.2 Ubicación de llegada de la acometida.

Una vez definido los puntos de inicio y llegada de la acometida, se determinó que el cableado debe colocarse sobre el techo de las instalaciones de la ESFOT para una mejor ubicación, seguridad del cableado y de todos los miembros de la comunidad, por lo cual, se procedió a una inspección visual por el cielo falso de las instalaciones de la ESFOT.

Al realizar la inspección visual se determinó el lugar correcto para el tendido del cableado, el cual se encuentra sobre las vigas del techo de la ESFOT, la distancia que debe recorrer el cable es de 55 (m), medida que fue tomada con ayuda de una cinta de medición mientras se realizó la inspección visual por el techo de la ESFOT. Esta medida incluyó la distancia desde los tableros y un estimado para realizar las conexiones en los mismos.

La información que se obtuvo de la inspección visual se la utilizó para realizar el plano eléctrico de la instalación en el programa AutoCAD.

Además, se definió el lugar en el que se instaló el tablero que aloja la protección eléctrica del cableado, tal como se muestra en la Figura 3.3, en donde el rectángulo rojo señala la ubicación del tablero.

El tablero recibió el nombre de Tablero de protección del Laboratorio de Tecnología Industrial (TP-LTI), esto debido a la ubicación del TDP en el LTI.



Figura 3.3 Ubicación del tablero de protección eléctrica

3.2 Dimensionar la alimentación eléctrica del tablero general

Cableado.

Para dimensionar el calibre del conductor se consideró a los consumidores a los cuales abastece, por lo cual se realizó el balanceo de la carga actual instalada en el LTI. En la Tabla 3.1 se muestra los consumidores del LTI.

Tabla 3.1 Consumidores LTI.

Carga Instalada LTI	
Cantidad	Consumidor
6	Motores SIEMENS 3 Φ 559.27 (W), 220 (V)
1	Compresor HI421000, 120V, 746 (W)
6	Computadores de escritorio 250 (W)
3	Iluminación de laboratorios 750 (W)

A continuación, se emplea la Ecuación 3.1 para el cálculo de la corriente trifásica en los motores.

Se considero un factor de potencia de 0.9 para todos los cálculos de dimensionamiento de la acometida.

$$I_L = \frac{P}{(\sqrt{3}) \cdot V_{LL} \cdot F_P}$$

Ecuación 3.1 Corriente trifásica. [3]

Donde:

- I_L : (A) corriente de línea trifásica
- P : 559.27 (W) potencia trifásica
- V_{LL} : 220 (V) voltaje línea - línea
- F_P : 0.9 factor de potencia

Usando la Ecuación 3.1 se obtiene:

$$I_L = 1.63 \text{ (A)}$$

La corriente de consumo de un motor es de 1.63 (A), como las cargas se encuentran balanceadas, se conectan 2 motores por fase, entonces la corriente consumida por cada fase es de 3.26 (A).

Luego, se ocupó la Ecuación 3.2 para el cálculo de la corriente monofásica del compresor.

$$I_F = \frac{P}{V_F \cdot F_P}$$

Ecuación 3.2 Corriente monofásica.

Donde:

- I_L : (A) corriente de línea monofásica
- P : 746 (W) potencia monofásica
- V_F : 120 (V) voltaje fase
- F_P : 0.9 factor de potencia

Usando la Ecuación 3.2 se obtiene:

$$I_{\text{Compresor}} = 6.9 \text{ (A)}$$

Seguidamente se empleó la Ecuación 3.2 para el cálculo de la corriente monofásica de los computadores de escritorio.

Donde:

- I_L : (A) corriente de línea monofásica
- P : 250 (W) potencia monofásica
- V_F : 120 (V) voltaje fase
- F_P : 0.9 factor de potencia

Usando la Ecuación 3.2 se obtiene:

$$I_{\text{Computadores}} = 2.31 \text{ (A)}$$

Se encuentran conectados 2 computadores por fase, por lo cual la corriente obtenida se duplicó, es decir, la corriente consumida por los computadores es de 4.62 (A) por fase. Finalmente, se calculó la corriente consumida por el sistema de iluminación de los 3 laboratorios con la Ecuación 3.2.

Donde:

- I_L : (A) corriente de línea monofásica
- P : 250 (W) potencia monofásica
- V_F : 120 (V) voltaje fase
- F_P : 0.9 factor de potencia

Usando la Ecuación 3.2 se obtiene:

$$I_{L \text{ iluminacion}} = 2.31 \text{ (A)}$$

Una vez obtenidos los valores de corrientes consumidas se elaboró la Tabla 3.2 de balanceo de carga trifásica.

Tabla 3.2 Balance de carga.

Balance de cargas				
Consumidor	Corriente por fase (A)			
	R	S	T	N
6 motores	3.26	3.26	3.26	3.26
1 compresor	0	6.9	0	6.9
6 computadores	4.62	4.62	4.62	4.62
Iluminación	2.31	2.31	2.31	2.31
Total	10.19	17.09	10.19	17.09

Está proyectado la ampliación de nuevos laboratorios para la ESFOT, motivo por el cual se tomó como referencia el consumo del LTI y se triplicará este consumo para dimensionar el calibre del conductor que abastecerá al TDP.

En la Tabla 3.3 se muestra la corriente de consumo total para los laboratorios de la ESFOT y sus futuras ampliaciones

Tabla 3.3 Corriente de consumo de los laboratorios de la ESFOT.

Corriente de consumo de laboratorios ESFOT				
Consumidor	Corriente por fase (A)			
Laboratorios	R	S	T	N
		30.57	51.27	30.57

Para determinar el cable adecuado se usó el valor de corriente de fase más alto 51.27 (A), a continuación, se utilizó la Ecuación 3.3 para encontrar el valor de corriente del cable agregando un factor de seguridad.

$$I_C = 1.25 \cdot I_N$$

Ecuación 3.3 Corriente del cable alimentador

Donde:

I_C : (A) corriente del cable alimentador

1.25 : Factor de seguridad

I_N : 51.27 (A) corriente nominal

Usando la Ecuación 3.3 se obtiene:

$$I_C = 64.09 \text{ (A)}$$

La corriente de consumo total proyectada de los laboratorios es de 64.09 (A), para seleccionar el conductor adecuado se buscaron en las tablas de fabricantes de conductores en función de la corriente de trabajo de éstos.

En la Tabla 3.4 se muestran los valores de corriente de trabajo de los cables entre los que se puede ocupar para la acometida, datos que fueron obtenidos del catálogo de venta de la marca INCABLE [4].

Se seleccionó el cable 4x4 AWG ya que este cable soporta una corriente de 89 (A), la cual abastece de manera correcta los 64.09 (A) de consumo de los laboratorios. El cable

4x2 AWG también soporta bastante la corriente de los laboratorios, este fue descartado por su excesivo costo.

Tabla 3.4 Ficha técnica de cable de cobre concéntrico. [4]

Ficha técnica cables de cobre concéntrico		
Calibre (AWG)	Diámetro final (mm)	Amperaje (A)
4x6	21.48	65
4x4	26.23	89
4x2	31.22	119

La corriente que soporta el cable abastece y cumple con la corriente de diseño y protección del TDP, ya que este cuenta con un termomagnético de 3P-80 (A) [5].

