



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

## **EXTENSIÓN LA MANÁ**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS-CIYA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE CAPACITORES PARA CORREGIR  
EL FACTOR DE POTENCIA PARA CARGAS NO LINEALES EN EL  
LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERCIDAD TÉCNICA  
DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ BLOQUE B”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniería en  
Electromecánica.

**AUTORES:**

Bohórquez Travez Jennifer Karolina

Calapaqui Guanotuña Dennis Rossvelth

**TUTOR:**

MSc. Pazuña Naranjo William Paül

**LA MANÁ-ECUADOR**

**MARZO-2023**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros Bohórquez Travez Jennifer Karolina y Calapaqui Guanotuña Dennis Rossvelth, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE CAPACITORES PARA CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA PARA CARGAS NO LINEALES”, siendo el MSc. Pazuña Naranjo William Paul, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.



Jennifer Karolina Bohórquez Travez

C.I: 0503889206



Calapaqui Guanotuña Dennis Rossvelth

C.I: 0504689845

### **AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE CAPACITORES PARA CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA PARA CARGAS NO LINEALES”, de Bohórquez Travez Jennifer Karolina y Calapaqui Guanotuña Dennis Rossveth, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná designe, para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, Febrero 2023



M Sc. Pazuña Naranjo William Paúl

C.I. 0503338592

**TUTOR**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, y por la Facultad de Ciencias De La Ingeniería y Aplicadas-CIYA, por cuanto las postulantes Bohórquez Travez Jennifer Karolina y Calapaqui Guanotuña Dennis Rossvelth, con el título de Proyecto de Investigación: “IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE CAPASITORES PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA PARA CARGAS NO LINEALES EN EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERCIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ BLOQUE B”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

La Maná, 15 de Febrero del 2023

Para constancia firman:



Paco Jovanni V  
C.I 0501758

M. Sc. Paco Jovanni Vásquez Carrera

C.I 0501758767

**LECTOR 1**



M. Sc. Alex Darwin Paredes Anchatipán

C.I. 0503614935

**LECTOR 2**



M. Sc. Danilo Fabricio Trujillo Ronquillo

C.I. 1803547320

**LECTOR 3**

**AGRADECIMIENTO**

*Quiero agradecer a Dios en primera instancia por haberme dado la vida y la fortaleza de cumplir mis objetivos planteados, agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná por haberme dado la oportunidad de pertenecer a esta prestigiosa institución, de antemano agradezco a los ingenieros quienes fueron guías en este camino recorrido en toda la carrera de formación que fue ingeniería electromecánica. Un especial agradecimiento a mis padres ellos siempre fueron el motor de ayuda que siempre he necesitado en el transcurso de mi vida ellos son los principales responsables de lograr que esto se lleve a cabo. A mis compañeros de clase por lograr tan anhelada hazaña de culminar una etapa profesional en la vida.*

***Jennifer y Dennis***

**DEDICATORIA**

*Este proyecto fruto de mucho esfuerzo y constancia va dedicado con mucho amor primeramente a Dios y luego a mis padres por haberme brindado su apoyo, y en especial a mi hijo porque siempre estuvo apoyándome, dándome alientos para seguir adelante y no darme por vencida.*

*A mis docentes por apoyarme incondicionalmente para lograr ser un profesional de éxito.*

***Jennifer***

*Le dedico a Dios por darme salud y vida por permitirme culminar una etapa más en mi vida estudiantil y a mis padres Arturo Calapaqui y María por inculcar en mí su confianza sus principios y valores son los mejores padres, está siempre con migo ayudándome y apoyándome incondicionalmente en cada meta que me propongo, a mis hermanos y familiares que siempre estuvieron pendientes, por ese apoyo moral y sus buenos consejos que me permiten hoy cumplir mi meta propuesta.*

***Dennis***

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS – CIYA

**TITULO** “IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE CAPACITORES PARA CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA PARA CARGAS NO LINEALES EN EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UTC EXTENSIÓN LA MANÁ BLOQUE B”

### **Autores:**

Bohórquez Travez Jennifer Karolina

Calapaqui Guanotuña Dennis Rossveth

### **RESUMEN**

Este proyecto surge de la necesidad de entender de una mejor manera el dimensionamiento de capacitores para la corrección de factor de potencia del laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión la Maná, en la Carrera De Electromecánica. Con este requerimiento, debido a las cargas no lineales que se encuentran instaladas, ya que la eficiencia energética de un sistema eléctrico depende en gran medida de la compensación de potencia reactiva que se realice.

Al no disponer de un analizador de redes se optó la necesidad de implementar un multimedidor portátil, se utilizó un equipo Sentron PAC3120 equipo en que se puede visualizar la calidad de energía en instalaciones trifásicas existentes en el laboratorio, por medio del gabinete implementado se obtuvo datos para proceder a dimensionar los capacitores. Inicialmente se presentan conceptos básicos de los principales parámetros eléctricos de potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente y factor de potencia, que sirven para entender mejor las ventajas que se obtiene al realizar la corrección del factor de potencia.

También se determina las normas impuestas por CONELEC en caso de trabajar con un factor de potencia bajo o alto con esto se determina que 0,96 es dentro del rango establecido para evitar una sanción económica. Con esto se concluye que con esta implementación de este tipo contribuye al desarrollo académico y económico a la universidad.

**Palabras claves:** Factor de potencia, dimensionamiento, potencia.

## ABSTRACT

This project arises from the need to understand in a better way the sizing of capacitors for the power factor correction in the laboratory of the Technical University of Cotopaxi La Maná Extension, in the Electromechanical Career. This requirement emerge due to the non-linear loads that are installed, since the energy efficiency of an electrical system depends to a large extent on the compensation of reactive power that is carried out.

From the fact of not having a network analyzer, the need to implement a portable multi-meter was decided, a Sentron PAC3120 equipment was used, equipment where the power quality of the three-phase installations existing in the laboratory can be visualized. Through the implemented cabinet, data was obtained for proceeding to size the capacitors. Initially, the basic concepts of the main electrical parameters such as active power, reactive power, apparent power, and power factor are presented, which serve to understand better the advantages obtained when performing the power factor correction.

The norms imposed by CONELEC are also determined in case of working with a low or high power factor, determining that 0.96 is within the established range to avoid an economic sanction. It can be concluded that this implementation contributes to the academic and economic development of the university.

**Keywords:** Power factor, sizing, power.



### **AVAL DE TRADUCCIÓN**

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE CAPACITORES PARA CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA PARA CARGAS NO LINEALES EN EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERCIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ BLOQUE B”** presentado por: **Jennifer Karolina Bohórquez Travez y Dennis Rossvelth Calapaqui Guanotuña**, egresado de la Carrera de: **Ingeniería Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

La Maná, febrero 2023

Atentamente,



**Lic. Olga Samanda Abedrabbo Ramos Mg.**

**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**

**CI: 050351007-5**

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	ix
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. RESUMEN DEL PROYECTO .....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	2
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	3
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	4
6. OBJETIVOS.....	4
6.1 OBJETIVO GENERAL .....	4
6.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	4
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:.....	5
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
8.1 Tipos de potencia .....	7
8.2 Factor de potencia activa, reactiva, aparente .....	8
8.3 Potencia activa monofásica .....	9
8.4 Potencia activa en un sistema trifásico equilibrado.....	10
8.5 Factor de potencia.....	11
8.6 Triángulo de potencia .....	11
8.7 Carga resistente.....	12

8.8 Carga inductiva.....	12
8.9 Carga capacitiva .....	12
8.10 Distorsiones armónicas.....	13
8.11 Potencia aparente .....	13
8.12 Tipo de carga .....	15
8.13 Carga resistente.....	15
8.14 Carga inductiva.....	15
8.15 Cargas capacitivas .....	16
8.16 Carga compuesta.....	16
8.17 Factor de potencia.....	17
8.18 Cálculo del Factor de Potencia .....	18
8.18.1 Potencia .....	18
8.18.2 Energía reactiva .....	18
8.18.3 Causa del bajo factor de potencia .....	19
8.18.4 Iluminación de descarga o de arco .....	19
8.18.5 Motores de inducción de pequeña y gran capacidad .....	19
8.18.6 Motor sobredimensionado .....	19
8.18.7 Transformador trabajando sin carga o con poca carga .....	19
8.18.8 Transformador de gran tamaño.....	19
8.18.9 Nivel de tensión superior nominal.....	20
8.18.10 Arco eléctrico.....	20
8.18.11 Soldadora eléctrica.....	20
8.18.12 Consecuencias del bajo factor de potencia .....	21
8.19 Beneficios del factor de potencia preciso .....	22
8.19.1 Optimización del uso de máquinas eléctricas.....	22
8.19.2 Optimizar el uso de las líneas eléctricas.....	22
8.19.3 Reducir la caída de Tensión.....	23

8.20 Compensación estática .....	24
8.20.1 Capacitores .....	24
8.20.2 Tipos de compensación.....	26
8.20.3 Compensación personal.....	26
8.20.4 Compensación grupal .....	27
8.20.5 Centro de compensación.....	28
8.21 Tipos de capacitores .....	29
8.21.1 Capacitores fijo.....	29
8.22 Capacitor automático.....	30
8.22.1 Selección de condensadores .....	30
9. PREGUNTAS CIENTIFICAS O HIPOTESIS: .....	31
9.1 Hipótesis del proyecto .....	31
9.2 Preguntas científicas .....	31
10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL:.....	31
MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	32
10.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	32
10.3 CUADRO GENERAL.....	32
10.4 Diseño e implementación del sistema manual.....	34
10.5 Materiales y métodos.....	34
10.5.1 Materiales necesarios.....	34
10.6 Componentes del banco de capacitores automáticos.....	35
10.8 Conocimientos básicos de transformadores de corriente. ....	36
10.9 Interruptor termomagnético principal.....	37
10.10 Fusibles de seguridad.....	38
10.11 Breaker de seguridad .....	38
10.12 Reglamentos y legislación pertinentes .....	39
10.13 Cálculo del banco de capacitores.....	43