El cable seleccionado es de cobre aislado concéntrico tipo ST-THHN con aislamiento de PVC/ nylon de la marca INCABLE. Las características de construcción y aislamiento del cable otorgan protección retardante a la llama y resistencia a sustancias corrosivas [4].

El cable elegido es tipo concéntrico el cual consta de 4 conductores calibre 4 AWG en su interior tal como se muestra en la Figura 3.4 lo cual, permite realizar una acometida trifásica + neutro, es decir, tres fases y neutro.



Figura 3.4 Cable de cobre concéntrico 4x4 AWG. [4]

En la Tabla 3.5 se muestran todas las características del cable 4x4 AWG.

Tabla 3.5 Características cable 4x4 AWG

Característica	Especificaciones
Material	Cobre
Calibre	4x4 AWG
Tipo	Concéntrico ST-THHN
Voltaje de servicio	600 (V _{AC})
Corriente máxima	89 (A)
Temperatura de trabajo	90 (C°)
Normativa	ASTM B3. B174, NTC 5521, UL 39

Protección eléctrica

Para dimensionar la protección eléctrica se utilizó el valor de corriente de consumo de los laboratorios de la ESFOT de 64.09 (A) obtenida con la Ecuación 3.3. En este sentido, se seleccionó un termomagnético de caja moldeada de 3 polos 80 (A) de la marca CHINT ELECTRIC, siendo el valor comercial más cercano a la corriente máxima del cable, el cual protegerá las tres fases R-S-T del circuito (Figura 3.5).



Figura 3.5 Termomagnético de caja moldeada 80 (A)

En la Figura 3.6 se observa la curva de disparo del termomagnético, que es de tipo C. Esta curva muestra el tiempo de respuesta en función de la corriente. En el caso, de que circule la corriente máxima de 80 (A), el termomagnético se disparará en un tiempo menor a 0.02 (seg).

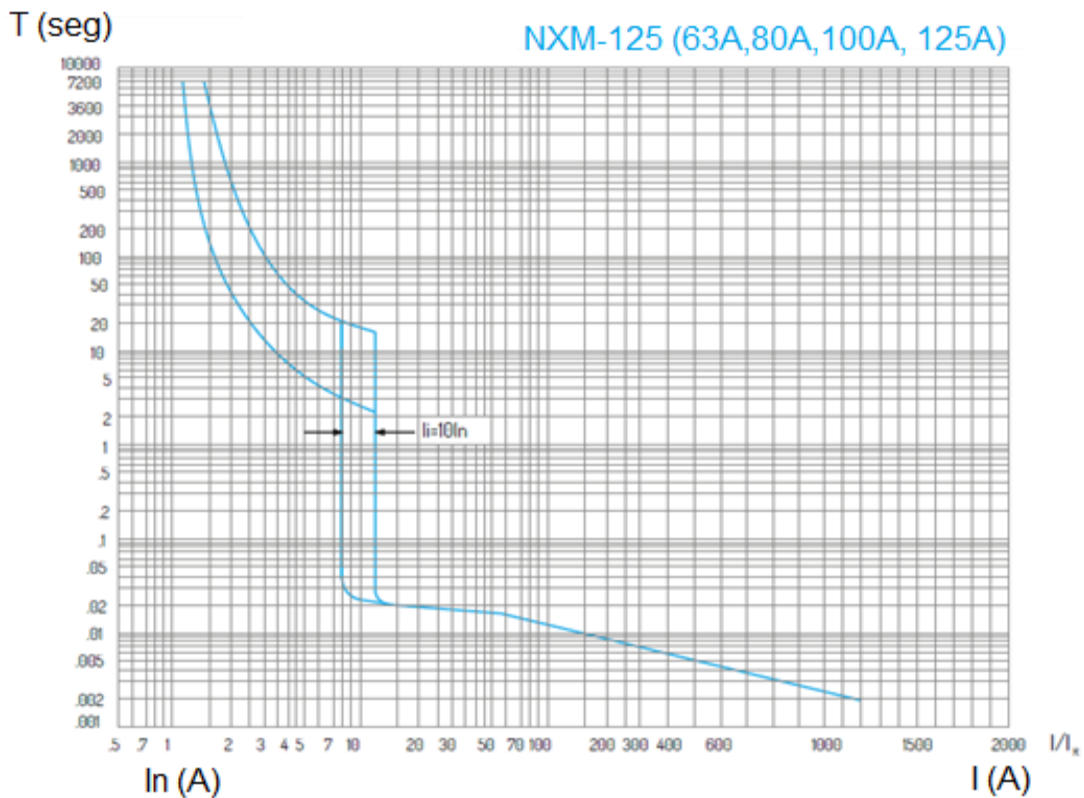


Figura 3.6 Curva de disparo del termomagnético. [6]

Tablero

Para seleccionar el tablero se tomó como referencia los componentes que se instalaron, por lo tanto, se tomó las medidas del termomagnético (Figura 3.5) las cuales se muestran en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6 Dimensiones del termomagnético.

Dimensiones del termomagnético	
Largo	13.5 (cm)
Alto	9 (cm)
Ancho	7.8 (cm)

Una vez determinada las medidas del termomagnético se calculó su área con la Ecuación 3.4.

$$A_{\text{Termomagnético}} = b \cdot h$$

Ecuación 3.4 Área rectangular

Donde:

$A_{\text{Termomagnético}}$: (cm²) área del termomagnético
 b : 7.8 (cm) base
 h : 13.5 (cm) altura

Usando la Ecuación 3.4 se obtiene:

$$A_{\text{Termomagnético}} = 105.3 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Para seleccionar un tablero se debe considerar que en su interior tenga un 60 (%) de espacio libre para futuras ampliaciones, la Figura 3.7 muestra el área libre del tablero una vez instalado el termomagnético.

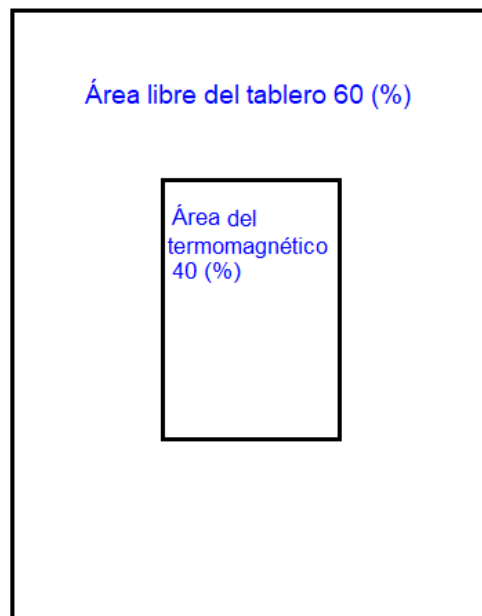


Figura 3.7 Área del tablero

Para calcular el área del total del tablero se ocupó la Ecuación 3.5.

$$A_{\text{TOTAL}} = \frac{A_{\text{Termomagnético}}}{0.4}$$

Ecuación 3.5 Área total del tablero

Donde:

A_{TOTAL} : (cm²) área del tablero
 $A_{\text{Termomagnético}}$: 105.3 (cm²) área del termomagnético

Usando la Ecuación 3.5 se obtiene:

$$A_{\text{TOTAL}} = 263.25 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Se seleccionó un tablero con medidas comerciales (Figura 3.8). A continuación, se calculó el área del tablero con la Ecuación 3.6