10.14 Banco De Capacitores En Microfaradios “MF” .....	43
10.14 Banco de capacitor requerido en kVAr .....	44
11. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS: .....	44
11.1 Resultados de la corrección de potencia .....	44
11.2 Factor de potencia corregido .....	45
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS): .....	47
12.1 IMPACTO TECNICO YENCONOMICO .....	47
13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO: .....	50
13.1 Presupuesto de materiales.....	50
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	51
14.1 Conclusiones.....	51
14.2 Recomendaciones .....	51
15. BIBLIOGRAFÍA .....	53
16. ANEXOS .....	55

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Componentes activa y reactiva de la corriente para un circuito dominante capacitivo .....	7
<b>Figura 2.</b> Componentes activa y reactiva de la corriente para un circuito dominante inductivo. ....	7
<b>Figura 3.</b> Triangulo de potencias .....	7
<b>Figura 4.</b> Factor de potencia en diferentes cargas .....	9
<b>Figura 5.</b> Triángulo de potencia.....	11
<b>Figura 6.</b> Triangulo de potencia para una carga inductiva.....	12
<b>Figura 7.</b> Triangulo de potencia para una carga capacitiva .....	12
<b>Figura 8.</b> Distorsión de la corriente causada por una carga no lineal.....	13
<b>Figura 9.</b> Potencia activa, reactiva y aparente .....	14
<b>Figura 10.</b> Angulo de desfase entre la tensión y la corriente en cargas resistivas.....	15
<b>Figuras 11.</b> Angulo de desfase entre tensión y corriente en cargas inductivas.....	16
<b>Figura 12.</b> Angulo de desfse entre la tensión y la corriente en cargas capacitivas.....	16
<b>Figura 13.</b> Carga real compuesta por una carga resistiva y una carga reactiva .....	17
<b>Figura 14.</b> Componentes activa y reactiva de la corriente para cada tipo de circuito .....	17
<b>Figura 15.</b> Diagrama de los vectores sin corrección para visualización de la caída de tensión de línea .....	24
<b>Figura 16.</b> Principio compensador estático TCR y TSC .....	24
<b>Figura 17.</b> Instalación sin corrección del factor de potencia .....	25
<b>Figura 18.</b> Corrección del factor de potencia en el punto de acometida principal o contador de energía .....	25
<b>Figura 19.</b> Film de polipropileno en capacitores .....	26
<b>Figuras 20.</b> Condiciones de trabajo en los capacitores para la corrección del factor de potencia. ....	26
<b>Figura 21.</b> Esquema compensación individual.....	27
<b>Figura 22.</b> Esquema compensación grupal.....	28

<b>Figura 23.</b> Esquema compensación central .....	29
<b>Figura 24.</b> Diagrama general del sistema .....	33
<b>Figura 25.</b> Se muestra una foto del capacitor tubular trifásico .....	35
<b>Figura 26.</b> Medidor de parámetros Sentron PAC3120 .....	36
<b>Figura 27.</b> Transformador de corriente (TC) .....	37
<b>Figura 28.</b> Interruptor termomagnético principal .....	38
<b>Figura 29.</b> Fusibles de protección.....	38
<b>Figura 30.</b> Breaker de protección .....	39
<b>Figura 31.</b> Verificación de medidas por el Sentron PAC3120 .....	46
<b>Figura 32.</b> Verificación de potencia instantáneas .....	46
<b>Figura 33.</b> Gráficos de los resultados. ....	48
<b>Figura 34.</b> Gráficos de la segunda pregunta .....	48
<b>Figura 35.</b> Gráfico de la tercera pregunta .....	49
<b>Figura 36.</b> Gráfico de la cuarta pregunta .....	49
<b>Figura 37.</b> Gráfico de la quinta pregunta.....	49

**INDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> Estudiantes de la carrera Electromecánica.....	3
<b>Tabla 2.</b> Actividades y sistemas de tareas en relación con los objetivos .....	5
<b>Tabla 3.</b> Rango del factor potencia .....	18
<b>Tabla 4.</b> Factor de potencia de cargas industriales usuales.....	20
<b>Tabla 5.</b> Características del medidor de parámetros eléctricos.....	36
<b>Tabla 6.</b> Características del TC utilizado .....	37
<b>Tabla 7.</b> Características de un interruptor termomagnético trifásico .....	38
<b>Tabla 8.</b> Medición de cargas por medio del Sentron PAC3120 .....	40
<b>Tabla 9.</b> Medición de cargas por medio del Sentron PAC3120 .....	41
<b>Tabla 10.</b> Medición de cargas por medio del Sentron PAC3120 .....	42
<b>Tabla 11.</b> Promedio de voltaje y amperaje.....	45
<b>Tabla 12.</b> Corrección de potencia con el capacitor de 2.5 kVAr.....	45
<b>Tabla 13.</b> Resultados de las encuestas realizadas .....	47
<b>Tabla 14.</b> Análisis de presupuesto.....	50



**INDICE DE ANEXOS**

<b>Anexo 1.</b> Plano estructural del banco de capacitor .....	55
<b>Anexo 2.</b> Plano eléctrico del transformador del laboratorio .....	58
<b>Anexo 3.</b> Plano del tablero del banco de capacitor .....	59
<b>Anexo 4.</b> Evidencias de construcción del banco de pruebas .....	60
<b>Anexo 5.</b> Datos del tutor de proyecto .....	65
<b>Anexo 6.</b> Datos del estudiante Jennifer Bohorquez .....	69
<b>Anexo 7.</b> Datos del estudiante Dennis Calapaqui .....	70
<b>Anexo 8.</b> Aval de traducción .....	71
<b>Anexo 9.</b> Certificación de Antiplagio .....	72

## 1. INFORMACIÓN GENERAL.

### **Título del Proyecto:**

“Implementación De Un Banco De Capacitores Para La Corrección Del Factor De Potencia Para Cargas No Lineales En El Laboratorio De Electromecánica De La Universidad Técnica De Cotopaxi Extensión La Maná Bloque B”

**Fecha de inicio:** Octubre del 2022

**Fecha de finalización:** Marzo del 2023

**Lugar de ejecución:** Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión  
La Maná

**Unidad académica que auspicia:** Facultad de Ciencias de la Ingeniería y  
Aplicadas CIYA

**Carrera que auspicia:** Ingeniería Electromecánica

**Equipo de trabajo:**

**Tutor del Proyecto:** Msc. William Paul Pazuña Naranjo

**Postulante:** Calapaqui Guanotuña Dennis Rossveth, Bohórquez  
Travez Jennifer Karolina

**Área de conocimiento:** Ingeniería, Industria y Construcción

**Línea de investigación:** Procesos Industriales

**Sub líneas de investigación de la carrera:** Control y optimización en el uso de la energía del sector industrial, comercial y residencial en sistemas electromecánicos.

**Núcleo Disciplinar:** Desarrollo de tecnología y procesos de fabricación.

## **2. RESUMEN DEL PROYECTO**

En este documento se encontrará todo lo relacionado con el desarrollo y mejoramiento del factor de potencia con cargas no lineales, incluyendo diseño, construcción, equipamiento, montaje y cableado.

Para comprender los conceptos y fundamentos se revisaron texto, manuales, para reforzar los conocimientos de las definiciones eléctricas, como los principios de funcionamiento de los motores de inducción, el funcionamiento de los equipos de protección y control.

Durante el proceso de desarrollo del proyecto se elaboraron los correspondientes planos de bancos de trabajo junto con los esquemas de conexión para facilitar el montaje de los equipos. Al no disponer de un analizador de redes se vio la necesidad de implementar por un multimedidor Sentron PAC3120 es un dispositivo que mide múltiples parámetros electros trifásicos, cuenta con una función muy importan que es portátil, nos facilita la obtención de datos requeridos como el consumo de corriente, voltaje, potencias, factor de potencia, frecuencia y otros parámetros.

Al obtener los parámetros requeridos se desarrolló cálculos, se obtuvo que solo es necesario un capacitor de de 2.5 KVAR, se implementó junto al gabinete del multimedidor, se logró con la compensación del factor de potencia de 0,96 que esta estipúlalo por las normativas del ARCENEL,

El factor de potencia es muy importante en el funcionamiento de los equipos eléctrico, por lo que con la implementación de un banco de capacitores para la corrección del factor de potencia para cargas no lineales en diferentes tipos de sistemas eléctricos y aprender a analizar la salida de energía. Por ello, se destaca la importancia de ampliar la mesa de enseñanza al laboratorio, y en este caso, el proyecto se centrará en el laboratorio de la carrera electromecánica para realizar el trabajo experimental.

Por medio de esta propuesta de tesis se podrán realizar pruebas como parte de la práctica. Y disponer del conocimiento de cómo funciona un banco de capacitores didáctico, cuenta con un Manual de Prácticas que es dirigido para los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, dentro del laboratorio de la carrera Electromecánica.

## **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Durante la implementación detallada del proyecto se aprovecharán los conocimientos adquiridos en circuitos eléctricos, además se hará énfasis en el desarrollo de equipos

electromecánicos y el fortalecimiento del concepto de operaciones de protección eléctrica de estos mismos equipos.