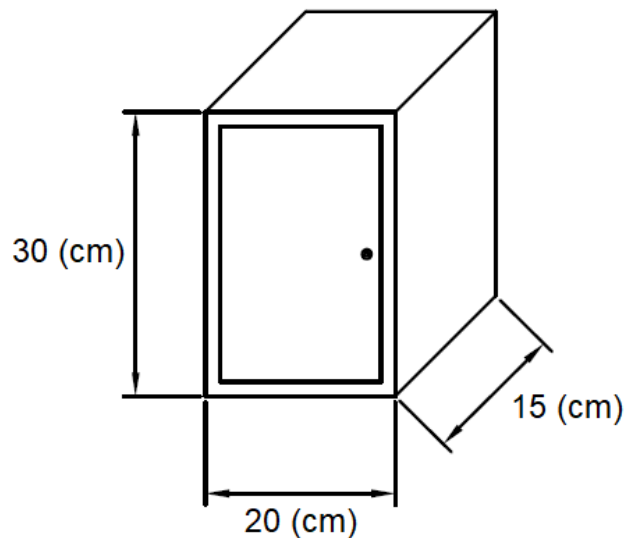


Figura 3.8 Dimensiones del tablero TP-LTI

$$A = b \cdot h$$

Ecuación 3.6 Área del tablero

Donde:

A : (cm²) área del tablero

b : 20 (cm) base

h : 30 (cm) altura

Usando la Ecuación 3.6 se obtiene:

$$A = 600 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Las dimensiones del tablero permiten instalar el termomagnético y el cableado de manera correcta sin presentar problemas de estreches y respetando el área necesaria para futuras ampliaciones.

3.3 Diseñar el plano eléctrico de la instalación

Plano eléctrico

Se diseñó el plano eléctrico en el programa AutoCAD, en el cual se muestra cada uno de los componentes de la instalación y el recorrido como se muestra en la Figura 3.9.

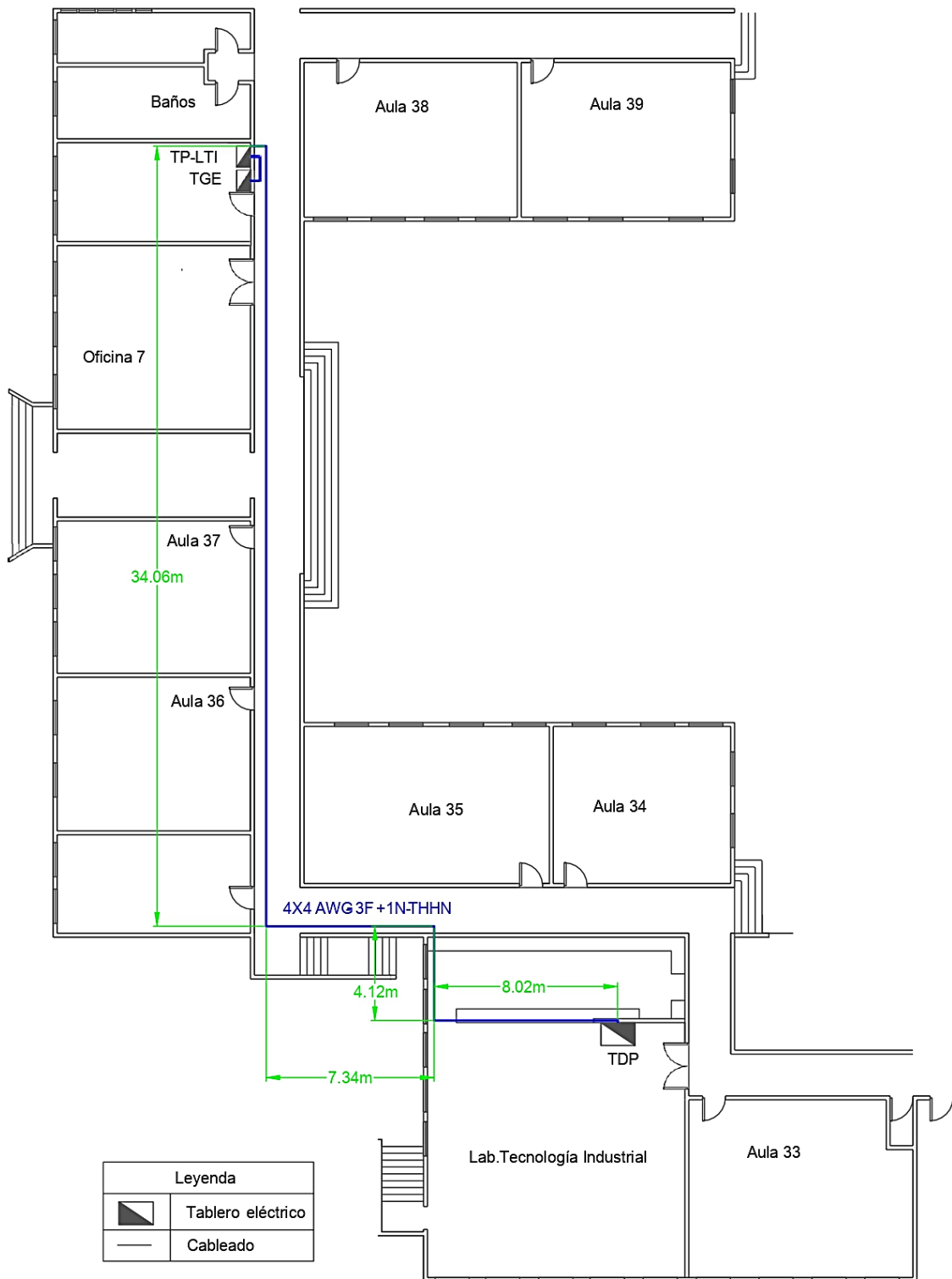


Figura 3.9 Plano eléctrico

Diagrama unifilar

Se realizó el diagrama unifilar en el programa AutoCAD, el cual brinda información del sistema eléctrico de modo gráfico. Además, cuenta con las conexiones entre los

componentes del sistema, así como la distribución de la potencia desde la fuente hasta el consumidor [8].

En la Figura 3.10 se muestra el diagrama unifilar, en el cual cuenta con la simbología establecida en la norma IEC 60617. [9]

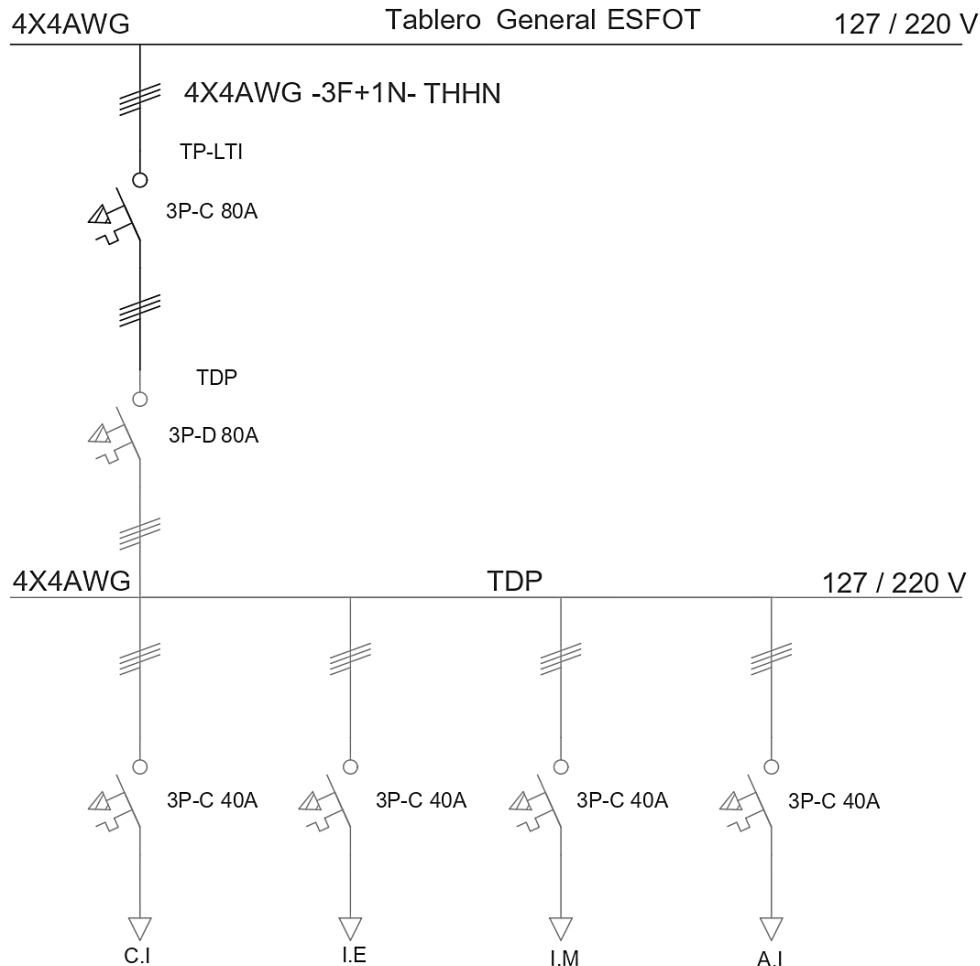


Figura 3.10 Diagrama unifilar

3.4 Implementación del sistema de alimentación

Instalación del termomagnético 3P-80 (A)

Para la instalación del termomagnético 3P-80 (A), se desmontó la base del tablero a fin de ubicarlo de manera centrada y proceder a perforar 4 orificios para los tornillos de fijación del termomagnético, tal como se muestra en la Figura 3.11.

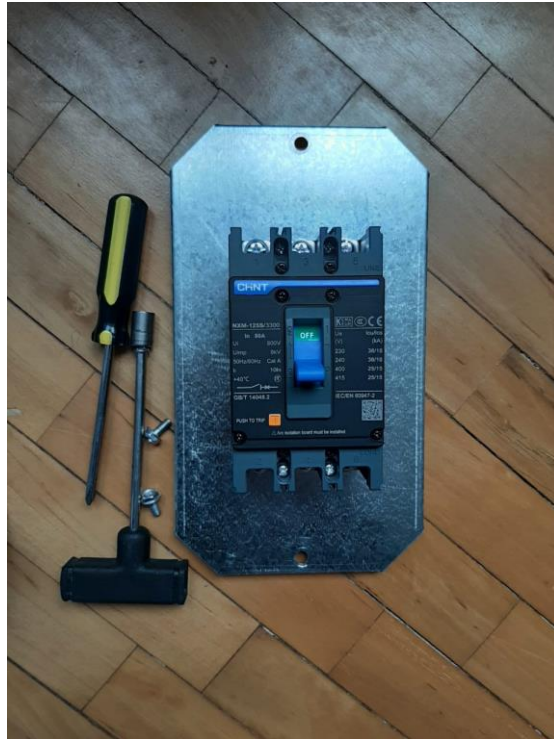


Figura 3.11 Instalación del termomagnético.

A continuación, se instaló nuevamente la base con el termomagnético en el tablero mediante dos tornillos ubicados en la parte superior e inferior de la base porta elementos, los cuales se ajustó de tal modo que sujete perfectamente la base y el termomagnético al tablero. (Figura 3.12)



Figura 3.12 Montaje de elementos en el tablero.

Instalación del tablero TP-LTI

En la Figura 3.3 se determinó la ubicación del TP-LTI, en este punto se procedió a revisar la Norma Ecuatoriana de Construcción, capítulo 15 instalaciones electromecánicas, en donde en el numeral 6 y apartado “b”, establece que la altura de instalación debe ser a 1.6 (m) respecto al nivel del piso. [7]

Se procedió a la toma de medidas y señalización de los puntos de anclaje del tablero tal como muestra la Figura 3.13.

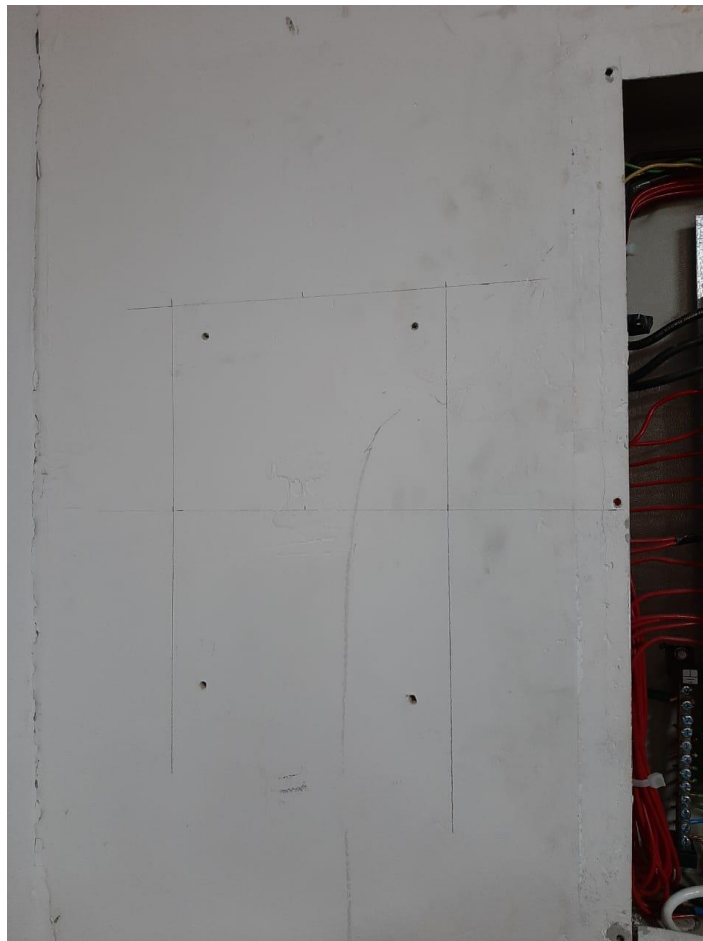


Figura 3.13 Toma de medidas para fijar el tablero.

Se colocó el tablero y se comprobó que éste se encuentre nivelado para la perforación de los orificios de anclaje tal como muestra la Figura 3.14. Posteriormente se realizaron los orificios con ayuda de un taladro y una broca de 6 (mm).



Figura 3.14 Comprobación de nivel del tablero.

Para la fijación del tablero a la pared se tuvo que desmontar la base porta elementos, así como el termomagnético, a continuación, se fijó el tablero con 4 tornillos como se evidencia en la Figura 3.15, de tal manera que quedó perfectamente sujeto permitiendo la manipulación de los elementos en su interior, además, se comprobó la apertura de la puerta del tablero sin ningún problema.