Esto destaca la importancia de ampliar el conocimiento, la mesa de enseñanza del laboratorio. Es importante destacar que en este caso el proyecto se centrará en el laboratorio de Electromecánica para llevar a cabo el trabajo experimental.

Existen varias técnicas para solucionar el factor de potencia, la más común para las categorías industriales es la instalación de bancos de capacitores que se activan o desactivan durante el proceso para compensar la diferencia de señales; este banco se puede hacer de forma manual o automática. Se realizaría un proceso manual activando regularmente los capacitores en una secuencia predeterminada, y el operador tendría que verificar constantemente el factor de potencia. El proceso automático detecta continuamente el cambio de fase y activa secuencialmente los capacitores de acuerdo con la señal detectada para lograr la mejor corrección. Este proceso no requiere de un operario y se realiza mediante control electrónico, lo que garantiza que la corrección esté siempre activa.

En el marco de estudio la carrera de electromecánica, donde se ubica la educación este banco de capacitores, busca dar un análisis, aplicación y formación de conocimientos, brindando una oportunidad para certificar auténticamente los conocimientos adquiridos durante la educación, el trabajo de la vida.

Deben ser recordados los principios de funcionamiento y construcción de estos motores eléctricos, y deben describirse y compararse los principales dispositivos de arranque, control y frenado con los que se utilizan.

#### **4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

##### **Beneficiarios Directos**

Los beneficiarios directos del proyecto son los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná.

**Tabla 1** Estudiantes de la carrera Electromecánica

Hombres	Mujeres	Total
243	8	251

**Fuente:** Tomado de la secretaria Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná

##### **Beneficiarios Indirectos**

De manera indirecta la comunidad de la región ya que el desempeño de la de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná es vincular a profesionales del entorno.

## **5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

El banco de capacitores busca brindar un mecanismo de aprendizaje que promueva y optimice los cálculos y dimensiones para regular el factor de potencia. El diseño se basa en el laboratorio ya que cuenta con una red trifásica donde se realizan pruebas de máquinas y funcionamiento de soldadoras este módulo experimental para desarrollar temas especiales en las profesiones técnicas del crecimiento académico. Al ser detectado este problema se dispone la implementación de un banco de capacitores para la corrección del factor de potencia para cargas no lineales.

Que se determina que se pueda actuar el modelo de aprendizaje práctico en los sistemas eléctricos actualmente tienen un bajo factor de potencia debido a la presencia de cargas inductivas como transformadores, motores y lámparas fluorescentes.

Debido a la inclusión de este tipo de carga representativa un bajo factor de potencia la sobrecarga de transformadores y líneas de distribución, mayor caída de voltaje, mayor potencia aparente, mayores facturas de electricidad.

### **Delimitación del problema**

#### **Delimitación espacial**

La investigación y su desarrollo se realizarán en el Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi, con los estudiantes y docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

#### **Delimitación temporal**

La investigación y desarrollo se efectuará de octubre 2022 a febrero 2023.

#### **Delimitación conceptual**

El proyecto se encuentra dentro del área de diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1 OBJETIVO GENERAL**

- Implementar un banco de capacitores para corregir el factor de potencia para cargas no lineales en el laboratorio de electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná bloque B.

### **6.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Investigar sobre el principio de funcionamiento y las partes que conforma el banco de capacitores.
- Diseñar y dimensionar el banco de capacitores para el sistema de corrección de factor de potencia de cargas no lineales.

- Implementar un Banco de capacitores para comprobar el mejoramiento del factor de potencia de distintos tipos de sistemas eléctricos.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:

**Tabla 2.** Actividades y sistemas de tareas en relación con los objetivos

<b>Objetivo</b>	<b>Actividades</b>	<b>Resultado de la actividad</b>	<b>Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)</b>
Investigar sobre el principio de funcionamiento y las partes que conforma el banco de capacitores.	Realizar el respectivo investigativo en las páginas web, manuales, artículos.	Fundamentación científica sobre los temas a tratar para el desarrollo del proyecto	Revistas, libros, páginas web.
Diseñar y dimensionar el banco de capacitores para el sistema de corrección de factor de potencia de cargas no lineales.	Determinar los tipos de componentes, equipos y materiales requeridos para la construcción y operación óptima de bancos de capacitores. Determine la cantidad requerida de los capacitores y todos los componentes que forman parte del circuito del banco.	Listado de materiales y dispositivos.  Obtención de materiales y dispositivos.	Análisis, estructural, ecuaciones y Cálculos matemáticos

<p>Implementar un Banco didáctico para comprobar el Mejoramiento del factor de potencia de distintos tipos de sistemas eléctricos</p>	<p>Construcción del Banco de capacitores dando seguimiento a las dimensiones establecidas de cada apartado que lo conforma. Desarrollar simulaciones de campo del Banco de capacitores para comprobar el funcionamiento en cada etapa de la construcción.</p>	<p>Esquema del banco de capacitores y su estructura Base de datos de los resultados obtenidos</p>	<p>Herramientas para la construcción. Medición de valores Multímetro</p>
---	---	---	--

Fuente: Bohórquez & Calapaqui (2023)

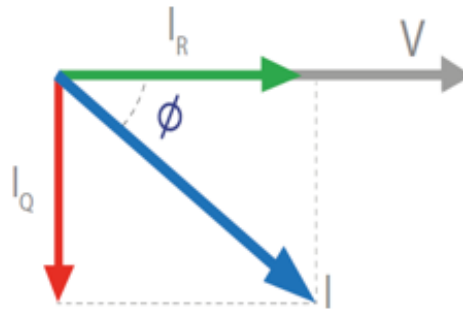
## 8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

En un sistema eléctrico alimentado por corriente alterna (CA), la mayoría de las cargas requieren un consumo de energía activa y reactiva para funcionar. La corriente consumida por la carga se puede representar mediante dos componentes: la corriente activa (IR) y la corriente reactiva (IQ):

- El componente activo de la corriente aparente (IS) está en fase con la tensión de alimentación. Este componente está directamente proporcional relacionado con el trabajo útil desarrollado y, por lo tanto, parcialmente con la conversión proporcional de la energía eléctrica en otro tipo de energía (mecánica, lumínica, térmica, etc.).
- La componente de la corriente reactiva (IQ) está desfasada con respecto a la tensión. Este componente se utiliza para generar el flujo magnético necesario para la conversión de energía mediante campos eléctricos o magnéticos y es un indicador del intercambio de energía entre la fuente de alimentación y el cableado conectado (Flechas, 2019)

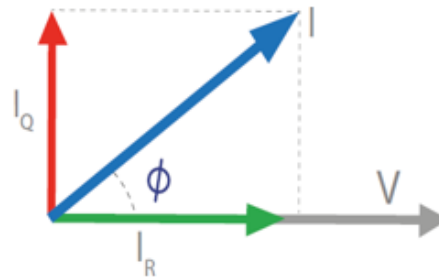
La corriente final (I) consumida por la carga se obtiene sumando vectorialmente los componentes de corrientes activa (IR) e corriente reactiva (IQ) al vector como se muestra en las Figuras 1 y 2.

**Figura 1.** Componentes activa y reactiva de la corriente para un circuito dominante capacitivo



Fuente: (Flechas, 2019)

**Figura 2.** Componentes activa y reactiva de la corriente para un circuito dominante inductivo.

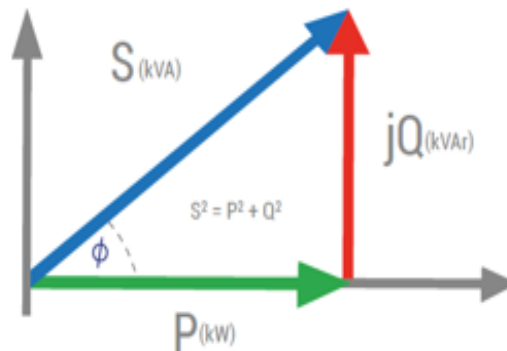


Fuente: (Flechas, 2019)

### 8.1 Tipos de potencia

Aplicando la ley de Ohm a la potencia aparente ( $S = V * I$ ) y multiplicando los dos componentes de la corriente (Activa y Reactiva) por la línea o la tensión aplicada se obtiene la potencia activa ( $P$ ) y la potencia reactiva correspondientes. ( $Q$ ) La figura 3 muestra el triángulo de potencia, que representa la relación entre potencia activa, reactiva, aparente y factor de potencia (Flechas, 2019).

**Figura 3.** Triangulo de potencias



Fuente: (Restrepo, 2020)



## 8.2 Factor de potencia activa, reactiva, aparente

La relación entre la potencia activa y la potencia aparente se denomina factor de potencia. Si la forma de onda es una onda sinusoidal pura, coincide con el coseno del ángulo entre el voltaje y la corriente, es decir, el factor de potencia debe coincidir con el coseno  $\phi$  como lo más cerca posible, pero no lo mismo.