Figura 3.15 Fijación del tablero a la pared

Una vez instalado el tablero se reinstaló la base porta elementos en conjunto con el termomagnético. (Figura 3.16)



Figura 3.18 Señalética del tablero (interior).

Instalación del cableado

La instalación del cableado se realizó en la estructura del cielo falso de las instalaciones de la ESFOT. El cable fue sujetado a las vigas del techo con alambre galvanizado, basado en el plano de la Figura 3.9 (Figura 3.19).



Figura 3.19 Instalación del cable

Debido a que el cable está situado por el techo, fue necesario realizar 2 perforaciones en el cielo falso para el paso del cable, las cuales se realizaron en el inicio y fin de la acometida con la ayuda de un taladro y una broca de 1 (") tal como se muestra en la Figura 3.20.



Figura 3.20 Perforaciones para pasar el cable.

Una vez realizados los orificios se procedió a pasar el cable de tal manera que se tomó la medida necesaria para realizar las conexiones internas y poder cortar el excedente. (Figura 3.21)



Figura 3.21 Cable instalado.

A continuación, se procedió a picar una sección de la pared en la ubicación de TP-LTI, esto se realizó para instalar una manguera de PVC de 1 (") por la cual ingresarán los

cables al TGE, posteriormente se reparó la zona afectada de la pared y de manera conjunta se realizó la extracción de una parte del aislante del cable para acceder a los 4 conductores del mismo, permitiendo el paso de los mismo desde el TP-LTI hasta el TGE, tal como se muestra en la Figura 3.22.



Figura 3.22 Perforación y reparación de pared.

Se instaló canaletas de PVC de 6(cm) por 4(cm) con el fin de alojar el cable desde la salida del tablero hasta el techo, este procedimiento se lo realizó en el TP-LTI y en el TDP tal como se muestra en la Figura 3.23 y en la Figura 3.24.



Figura 3.23 Instalación de canaletas TP-LTI



Figura 3.24 Instalación de canaletas TDP

Conexiones

Para realizar la conexión del cableado a los termomagnéticos se procedió con la instalación de terminales de tipo ojal en cada uno de los extremos de los conductores como se visualiza en la Figura 3.25, estos terminales sujetan el cable de manera correcta y firme evitando la desconexión accidental de los mismos por manipulación externa.

Para la instalación de los terminales se tuvo que retirar 1 (cm) de aislante de cable, a continuación, se insertó el cable en el terminal, finalmente se sujetó el terminal fuertemente con la ayuda de un alicate hasta que el cable no se desconecte del terminal al tirar del mismo.

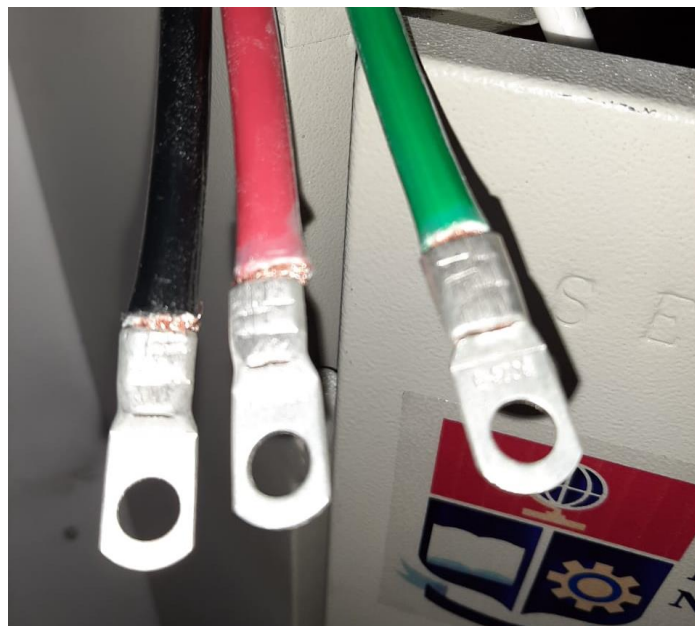


Figura 3.25 Instalación de terminales de ojal.

Una vez instalados los terminales en todos los extremos de los conductores se seleccionaron los cables para las fases R-S-T y el cable para neutro, en la Figura 3.4 se muestra el color de los conductores los cuales son: rojo, negro, blanco, verde.

Según la norma NEC-SB-IE en la tabla No. 9 se identifica el código de colores para los conductores[10], dicha tabla se la muestra en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7 Código de colores de los conductores. [10]

Código de colores	
Conductor	Color
Neutro	Blanco
Tierra	Verde, verde con franja amarilla
Fase	Rojo, azul, azul, amarillo o cualquier color diferente a neutro y tierra

Se seleccionaron los cables de la siguiente manera:

Neutro (N): Cable blanco

Fase (R): Cable negro

Fase (S): Cable rojo

Fase (T): Cable verde

Debido a la reducida existencia del cable seleccionado fue limitado elegir los colores de los cables, motivo por el cual se optó por ese cable (Figura 3.4), el color asignado para la fase (T) es el verde; pero debido a la normativa dicho color no puede ser utilizado para una fase, por lo tanto, se realizó etiquetas de señalética en colores adecuados para todos los conductores (Figura 3.26).

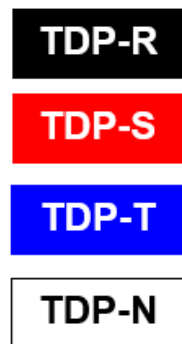


Figura 3.26 Etiquetas de los cables.

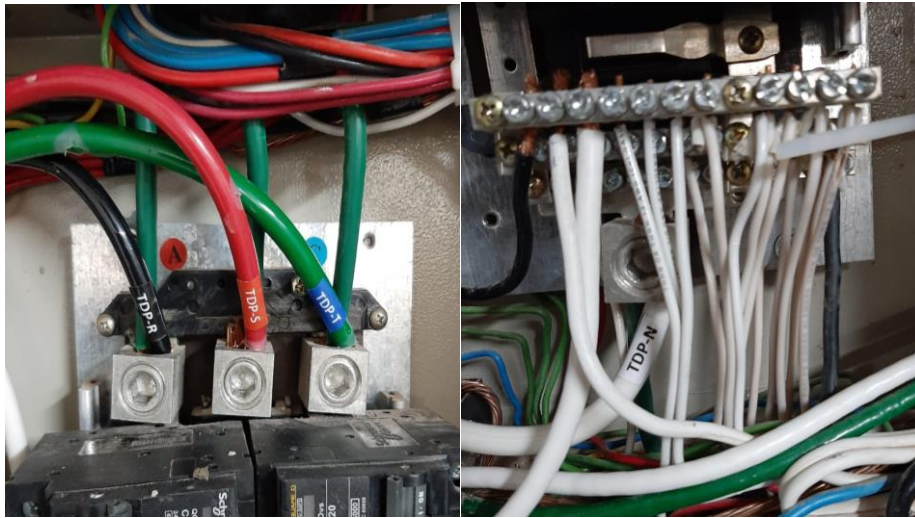
Además, se respetó el código de colores y el tipo de etiquetado que ya existía en el TDP en su diseño e implementación [5]. A continuación, se procedió a la colocación de las etiquetas en todos los cables respetando su color.

Para realizar la conexión de los cables en todos sus puntos, se desconectó el medidor ubicado en la parte posterior de las antiguas oficinas de la Subdirección de la ESFOT, tal como se muestra en la Figura 3.27.



Figura 3.27 Medidor de energía eléctrica aulas ESFOT.

Una vez que se desconectó el medidor se comprobó que no exista corriente eléctrica en las barras del TGE. Además, se desconectó el termomagnético del TP-LTI y el termomagnético del TDP. Se realizó la conexión de los cables en el punto de inicio el cual es las barras del TGE tal como se muestra en la Figura 3.28, una vez insertados los cables en las borneras respectivas para las fases R-S-T-N, se sujetó fuertemente para evitar que los cables se desconecten.



A

B

Figura 3.28 Conexión de cables en las barras del TGE, A) fases, B) neutro.

A continuación, se realizó la conexión de los cables en cada uno de los terminales del termomagnético del TP-LTI respetando el orden de los terminales de ingreso y salida, así como las fases R-S-T, tal como se muestra en la Figura 3.29.



Figura 3.29 Conexión de cables en el termomagnético TP-LTI.

Para la conexión del cable en el termomagnético del TDP fue necesario realizar la desconexión y extracción de la antigua acometida eléctrica que abastecía el TDP, ya que esta acometida se la realizó de una manera provisional con cables de calibre 8 AWG; cableado que soporta una corriente máxima de 48 (A), valor obtenido de las tablas de características de la marca Incable [4].

Se localizó el punto de inicio de la antigua acometida en una caja térmica ubicada en el LTI tal como se muestra en la Figura 3.30, por lo cual se retiró la tapa protectora de la misma y se idéntico los cables con las etiquetas de TDP-R, TDP-S, TDP-T, TDP-N como se visualiza en la Figura 3.30.

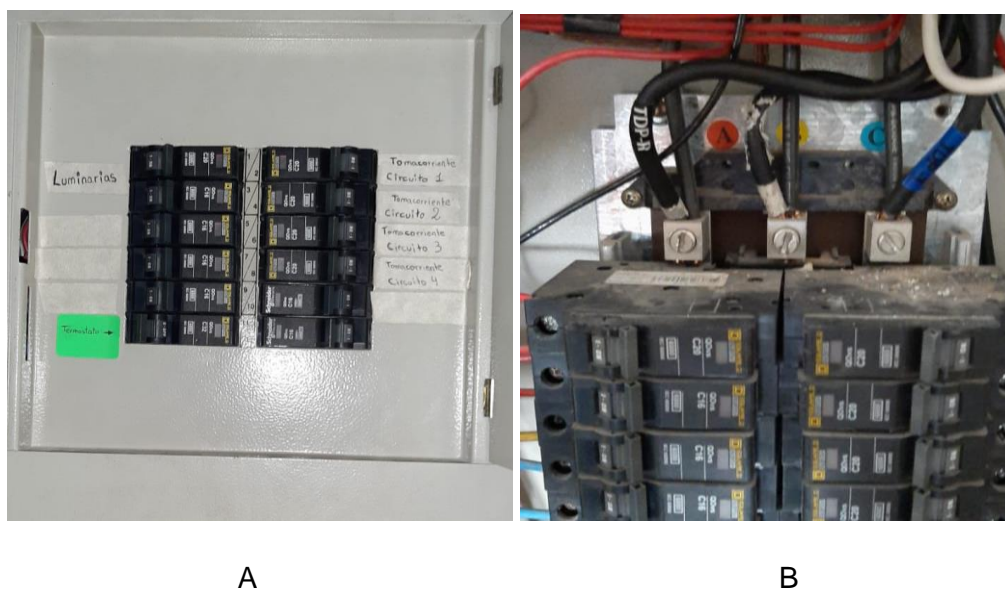


Figura 3.30 Caja térmica LTI, A) exterior, B) interior.

A continuación, se desconectaron los cables con ayuda de un destornillador estrella tanto en la caja térmica como en el termomagnético del TDP, además del cable de neutro del TDP, posteriormente se retiró el cableado de la acometida antigua.

Se realizó la conexión de los cables en el termomagnético del TDP en cada uno de los terminales respetando el orden de las fases R-S-T con la ayuda de un destornillador estrella tal como se muestra en la Figura 3.31.



Figura 3.31 Instalación de cables del termomagnético TDP

Para la conexión de los cables desde los terminales de salida del termomagnético hacia las barras de las fases R-S-T-N del TDP fue necesario retirar el cableado que existía ya que era del mismo calibre que su acometida antigua. A continuación, se conectó cada uno de los cables en su terminal respectivo y se atravesó por el interior de los transformadores de corriente (TC's) del TDP. Los cuales son utilizados para el analizador de red del tablero [5]. Finalmente se conectó cada uno de los cables en su barra de fase respectiva, esto con ayuda de una llave de copa de 11 (mm). (Figura 3.32)

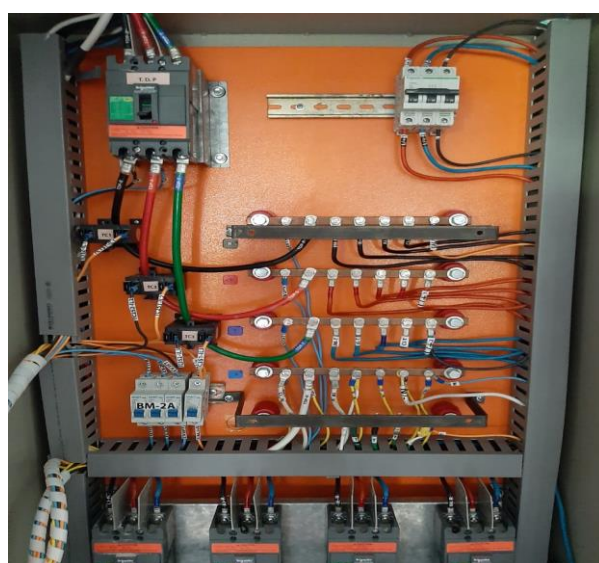


Figura 3.32 Conexión de cables en las barras R-S-T-N.

3.5 Pruebas de funcionamiento

Una vez que se finalizó la implementación de todos los componentes de la acometida, se realizaron las pruebas de funcionamiento, para verificar que la acometida cumple con todos los requerimientos de diseño y funcionamiento.

Cumplimiento de la implementación

En esta prueba de funcionamiento se comprobó que se hayan instalado todos los componentes de la acometida, además de verificar nuevamente el correcto ajuste en los puntos de conexión, los resultados se muestran en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8 Tabla de cumplimiento de instalación

Elemento	Instalación	Comprobación de ajuste
Tablero TP-LTI	✓	✓
Termomagnético 3P-80 (A)	✓	✓
Cableado	✓	✓
Conexiones en barras TGE	✓	✓
Conexiones en termomagnético TP-LTI	✓	✓
Conexiones en termomagnético TDP	✓	✓
Cableado de barras R-S-T-N del TDP	✓	✓
Conexiones en barras R-S-T-N del TDP	✓	✓

Al finalizar la prueba se verificó que todos los elementos fueron instalados de manera correcta, por consiguiente, se pudo continuar con las pruebas de funcionamiento.