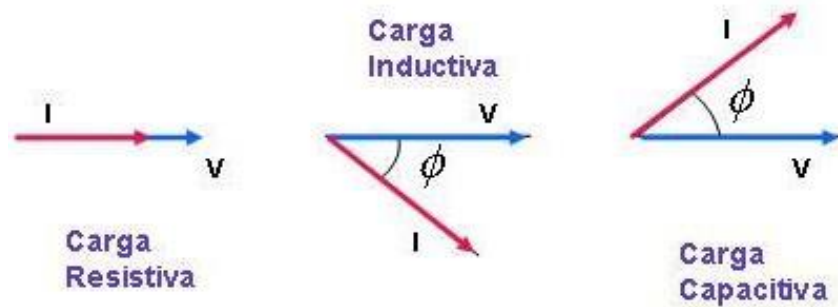
Se recomienda un factor de potencia alto para las instalaciones eléctricas el factor de potencia se requiere valores de 0,9 a 1,0. También se puede decir que es solo un nombre para la relación entre la potencia activa utilizada en el circuito (expresada en vatios o kilovatios (KW)) y la potencia aparente extraída de la línea eléctrica (expresada en voltios-amperios o kilovoltios-amperios (KVA).) También es un término utilizado para describir la energía eléctrica que se ha convertido en trabajo. El valor ideal del factor de potencia es 1, lo que significa que toda la energía consumida por el equipo se convierte en trabajo. Por el contrario, un factor de potencia inferior a 1 significa que se utiliza más energía para realizar un trabajo útil. Siendo principalmente equipos de refrigeración, motores, generadores, transformadores, etc., la naturaleza eléctrica de las cargas industriales es reactiva (Martinez, 2018).

Este carácter reactivo requiere que junto al consumo real de energía (KW) se agregue la denominada potencia reactiva (KVAR), que en conjunto determina el comportamiento operativo de máquinas y motores. Esta potencia reactiva es aportada tradicionalmente por empresas manufactureras, aunque puede ser producida por la propia industria. Como son suministrados por las empresas de servicios públicos, deben transportarse a través de la red, lo que requiere inversiones en equipos de mayor capacidad y redes de transmisión y distribución. Todas estas cargas industriales requieren potencia reactiva (Arcos & Chicaiza, 2015).

Según el tipo de carga, el factor de potencia puede ser: adelantado, atrasado, igual a 1.

- En una carga resistiva como una lámpara incandescente, en este caso el voltaje y la corriente están en fase, por lo que el factor de potencia es la unidad.
- En cargas inductivas, como motores y transformadores, la corriente va a la zaga del voltaje. En este caso, el factor de potencia está retrasado.
- En cargas capacitivas tales como capacitores, la corriente conduce el voltaje.
- En este caso, el factor de potencia principal.

**Figura 4.** Factor de potencia en diferentes cargas



Fuente: (Kotkoff, 2005)

Por lo que se puede decir que el factor de potencia viene dado por la expresión.

$$F.P. = \frac{P}{S}$$

EC.1

$$\cos\phi = \frac{P}{S}$$

EC.2

Donde:

P: Es la potencia activa en KW

S: Es la potencia aparente en KVA

$\phi$ : Angulo entre la corriente (A) y el voltaje (V)

### 8.3 Potencia activa monofásica

Es la potencia que expresa la capacidad del circuito para llevar a cabo el proceso de convertir la electricidad en trabajo. Diversos dispositivos eléctricos existentes convierten la energía eléctrica en otras formas de energía tales como: energía mecánica, energía lumínica, energía térmica, energía química, etc. Por tanto, esta potencia es la corriente realmente consumida por el circuito. Cuando se trata de la demanda de electricidad, es esta potencia la que se utiliza para determinar la demanda. Está indicado con la letra P en vatios (W). De acuerdo con  $P=V \cdot I \cdot \cos\phi$  la ley de Ohm ( $V=I \cdot R$ ) y el triángulo de impedancias se tiene:

$$P_0 = V \cdot I \cdot \cos\phi = I^2 \cdot R$$

EC.3

Donde:

P: potencia activa en Watt (W): voltaje en voltios (V)

I: Corriente en Amperes (A)

Z: Impedancia de la línea en ohmios ( $\Omega$ )

$$R = Z * \cos\phi$$

Resultado que indica que la potencia activa es debido a los elementos resistivos.

#### 8.4 Potencia activa en un sistema trifásico equilibrado

Es la suma de la potencia activa de los sistemas monofásicos que lo componen, al ser el sistema equilibrado, la potencia activa será el triple de la de los sistemas monofásicos.

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} * V_L * I_L * \cos\phi$$

EC.4

Donde:

$V_L$ : Voltaje de línea a línea en voltios (V)

$I_L$ : Corriente de línea en amperios (A) P: Potencia Activa en Watt (W)

$\cos\phi$ : Factor de Potencia del sistema

Potencia activa en función de los valores de tensiones y corrientes de línea: “Estrella” o “Y”

$$V_{\phi} = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$$

EC.5

$$I_{\phi} = I_L$$

EC.6

Donde:

$V_L$ : Voltaje de línea a línea en voltios (V)

$I_L$ : Corriente de línea en amperios (A)

$I_\phi$ : Corriente de cada una de las fases en amperes (A)

$V_\phi$ : Voltaje de cada una de las fases en voltios (V)

### 8.5 Factor de potencia

La cantidad de carga  $\cos \phi$  se llama factor de potencia. Se define como la fracción de potencia aparente  $S$  que realmente entrega potencia real a la carga. Por lo tanto, el factor de potencia se define como:

$$FP = \cos \phi$$

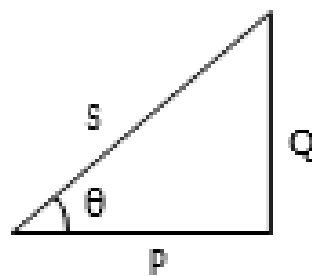
EC.8

Donde  $\cos \phi$  es el ángulo de resistencia de la carga. El valor factor de potencia ( $FP$ ) varía de cero a la unidad. Dependiendo del tipo de carga (resistiva, inductiva o capacitiva), el valor de ( $FP$ ) cambiará. Es importante aclarar que ( $FP$ ) es adimensional.

### 8.6 Triángulo de potencia

A través del triángulo de potencia es posible relacionar los tres tipos de potencia descritos anteriormente como se observar en la Figura 4.

Figura 5. Triángulo de potencia



Fuente: (Kotkoff, 2005)

El ángulo  $\theta$  corresponde al ángulo de resistencia de la carga, la rama adyacente  $P$  corresponde a la potencia activa, la rama opuesta corresponde a la potencia reactiva  $Q$  y la última hipotenusa  $S$  corresponde a la potencia naturalmente. La ventaja de usar un triángulo de potencias es que te permite relacionar cada potencia a partir de una razón trigonométrica conociendo dos elementos del triángulo de potencias, y los demás elementos se pueden encontrar usando la razón del triángulo.

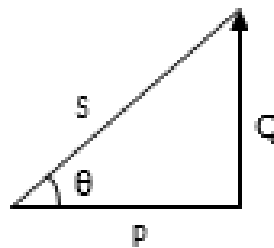
### 8.7 Carga resistente

Son cargas puramente resistivas que no contienen elementos (inductores y condensadores) que almacenen energía en forma de campos magnéticos o eléctricos. Para tales cargas, el voltaje y la corriente están en fase, entonces  $\theta = 0$ , entonces  $F P = 1$  (vea la ecuación 8). Esto significa que la potencia aparente es igual a la potencia real y no hay potencia reactiva,  $Q = 0$  (Restrepo, 2020).

### 8.8 Carga inductiva

Estas son cargas en las que hay una bobina (inductor) en la que la onda de corriente se retrasa  $\theta$  grados con respecto a la onda de voltaje. Por lo tanto, la carga tendrá un ángulo de resistencia positivo  $\theta$ , ya que la resistencia de inductancia es positiva, la potencia reactiva ( $Q$ ) será mayor que cero, ( $Q > 0$ ).

**Figura 6.** Triangulo de potencia para una carga inductiva



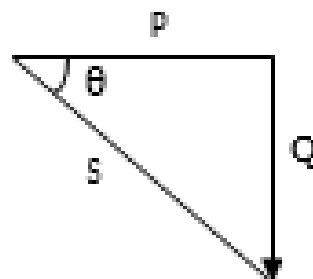
Fuente: (Flechas, 2019)

Para este tipo de cargas se dice que el factor de potencia se encuentra en atraso.

### 8.9 Carga capacitiva

Estas son cargas donde hay condensadores (capacitores) donde la onda de corriente se adelanta a la onda de voltaje en  $\theta$  grados. Por lo tanto, la carga tendrá un ángulo de resistencia negativo  $\theta$ , ya que la resistencia del capacitor es negativa y la potencia reactiva ( $Q$ ) será menor que cero, ( $Q < 0$ ).

**Figura 7.** Triangulo de potencia para una carga capacitiva

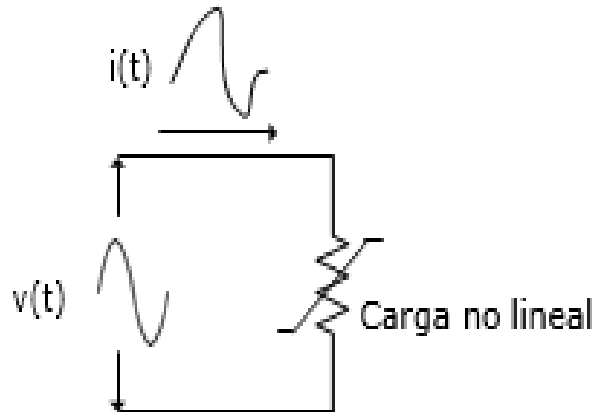


Fuente: (Flechas, 2019)

### 8.10 Distorsiones armónicas

Las distorsiones armónicas son causadas por dispositivos no lineales en el sistema de potencia. Un dispositivo no lineal es aquel en el que la corriente no es proporcional al voltaje aplicado.

**Figura 8.** Distorsión de la corriente causada por una carga no lineal



Fuente: (Flechas, 2019)

La Figura 7 muestra cómo una carga no lineal distorsiona la corriente a pesar de proporcionar una señal de voltaje perfectamente sinusoidal. Al aumentar el voltaje en un pequeño porcentaje, la corriente se duplica y la forma de onda de la corriente cambia.