Funcionamiento del termomagnético 3P-80 (A)

Esta prueba de funcionamiento se realizó antes de instalar el termomagnético en el TP-LTI, para lo cual con ayuda de un multímetro se comprobó la continuidad en el mismo en la posición de encendido, así como apagado. Se identificaron los bornes de entrada y salida del termomagnético, los bornes de entrada son 1, 3, 5 ubicados en la parte superior del termomagnético, mientras que los bornes de salida son 2, 4, 6 ubicados en la parte inferior del termomagnético tal como lo muestra la Figura 3.33.



Figura 3.33 Bornes de entrada y salida del termomagnético.

Se seleccionó la medición de continuidad en el multímetro, esta prueba se la realizó en los tres polos del termomagnético, los resultados se muestran en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9 Continuidad del termomagnético.

Posición	Posición On		Posición OFF	
	SI	NO	SI	NO
Bornes 1-2	✓			✓
Bornes 3-4	✓			✓
Bornes 5-6	✓			✓

Los resultados de esta prueba permitieron constatar el correcto funcionamiento del termomagnético en ambas posiciones.

Pruebas sin carga

Para realizar esta prueba se comprobó que el termomagnético del TP-LTI y del TDP estaban desconectados, a continuación, se energizó el medidor de la ESFOT el cual

suministra energía eléctrica a las barras del TGE ubicado en el inicio de la acometida. Se utilizó un multímetro para medir los voltajes en la entrada del termomagnético del TP-LTI. (Tabla 3.10)

Tabla 3.10 Voltajes sin carga TP-LTI

Voltajes (L-L)		
R-S (V_{AC})	S-T (V_{AC})	R-T (V_{AC})
215.0	217.5	217.6
Voltajes (L-N)		
R-N (V_{AC})	S-N (V_{AC})	T-N (V_{AC})
125.6	124.4	125.9

A continuación, se encendió el termomagnético del TP-LTI, por consiguiente, se procedió a la toma de valores de voltaje en la entrada del termomagnético del TDP tal como lo muestra la Tabla 3.11 .

Tabla 3.11 Voltajes sin carga TDP

Voltajes (L-L)		
R-S (V_{AC})	S-T (V_{AC})	R-T (V_{AC})
214.6	217.0	217.6
Voltajes (L-N)		
R-N (V_{AC})	S-N (V_{AC})	T-N (V_{AC})
125.5	124.1	125.7

Una vez que se realizaron las mediciones en el termomagnético del TP-LTI y en el TDP, se procedió a conectar el termomagnético del TDP; de esta manera se energizó el TDP por completo, a continuación, con ayuda de una pinza amperimétrica se midieron las corrientes en las barras del TDP, para lo cual se desconectó los cuatro termomagnéticos de protección de los laboratorios esto con el fin de comparar voltajes y corrientes sin carga y a plena carga en el TDP. En la Tabla 3.12 se muestra los voltajes y corrientes sin carga.

Tabla 3.12 Voltajes sin carga en las barras del TDP.

Voltajes (L-L)		
R-S (V _{AC})	S-T (V _{AC})	R-T (V _{AC})
214.6	217.0	217.6
Voltajes (L-N)		
R-N (V _{AC})	S-N (V _{AC})	T-N (V _{AC})
125.5	124.1	125.7
Corrientes		
R (A)	S (A)	T (A)
0.2	0.3	0.4

Secuencia de fases

Esta prueba permitió comprobar que la secuencia de fase en todos los puntos de la instalación es la misma. Para realizar esta prueba se utilizó un secuencímetro, el cual se muestra en la Figura 3.34, para la medición se conectó los tres terminales del medidor a las fases R-S-T, una vez conectado el secuencímetro si se enciende el foco de la derecha la secuencia es positiva, caso contrario se enciende el foco de la izquierda indicando la secuencia negativa.

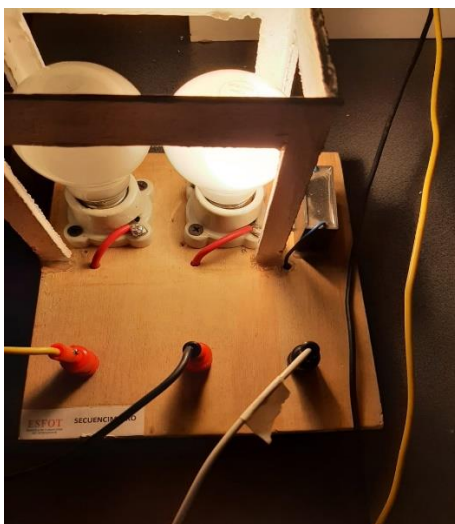


Figura 3.34 Secuencímetro

Los resultados de la prueba de secuencia de fases se muestran en la Tabla 3.13.

Tabla 3.13 Secuencia de fases.

Punto evaluado	Secuencia negativa	Secuencia positiva
TP-LTI		✓
TDP		✓
Mesas LTI		✓

Una vez finalizada la prueba se comprobó que en todos los puntos de la instalación la secuencia es la misma y es positiva.

Pruebas con carga

Para realizar las pruebas de funcionamiento a plena carga, se procedió a energizar los termomagnéticos de los cuatro laboratorios, además de conectar toda la carga posible en el LTI, por lo cual se conectaron todos los componentes detallados en la Tabla 3.1, para el arranque de los motores se conectaron los mismos en cada una de las mesas del LTI, utilizando un arranque directo de conexión delta, esta conexión se la realizó en el interruptor tripolar de 16 (A), además, se encendió todas las luminarias del LTI y del laboratorio de instalaciones eléctricas. Los resultados de la prueba se detallan en la Tabla 3.14

Tabla 3.14 Voltajes y corrientes con carga en las barras del TDP.

Voltajes (L-L)		
R-S (V_{AC})	S-T (V_{AC})	R-T (V_{AC})
212.4	214.6	215.1
Voltajes (L-N)		
R-N (V_{AC})	S-N (V_{AC})	T-N (V_{AC})
124.2	122.5	124.5
Corrientes		
R (A)	S (A)	T (A)
10.2	17.8	10.9

Los resultados de esta prueba mostraron la diferencia entre las corrientes sin carga y con carga, la cual se notó más elevada en la fase S, esto debido a que los compresores que se utilizaron en la prueba estaban conectados a los tomacorrientes del LTI los cuales, están conectados a la fase S. En la Tabla 3.15 se muestra los valores de corrientes sin el uso de los compresores.

Tabla 3.15 Corrientes a plena carga sin compresores.

Corrientes		
R (A)	S (A)	T (A)
10.2	10.4	10.9

Como se muestra las corrientes se mantienen balanceadas en las tres fases.

Caída de voltaje

Esta prueba se la realizó con los datos de voltaje de entrada en el TP-LTI sin carga y los voltajes medidos a plena carga en el TDP, con el fin de determinar la caída de voltaje que se presenta en la acometida. Los datos que se utilizó para esta prueba se encuentran en la Tabla 3.10 y en la Tabla 3.14. La caída de voltaje es un valor porcentual por lo cual se utilizó la Ecuación 3.7

$$e = \frac{V_s - V_r}{V_s} \times 100$$

Ecuación 3.7 Porcentaje de caída de voltaje.

Donde:

V_s : Voltaje suministrado = 125.6 (V)

V_r : Voltaje recibido = 124.2 (V)

e : Caída de voltaje en %

Empleando la Ecuación 3.7 se obtiene:

$$e = 1.11 (\%)$$

Este cálculo se lo realizó en los voltajes de fase-neutro, así como en los voltajes de fase-fase, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3.16.