Una gran cantidad de cargas no lineales en la industria suelen corresponder a equipos dominados por la automatización industrial y las lámparas LED, que se caracterizan por tener circuitos electrónicos formados por componentes no lineales como transistores y diodos.

Cualquier forma de onda distorsionada puede expresarse como una suma de ondas sinusoidales puras siempre que se cumplan las condiciones para señales periódicas. Cada frecuencia de esta onda sinusoidal se expresa como un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de la onda distorsionada. Este múltiplo se llama armónico.

### 8.11 Potencia aparente

La potencia compleja de un circuito de corriente alterna, cuya magnitud se denomina potencia aparente disipada en el circuito y convertida en calor o trabajo (también denominada potencia media, activa o útil), y los campos eléctricos y magnéticos utilizados para formar el circuito. Componente de corriente (Flechas, 2019) La potencia aparente es la potencia eléctrica realmente absorbida por la carga. Este efecto solo es útil cuando el factor de potencia es igual a 1, lo que significa que la potencia activa es igual a la potencia aparente y no hay consumo de potencia reactiva. La potencia aparente se denota con la letra S y se mide en voltios-amperios [VA] (Arcos & Chicaiza, 2015).

Por otro lado, la potencia activa  $P$  es la potencia que determina el trabajo útil en la instalación eléctrica, la cual se puede considerar fija, es decir, a mayor potencia reactiva  $Q$ , mayor potencia aparente  $S$  y mayor corriente circulante. A través de ella en la instalación eléctrica, y viceversa. Si se aplica el teorema de Pitágoras al triángulo de potencias que se muestra en la figura 7 (dado que su ángulo es de  $90^\circ$ ), los valores de potencia aparente se pueden calcular considerando la potencia activa y reactiva respectivamente. Esto se muestra en la Ecuación 9

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

EC.9

$$S = V * I$$

EC.10

Donde:

$P$  = Potencia activa [Vatios – W].

$Q$  = Potencia reactiva [Voltio amperios reactivos – VAR].

$S$  = Potencia aparente [Vatio amperios – VA].

$V$  = Tensión [Voltios – V].

$I$  = Corriente [Amperios – A].

En la figura 8 se observa mediante una representación gráfica el comportamiento de las potencias activa, reactiva y aparente anteriormente mencionadas en un sistema eléctrico convencional (Restrepo, 2020).

**Figura 9.** Potencia activa, reactiva y aparente



Fuente: (Flechas, 2019)

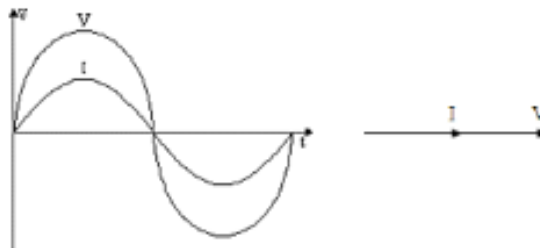
### 8.12 Tipo de carga

En una red o circuito eléctrico, los elementos pasivos se denominan cargas, debido a que el consumo de electricidad a través de ellos depende de la intensidad de la corriente que circula por ellos, por lo que a esta corriente se le denomina corriente de arranque. Las características inductivas o capacitivas dependen del tipo de carga del sistema. A continuación, describimos brevemente las características de cada uno de estos circuitos (Llumuquina, 2012).

### 8.13 Carga resistente

En cargas resistivas como lámparas incandescentes, calentadores, resistencias de carbón (donde toda la energía se convierte en luz y calor), el voltaje y la corriente están en fase. En este caso tenemos un único factor de potencia (Llumuquina, 2012). Estas cargas se caracterizan por un ángulo de fase cero entre la tensión y la corriente, es decir, están en fase como se muestra en la Figura 10.

**Figura 10.** Angulo de desfase entre la tensión y la corriente en cargas resistivas



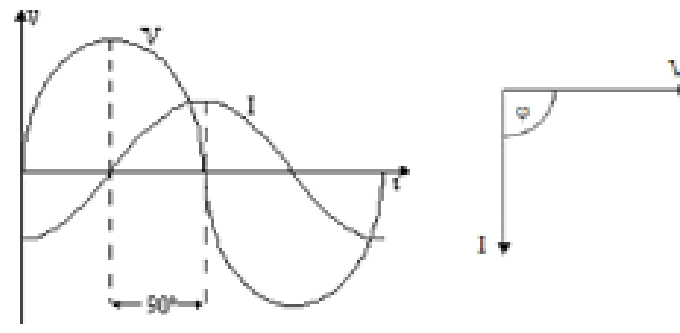
Fuente: (Llumuquina, 2012)

### 8.14 Carga inductiva

En cargas o bobinas inductivas como motores y transformadores, la principal característica de estos componentes es almacenar y consumir energía eléctrica, la cual es convertida en energía magnética por el campo magnético creado por la corriente que circula en estos componentes, retardando la corriente. Hay un desfase negativo ( $-90^\circ$ ) con respecto al voltaje, como se muestra en la Figura 11. En este caso, el factor de potencia está retrasado (Llumuquina, 2012).



**Figuras 11.** Angulo de desfase entre tensión y corriente en cargas inductivas

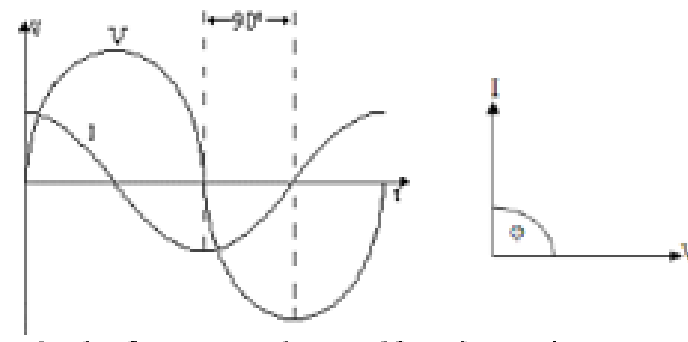


Fuente: (Llumuquina, 2012)

### 8.15 Cargas capacitivas

En cargas capacitivas, como capacitores o cables aislados de media tensión tendidos en líneas subterráneas, la corriente es mayor que la tensión, por lo que existe un desfase positivo, como se muestra en la Figura 10. En este caso, se mejora el factor de potencia. Aquí la corriente desvía el voltaje en  $90^\circ$  (Llumuquina, 2012)

**Figura 12.** Angulo de desfase entre la tensión y la corriente en cargas capacitivas

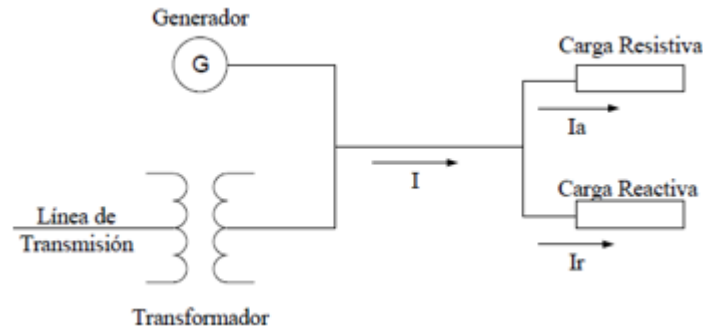


Fuente: (Llumuquina, 2012)

### 8.16 Carga compuesta

Una carga compuesta consiste en una parte puramente resistiva en paralelo con otra parte perfectamente reactiva. En cargas como lámparas incandescentes y equipos de calefacción, la parte reactiva de la carga se puede considerar prácticamente nula. Sin embargo, en cargas representadas por líneas de transmisión y distribución, transformadores, lámparas fluorescentes, motores, equipos de soldadura, hornos eléctricos, etc., la parte reactiva de la carga suele ser de tamaño similar a la parte puramente resistiva. (Restrepo, 2020).

**Figura 13.** Carga real compuesta por una carga resistiva y una carga reactiva

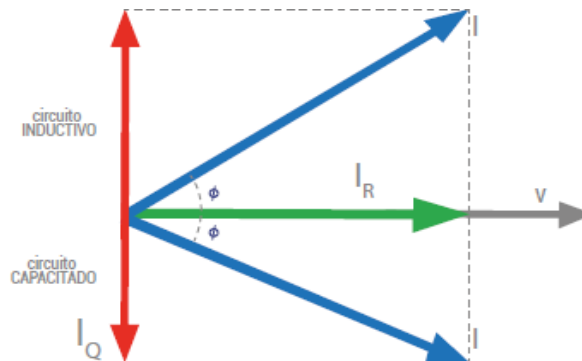


Fuente: (Restrepo, 2020)

En estos casos, además de la corriente real necesaria para producir el trabajo, el calor o la función deseados, la carga consume corriente real adicional de magnitud comparable a la corriente reactiva, aunque esta corriente se necesita para energizar el suministro de circuitos magnéticos. Los dispositivos anteriores son una carga eléctrica adicional para el cableado de equipos industriales, transformadores de potencia, líneas eléctricas e incluso generadores (Restrepo, 2020).

En la figura 13 se muestran posibles combinaciones de los casos anteriores.

**Figura 14.** Componentes activa y reactiva de la corriente para cada tipo de circuito



Fuente: (Flechas, 2019)

### 8.17 Factor de potencia

El factor de potencia define la relación entre la energía convertida en trabajo útil y la energía eléctrica absorbida por un circuito o aparato. Se representa por las siglas FP, es un valor adimensional, solo puede tomar valores entre 0 y 1 (ya sea inductivo o capacitivo) y está determinado por el tipo de carga conectada a la instalación eléctrica (Flechas, 2019).

Cuando el factor de potencia es cercano a la unidad, se dice que su componente reactivo es muy pequeño, de lo contrario, cuando es cercano a cero, el componente reactivo es grande y causa grandes pérdidas. La tabla 3 muestra el área donde el factor de potencia puede considerarse aceptable o bajo.

**Tabla 3.** Rango del factor potencia

Bajo		Aceptable
0	-	0,9
		1 Ideal

Fuente: (Flechas, 2019)

Como ya se definió en la sección 8.16, es importante aclarar que una carga predominantemente inductiva tendrá un factor de potencia en atraso, y si es predominantemente capacitiva, tendrá un factor de potencia en adelanto.

### 8.18 Cálculo del Factor de Potencia

#### 8.18.1 Potencia

Conociendo los valores requeridos de potencia real (kW) y potencia aparente (kVA) para un periodo de tiempo dado, se utiliza la relación observada en la Ecuación 11 para obtener el valor del factor de potencia (Restrepo, 2020).

$$FP = \frac{\text{Potencia Activa}}{\text{Potencia Aparente}} = \frac{P}{S}$$

EC.11

Donde:

P = Potencia activa (Vatios - W)

S = Potencia aparente (voltio amperios – VA)

FP = Factor de potencia (Adimensional – FP)

#### 8.18.2 Energía reactiva

Dado que se conocen los valores requeridos de energía activa (kWh) y energía reactiva (kvarh) para un período de tiempo determinado, se utiliza la relación observada en la ecuación 5 para obtener el valor del factor de potencia (Restrepo, 2020)

$$FP = \frac{kWh}{\sqrt{kWh^2 + kVArh^2}}$$

EC.12

Donde:

kWh = Energía activa (kilo vatios hora – kWh)

kVArh = Energía reactiva (kilo Vatios amperios reactivos hora – VArh)

FP = Factor de potencia (Adimensional – FP)

### **8.18.3 Causa del bajo factor de potencia**

El bajo factor de potencia se debe en parte a la carga de los motores de inducción, ya que a menudo están sobrecargados, también a los balastos, transformadores y, en general, a cualquier tipo de inductor, etc. El factor de potencia bajo se debe a que son cargas no lineales que contaminan la red eléctrica, en este tipo de equipos la corriente consumida está desfasada con el voltaje, por lo que el factor de potencia es bajo (Restrepo, 2020).

Aquí hay algunas causas del bajo factor de potencia:

### **8.18.4 Iluminación de descarga o de arco**

Para funcionar, estas lámparas en algunos casos requieren de inductores o transformadores, como se mencionó anteriormente, estos son consumidores de energía reactiva y en presencia de algunos Estas lámparas tendrán una mayor demanda de energía reactiva, por lo que producen energía reactiva baja. Factor de potencia (Llumuquina, 2012).

### **8.18.5 Motores de inducción de pequeña y gran capacidad**

Estos motores suelen ser la principal causa del bajo factor de potencia, en parte porque son muy abundantes en las instalaciones industriales, y en parte por la naturaleza de las propias máquinas, ya que requieren potencia de la química y, sobre todo, consisten en el inductor o bobina que permite la acción y el movimiento del rotor del motor (Llumuquina, 2012).

### **8.18.6 Motor sobredimensionado**

Este es un caso especial arriba, sus consecuencias son similares. En general, los motores sobredimensionados tienen un alto grado de conservación de energía.

Es muy común reemplazar un motor por otro de mayor capacidad, principalmente en el caso de mantenimiento y reparación, por conveniencia, el reemplazo temporal se convierte en permanente, sin saber que un tamaño demasiado grande provocará bajo factor de potencia (Llumuquina, 2012).

### **8.18.7 Transformador trabajando sin carga o con poca carga**

Al igual que los motores y transformadores, que funcionan sin carga o con una carga pequeña, consumen una cantidad relativamente grande de energía reactiva en relación con la energía activa, lo que resulta en un factor de potencia bajo (Llumuquina, 2012).

### **8.18.8 Transformador de gran tamaño**

Este es un caso especial anterior, donde los transformadores de alta potencia se utilizan para alimentar cargas pequeñas durante períodos prolongados (Llumuquina, 2012)

### 8.18.9 Nivel de tensión superior nominal

Con una tensión superior al valor nominal, aplicada a un motor de inducción, se producirá un aumento del consumo de energía reactiva y, en consecuencia, una disminución del factor de potencia (Restrepo, 2020).

### 8.18.10 Arco eléctrico

Su factor de potencia cambia en un amplio rango a medida que el horno se calienta, desde 0,5 y 0,85, después de un cierto tiempo de trabajo, se acerca a un valor constante. El factor de potencia del horno es bajo por dos razones:

Primero, el arco al comienzo del ciclo tiene menos conductividad, por lo que la corriente va a la zaga del voltaje. En segundo lugar, cuando se cortocircuita el arco, se requiere una reactancia para limitar el amperaje a un valor seguro, esta reactancia es la causa del bajo factor de potencia (Restrepo, 2020).

### 8.18.11 Soldadora eléctrica

Son máquinas que se caracterizan por tener o producir un factor de potencia bajo, debido a que están construidas con una reactancia interna, para limitar la corriente de cortocircuito en el momento del arco, esta reactancia es la que genera el factor de potencia bajo. (Llumuquina, 2012).

A continuación, se muestra en la Tabla 2, que muestra los factores de potencia de las cargas más comunes.

**Tabla 4.** Factor de potencia de cargas industriales usuales

Aparato		Factor de potencia
Motor asíncrono	Cargas a: 0%	0.17
	25%	0.55
	50%	0.73
	75%	0.80
	100%	0.85
Lámparas incandescentes		1
Tubos fluorescentes		0.93
Lámparas de descarga		0.4 a 0.6
Hornos de resistencias		1
Hornos de inducción con compensación		0.85

Hornos a calentamiento dieléctrico	0.85
Hornos de arco	0.80
Máquinas de soldar a resistencia	0.80 a 0.90
Transformadores – rectificadores de soldadura de arco	0.7 a 0.9

Fuente: (Restrepo, 2020)

### 8.18.12 Consecuencias del bajo factor de potencia

El FP es bajo (entre 0 y 0,9) frente a uno alto (superior a 0,9 a 1), provocando, para la misma potencia, una mayor demanda de corriente, lo que implica la necesidad de utilizar un cable de menor área de energía para transportar eficientemente la corriente requerida, evitando pérdidas y caídas de tensión en la red de suministro (Kotkoff, 2005).

Cuanto mayor sea la potencia aparente (S), menor será el Factor de Potencia (FP), lo que resultará en mayores tamaños de generadores, transformadores, cables y equipos que alimentan la carga del usuario. Ambas situaciones resultan en mayores costos de instalación eléctrica. No es conveniente y también ineficiente para las compañías eléctricas o los usuarios, ya que los costos de electricidad son más altos con un Factor de Potencia (FP) bajo.

Por este motivo, las empresas de suministro eléctrico conocidas como Operadores de Red (OR) penalizan la existencia de un Factor de Potencia (FP) bajo, lo que exige el cumplimiento de las normas, reglas y reglamentos técnicos aplicables. En el caso de Colombia, el valor del factor de potencia inducida de los ajustes debe ser igual o mayor a 0,9 (Restrepo, 2020).

En pocas palabras, estas son las consecuencias del bajo factor de potencia:

- Calentamiento por cable.
- Devanados de transformadores de distribución de calor.
- Disparo del dispositivo de protección por causas desconocidas.
- Sobrecarga de generadores, transformadores y líneas de distribución. • Mayor caída de tensión.
- Mayor consumo de corriente.
- Aumento de la factura de la luz por mayor pérdida de consumo de energía.
- Diversas penalizaciones económicas, incluido corte de suministro eléctrico en caso de muy bajo factor de potencia.

### 8.19 Beneficios del factor de potencia preciso

Aplicando la corrección en la instalación, proporcionando localmente la potencia reactiva requerida, se reduce el valor de la corriente en la potencia útil requerida, y por tanto en la potencia total consumida aguas arriba; Esto tiene muchos beneficios, entre ellos optimizar el uso de maquinaria (generadores y transformadores) y líneas eléctricas (transmisión y distribución).

Las principales ventajas de la corrección se pueden resumir de la siguiente manera:

#### 8.19.1 Optimización del uso de máquinas eléctricas

Los generadores y transformadores están dimensionados para una potencia aparente S. Este último, para igual potencia activa P, menor será la potencia reactiva Q suministrada. Por lo tanto, al compensar las instalaciones, las máquinas pueden dimensionarse para que correspondan a una potencia aparente más baja, mientras que aún proporcionan la misma potencia activa (Restrepo, 2020).

#### 8.19.2 Optimizar el uso de las líneas eléctricas.

La corrección del factor de potencia permite obtener ventajas relacionadas con el tamaño del conductor. Como se muestra arriba, al aumentar el factor de potencia se reduce la corriente a la misma potencia útil.