Tabla 3.16 Caída de voltaje.

Caída de voltaje			
F-N	Voltaje suministrado (V_{AC})	Voltaje recibido (V_{AC})	Caída de voltaje (%)
R-N	125.6	124.2	1.11
S-N	124.4	122.5	1.52
T-N	125.9	124.5	1.11

F-F	Voltaje subministrado (V_{AC})	Voltaje recibido (V_{AC})	Caída de voltaje (%)
R-S	215.0	212.4	1.20
S-T	217.5	214.6	1.33
R-T	217.6	215.1	1.14

Los valores de caída de voltaje obtenidos son inferiores a 2 (%), por lo tanto los valores están dentro del porcentaje de caída de voltaje establecido por las normas NEC [7], la cual establece en el numeral 15.1.7.1.1.3 un valor de caída de voltaje máximo de 3 (%) del voltaje nominal para alimentadores principales.

3.6 Manual de Uso y Mantenimiento

El objetivo principal de estos manuales es brindar información acerca del correcto uso y el mantenimiento preventivo que garantizarán el funcionamiento óptimo de la acometida eléctrica.

Se elaboró un video en donde se muestra el correcto uso de todos los componentes de la acometida, la Figura 3.35 muestra el código QR de redireccionamiento al video.

Para el mantenimiento de la acometida se elaboró una tabla de cumplimiento, en la cual se verifica que los elementos están instalados y funcionando en óptimas condiciones la cual se encuentra en el ANEXO 2, además de un video instructivo para realizar el mantenimiento de forma adecuada paso a paso, el código QR que redirige al video se muestra en la Figura 3.36.



Figura 3.35 Manual de uso.



Figura 3.36 Manual de mantenimiento.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Definir la trayectoria adecuada para la instalación del cable dentro de la ESFOT, asegura que este cuente con alta linealidad, es decir, que su recorrido sea lo más recto posible evitando cambios bruscos en el sentido, lo cual evitará fallos o ruptura del conductor.
- Diseñar el plano eléctrico garantizó la correcta instalación de cada uno de los componentes en el lugar adecuado y establecido, además asegura el funcionamiento óptimo a través del tiempo evitando fallas por una instalación incorrecta.
- Al revisar la antigua acometida del TDP, se determinó que la corriente de servicio del cableado no era suficiente para las nuevas necesidades de la ESFOT al implementar 3 nuevos laboratorios para el uso de docentes y estudiantes.
- El cable que se instaló se encuentra bajo techo, evitando la exposición a las diferentes condiciones climáticas, esto permitirá conservar y expandir su vida útil.
- Sobredimensionar de manera adecuada cada uno de los componentes de la acometida asegura su correcto funcionamiento a lo largo del tiempo, además otorga un rango de seguridad para futuras ampliaciones sin la necesidad de reemplazar ninguno de los componentes.
- El cable instalado para abastecer al TDP garantiza el trabajo a voltajes y corrientes nominales de todos sus consumidores, sin presentar fallos por calentamiento o sobrecarga en el cable.
- El valor de corriente obtenido para el dimensionamiento del cable con un factor de seguridad del 25 % es de 64.09 (A), el cable instalado otorga un rango de expansión de 24.89 % al soportar 80 (A) de corriente de trabajo.
- El interruptor termomagnético de 80 amperios instalado protege la integridad del cable en todo momento, manteniendo la corriente de trabajo en un valor inferior a la corriente de servicio del cable, que es de 89 (A).
- Los valores de voltajes medidos en las pruebas de funcionamiento se encuentran dentro de los valores permitidos por la NEC, lo cual garantiza el correcto funcionamiento de todos los consumidores sin presentar caídas de voltaje excesivas.

- Una vez finalizadas las pruebas de funcionamiento se constató que todos los componentes de la acometida fueron instalados de manera correcta, entregando los resultados esperados en su diseño.

4.2 Recomendaciones

- Dimensionados y seleccionados los componentes de la acometida, se recomienda buscar entre las diferentes marcas de productos para comprar los mejores componentes manteniendo un presupuesto bajo, sin dejar de lado la calidad.
- Para la instalación de todos los componentes del sistema se debe cumplir con los lineamientos establecidos en las normativas vigentes en el país, siendo estas las normas NEC.
- Realizar las pruebas necesarias para garantizar el óptimo estado del cable previo a su instalación.
- Se sugiere el uso de terminales de tipo ojal, ya que estos aseguran que el cable no se desconecte de los bornes de conexión por manipulación externa.
- Revisar el correcto ajuste de cada uno de los puntos de conexión, debido a que un mal ajuste puede crear falsos contactos o errores al momento de realizar mediciones para las pruebas de funcionamiento.
- Identificar cada uno de los cables a través de señalética adecuada, esto facilitará su identificación y mantenimiento.
- Para la manipulación de cualquiera de los componentes de la acometida se debe desconectar la energía eléctrica.
- Abrir el tablero (TP-LTI) únicamente para realizar el mantenimiento o en caso de emergencia.
- Revisar el manual de uso a fin de garantizar la correcta manipulación de cada uno de los componentes.
- El mantenimiento de la acometida se debe realizar en el tiempo establecido, siguiendo cada uno de los pasos, uso de equipos y herramientas descritas en el video del manual de mantenimiento (Figura 3.36).
- Realizar todas las pruebas de funcionamiento necesarias, bajo distintas condiciones para comprobar que la acometida funcionará de manera óptima en cualquier circunstancia.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Enel codensa, "Acometidas electricas," 2013. https://ikinormas.micodensa.com/Norma/acometidas_medidores/acometidas_electricas/generalidades_7_2_acometidas_electricas (accedido Mar. 08, 2021).
- [2] C. EP, *MANUAL PARA LA INSTALACIÓN DE LA ACOMETIDA Y SISTEMA DE MEDICIÓN A LOS CONSUMIDORES DE CNEL EP.* 2012.
- [3] M. Angel and R. Pozueta, "CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA TRIFÁSICA 'ELECTROTECNIA PARA INGENIEROS NO ESPECIALISTAS' UNIVERSIDAD DE CANTABRIA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ENERGÉTICA."
- [4] Incable, "Cables de cobre aislado concentrico tipo ST-THHN 600V," 2020. <http://incable.com/producto?id=43> (accedido Mar. 02, 2021).
- [5] B. Quispe Tocachi, "IMPLEMENTACIÓN DE UN ANALIZADOR DE RED TRIFASICO Y SEÑALIZACIÓN PARA EL NUEVO TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DEL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL.," Escuela Politecnica Nacional, 2021.
- [6] C. Electric, "Chint - Baja tensión." <https://www.chint.eu/sectores/baja-tension> (accedido Mar. 19, 2021).
- [7] Ministerio de Desarrollo Urbano y vivienda, "NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN NEC CAPÍTULO 15 INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS," 2013.
- [8] Revista eléctrica, "Diagrama unifilar | Revista eléctrica." <https://electrica.mx/diagrama-unifilar/> (accedido Mar. 09, 2021).
- [9] InstrumentacionHoy, "INTERPRETAR EL DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL DE UNA PLANTA INDUSTRIAL." <https://instrumentacionhoy.blogspot.com/2017/01/unifilar.html> (accedido Mar. 19, 2021).
- [10] Ministerio de Desarrollo Urbano y vivienda, "Norma Ecuatoriana de la Construcción, Instalaciones Electricas," 2018.