Esta reducción de corriente permite elegir conductores con una sección transversal más pequeña. La corriente antes y después de la compensación se puede medir usando la expresión presentada en la ecuación.

$$IT = \frac{P}{\sqrt{3} * V * FP}$$

EC.13

Antes y después de la compensación

$$I_{antes} = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos \varphi_1}$$

$$I_{después} = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos \varphi_2}$$

Donde:

P = Potencia activa (kW)

V = Tensión de línea (kV)

FP = Factor de Potencia

Cos  $\varphi_1$  = Factor de potencia antes de realizar la compensación

$\cos \varphi_2$  = Factor de potencia después de realizar la compensación

### 8.19.3 Reducir la caída de Tensión

Para calcular la caída de tensión del conductor se debe tener en cuenta la longitud, la resistividad del material conductor, la sección del conductor, el factor de potencia, la corriente de diseño, para ello la ecuación 7 (Restrepo, 2020).

$$\Delta V = K I d \frac{\delta L}{S}$$

EC.14

Donde:

$\Delta V$  = Caída de tensión (V)

K = Factor de suministro

K = 2 para sistemas monofásicos

K =  $\sqrt{3}$  para sistemas trifásicos

I<sub>d</sub> = Corriente del conductor alimentador (A)

$\delta$  = Resistividad del conductor

Cobre =  $0.0171 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$

S = Sección del conductor alimentador ( $\text{mm}^2$ )

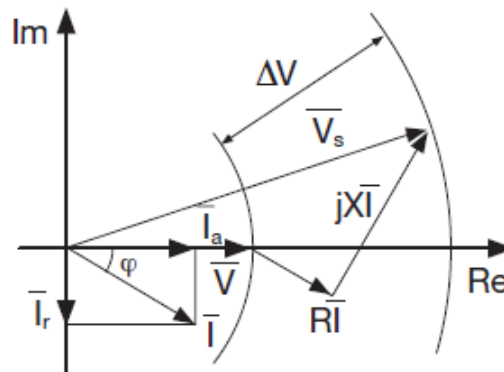
L = Longitud del conductor (Km)

Para la misma potencia activa transmitida, cuanto menor sea la caída de tensión, mayor será el factor de potencia.

Como puede verse en la figura 14, que representa el diagrama de caída de tensión de fase V, el cambio de dicha tensión es correspondientemente menor (para la misma componente activa de la corriente de carga y por lo tanto de la potencia activa) donde el ángulo de fase  $\varphi$  es pequeño, entre voltaje y corriente; Además, este cambio es mínimo si no hay consumo de energía reactiva (corriente de fase) (Garza & Martínez).



**Figura 15.** Diagrama de los vectores sin corrección para visualización de la caída de tensión de línea

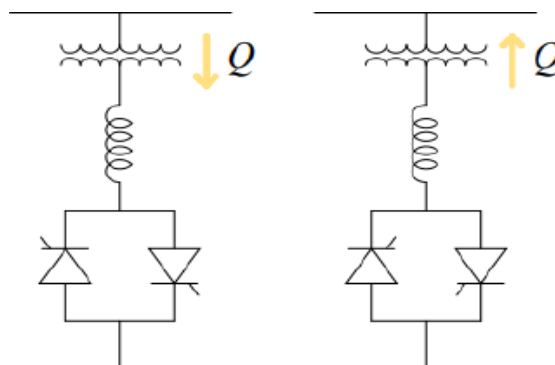


Fuente: (Garza & Martínez)

## 8.20 Compensación estática

Consisten en capacitores fijos y dos superficies conductoras conocidas como armaduras, entre las cuales se intercala un material dieléctrico que actúa como un dipolo pasivo (Martínez, 2018). TSC (Condensador Conmutado por Tiristores) y TCR (Reactor Controlado por Tiristores) son sistemas de compensación electromecánica. Consulte la Figura 13. TSC permite el control gradual de la potencia reactiva, proporcionada por un grupo adicional de condensadores según sea necesario. El TCR puede controlar continuamente la potencia reactiva absorbida por el inductor. Con la instalación de TSC y TCR es posible realizar un ajuste de modulación con continuidad de potencia reactiva generada/absorbida (Restrepo, 2020).

**Figura 16.** Principio compensador estático TCR y TSC



Fuente: (Martínez, 2018)

### 8.20.1 Capacitores

Los capacitores son dispositivos capaces de almacenar energía mediante un arreglo de electrones en un dieléctrico que se produce cuando existe una diferencia de potencial entre sus terminales. Suelen fabricarse para contrarrestar la potencia reactiva proporcionada por las

cargas mixtas presentes en el sistema y así conseguir el factor de potencia óptimo (Restrepo, 2020).

Una forma inmediata de corregir el factor de potencia es usar un capacitor para compensar o balancear la energía reactiva requerida por las cargas inductivas (motores, transformadores e inductores), como se ilustra en las Figuras 16 y 17 a continuación.



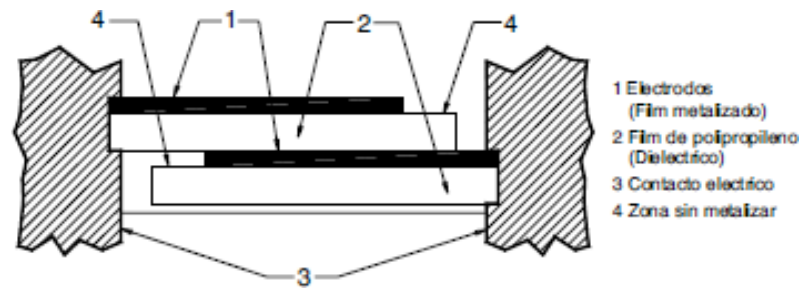
**Figura 18.** Corrección del factor de potencia en el punto de acometida principal o contador de energía



Este método, conocido como mejora o corrección del factor de potencia, se logra conectando capacitores individualmente o en grupos (conocidos como bancos de capacitores).

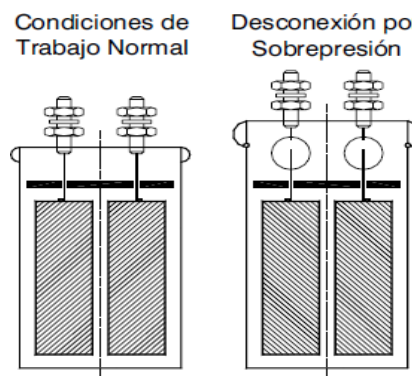
Los capacitores de corrección del factor de potencia están fabricados con película de polipropileno autorreparable y de baja pérdida, lo que proporciona una mayor fiabilidad.

**Figura 19.** Film de polipropileno en capacitores



Fuente: (Ambar, Electroingeniería, 2020)

**Figuras 20.** Condiciones de trabajo en los capacitores para la corrección del factor de potencia.



Fuente: (Ambar, Electroingeniería, 2020)

### 8.20.2 Tipos de compensación

Las ubicaciones comunes para los condensadores y la corrección del factor de potencia se pueden dividir en tres grupos básicos:

- Remuneración personal.
- Remuneración del grupo.
- Centro de compensación.

### 8.20.3 Compensación personal

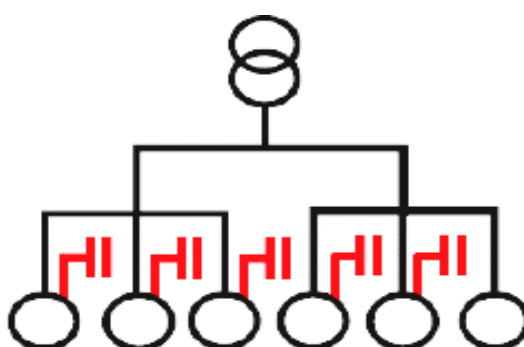
Cada carga reactiva está equipada con su propio conjunto de condensadores o bancos de condensadores, por lo que la corriente que circula por este circuito es menor, lo que ayuda a reducir las pérdidas. Ver figura 19. Se implementa en equipos que mantienen un funcionamiento constante y que tienen un consumo representativo (Flechas, 2019).

Algunas de las ventajas que tiene este tipo de compensación son:

- Optimización de todo el sistema eléctrico ya que se entrega corriente reactiva en el mismo punto de consumo, reduciendo pérdidas en la instalación.
- Crear mejoras en los niveles de estrés en la instalación.

- Proporciona una alimentación adicional al descargar del centro de procesamiento. Algunas desventajas de esta forma de pago son:
- La implementación directa en cada carga hace que el costo de la solución sea mayor porque tiene que implementar una mayor cantidad de capacitores.
- Dado que no todas las cargas están activas todo el tiempo, habrá una subutilización de la compensación.
- Si el compensador se implementa sin un sistema de control, se incurre en costos adicionales por transportar energía reactiva capacitiva (Llumuquina, 2012).

**Figura 21.** Esquema compensación individual



Fuente: (Schneider, 2008)

Este tipo de corrección se recomienda para equipos grandes con carga y factor de potencia constantes y largos tiempos de conexión; Se utiliza comúnmente para motores y lámparas fluorescentes.

#### **8.20.4 Compensación grupal**

En el caso de grandes instalaciones eléctricas con gran número de consumidores de diferentes capacidades y conexiones variables, los condensadores se montan en un único punto con un regulador automático conectando o desconectando la electricidad necesaria en cada momento de demanda de potencia reactiva (Higuera J. , 2019).

Para este tipo de compensación, se despliega un capacitor de compensación para compensar la potencia inducida de un grupo de carga en particular.

Las ventajas de esta forma de pago son:

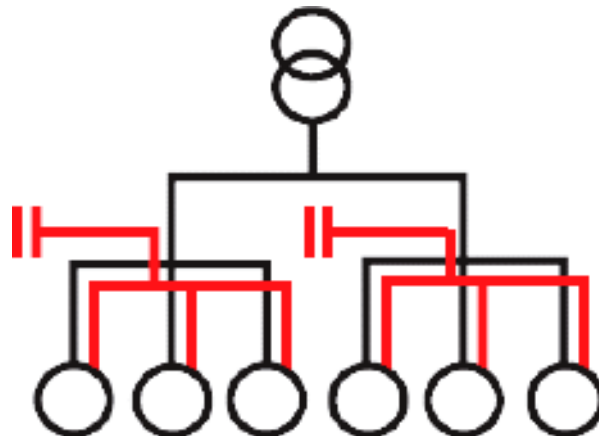
- Configurar una solución para una carga será más económico.
- Puede transportar energía reactiva inductiva desde líneas asociadas al sistema eléctrico.
- Si hay un sistema de control, la compensación ocurre solo cuando la carga es necesaria, por lo que no hay costo adicional por el transporte de energía reactiva capacitiva.

- Consume la misma cantidad de potencia aparente, pero con mejor factor de potencia. Es decir, reduce el consumo de energía reactiva y corrige la demanda real de la instalación en kW.

Centro convertidor de carga (potencia disponible en kW). Las desventajas de esta forma de pago son:

- Sin un sistema de control, hay una compensación fija, que puede generar costos adicionales para el transporte de energía reactiva capacitiva.
- La sobrecompensación durante el bajo consumo de reactiva aumenta la tensión con los riesgos que ello conlleva.
- Si la carga del sistema llegase a cambiar con el paso del tiempo de forma notoria y significativa, la compensación podría quedar corta y entrar en una región de su compensación (Llumuquina, 2012).

**Figura 22.** Esquema compensación grupal



Fuente: (Schneider, 2008)

Este caso se puede utilizar para redes eléctricas donde se instalan muchos motores de diferentes capacidades. En este caso, las cargas o motores se agrupan, agrupando los motores de baja potencia en un grupo y los motores de alta potencia en otro (Higuera J. , 2019).

### 8.20.5 Centro de compensación

La ubicación de este tipo de compensación es directamente en la conexión, por lo que es una solución universal ya que proporciona potencia reactiva capacitiva de acuerdo con las necesidades de potencia reactiva inductiva de todos los tableros y la ML (Carga principal) se origina en este nodo. Se muestra en la Figura 21.

Las ventajas de esta forma tienen como compensación son:

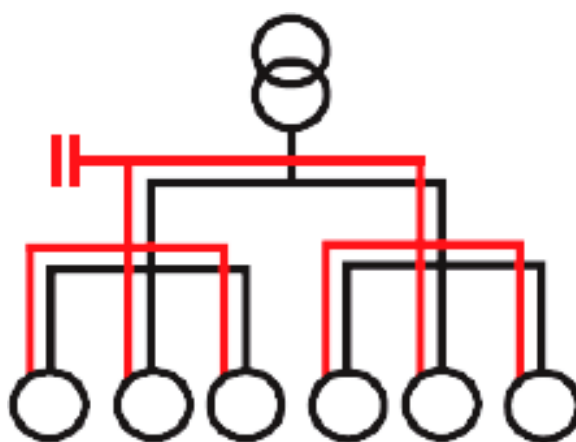
- Instalación optimizada.

- Mejor regulación de voltaje en el sistema. • Si existe un sistema de control, sólo interviene cuando la carga es necesaria, sin incurrir en costos adicionales de transporte de potencia reactiva.
- Centro convertidor de carga (Potencia disponible en kW).
- No se transporta energía reactiva del sitio al transformador (Higuera J. , 2019).

Las desventajas de esta forma de compensación son:

- Es necesario establecer un sistema de control y medición para compensar los requisitos de carga del sistema, lo que genera mayores costos (Llumuquina, 2012)

**Figura 23.** Esquema compensación central



Fuente: (Schneider, 2008)

## 8.21 Tipos de capacitores

### 8.21.1 Capacitores fijo

Mencionamos de compensación fija porque el capacitor no dispone de partes o dispositivos móviles, los cuales permanecerán conectados al sistema, con una corriente reactiva capacitiva constante. Los condensadores fijos son aquellos que permanecen permanentemente conectados al sistema y solo se programan algunas operaciones de conexión y desconexión durante el tiempo que esté funcionando las maquinas o equipos (Higuera J. , 2019).

- La demanda de potencia reactiva de la carga a compensar es constante o cambia poco.
- El objetivo es reducir las pérdidas por efecto Joule o aumentar la potencia activa en transformadores y generadores.
- Intentan aumentar los niveles de tensión en las líneas de transmisión o distribución.

Las ventajas de esta forma los tipos de compensación son:

- Fácil instalación, operación altamente segura y muy poco mantenimiento.

- Tienen pequeñas pérdidas y no ocupan mucho espacio, por eso se pueden conectar a estaciones de carga cercanas.
- Se fabrican en diferentes capacidades según las necesidades.

Las desventajas de esta forma los tipos de compensación son:

- Cuando la carga cambia significativamente, el capacitor puede cortocircuitarse durante el suministro de energía reactiva o, por el contrario, sobre compensar momentos. • Se debe implementar un sistema de descarga de capacitores en caso de que se desconecte de la línea y para minimizar el posible peligro para el personal.
- Debido a las variaciones de carga, eventualmente puede ocurrir un mayor suministro de potencia reactiva capacitiva al sistema, lo que resulta en costos adicionales a la factura de energía (Llumuquina, 2012).

## **8.22 Capacitor automático**

Hablamos de compensación automática cuando un capacitor tiene una parte o dispositivo móvil, permitiéndole conectar y desconectar sus partes de acuerdo con las necesidades del sistema, registradas por el sistema de medición de este. Se utilizan cuando la potencia reactiva total requerida no es suficiente constante y puede ajustar automáticamente la potencia reactiva de acuerdo con las necesidades del sistema (Higuera J. , 2019).

El costo es mayor porque el sistema es un poco más potente y requiere contactores, sistemas de medición (instalación de transformadores de corriente) y sistemas de control (instalación de transformadores de tensión).

Los condensadores que componen la batería suelen ser trifásicos y se alojan en la misma caja. Se pueden disponer en grupos de unidades en paralelo conectadas en serie y combinadas con contactores. Los grupos de unidades individuales conectadas en paralelo a menudo se denominan secciones de banco o escalones.

### **8.22.1 Selección de condensadores**

A la hora de elegir un condensador de compensación hay que tener en cuenta varios aspectos, como, por ejemplo:

- Rentabilidad de los equipos.
- Limitaciones del sistema tales como: armónicos, niveles de tensión, niveles de cortocircuito entre otros.
- Conocimiento de equipos de alto factor de potencia.
- Selección automática de condensadores

En el caso del auto compensación, su elección debe tener en cuenta los 3 datos que definen al auto compensador:

- La potencia, en kVAr, será la que proporcionen los cálculos realizados y dependerá del factor de potencia objetivo que se desee durante la instalación.
- Tensión nominal, siempre debe ser mayor o igual a la tensión de alimentación.
- Regulación de la batería, indicará su escala física. Es importante recalcar que el tamaño óptimo de un compensador está relacionado con el óptimo entre el número de capacitores (paso a paso) utilizados, el precio, la capacidad y el espacio físico disponible (Restrepo, 2020).

## **9. PREGUNTAS CIENTIFICAS O HIPOTESIS:**

### **9.1 Hipótesis del proyecto**

Por medio del analizador de cargas SIEMENS SENTRON PAC 3120 se puede obtener la corriente activa (IP), la corriente reactiva (IQ) y la corriente aparente (IS), potencia activa (P), potencia aparente (Q), potencia reactiva (Q), Factor de Potencia (FP), por medio de la obtención de estos datos que nos facilita el multimedidor PAC 3120, se procede a realizar cálculos del factor de potencia y dimensionamiento de capacitores, para así implementar un banco de capacitores que permitirá la corrección del factor de potencia (FP) para cargas no lineales en el Laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná.

### **9.2 Preguntas científicas**

Las preguntas científicas se las plantea a partir de los objetivos de la investigación:

- ¿La investigación que se realiza logra redactar las partes el banco de capacitores?
- ¿Al dimensionar los capacitores por medio de ecuaciones se logró realizar el diseño para las cargas no lineales?
- ¿con el analizador de cargas SIEMENS SENTRON PAC 3120 se logró construir el banco de capacitor a base de las dimensiones tomadas?

## **10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL:**

En esta metodología se realiza un análisis del procedimiento de cálculo de un capacitor, para realizar el suministro de potencia reactiva en un sistema industrial, así como los criterios que se deben tener en cuenta para aplicar, se siguen los pasos debajo:



## **MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN**

El método descripción constituye una investigación exhaustiva de la realidad, analizando las características de las variables, brindándonos información coherente en base a la recolección de datos para obtener la información necesaria para lograr obtener resultados reales.

Por lo tanto, el enfoque descriptivo utiliza la recopilación de datos, como lecturas de placas características y horas de uso, lo que nos permite analizar y refinar los datos procesados.

### **10.1 Planificación de recursos y tiempo**

La primera acción que se toma es enfocar y revisar toda la información disponible del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná como, por ejemplo:

- Localización
- Tipo instalación eléctrica (trifásica)
- Horas de funcionamiento típicas.
- El consumo energético anual de la Universidad.

### **10.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El esquema de control automático de corrección del factor de potencia debe cumplir una serie de requisitos establecidos en las condiciones del sistema de potencia donde se realiza el control, estos requisitos son los siguientes:

- El control debe ser automático
- El sistema debe tener una función de anulación manual, para usarse como respaldo en caso de mantenimiento o falla del sistema.
- La entrada de control debe configurarse para TC entre 0 y 9 amperios.

Con la identificación de necesidades y la investigación de los dispositivos de medida y corrección de potencia, se recopiló la información necesaria y la experiencia en el uso de algunos de los dispositivos, aspectos sobre los que se ha desarrollado la aplicación final del proyecto.

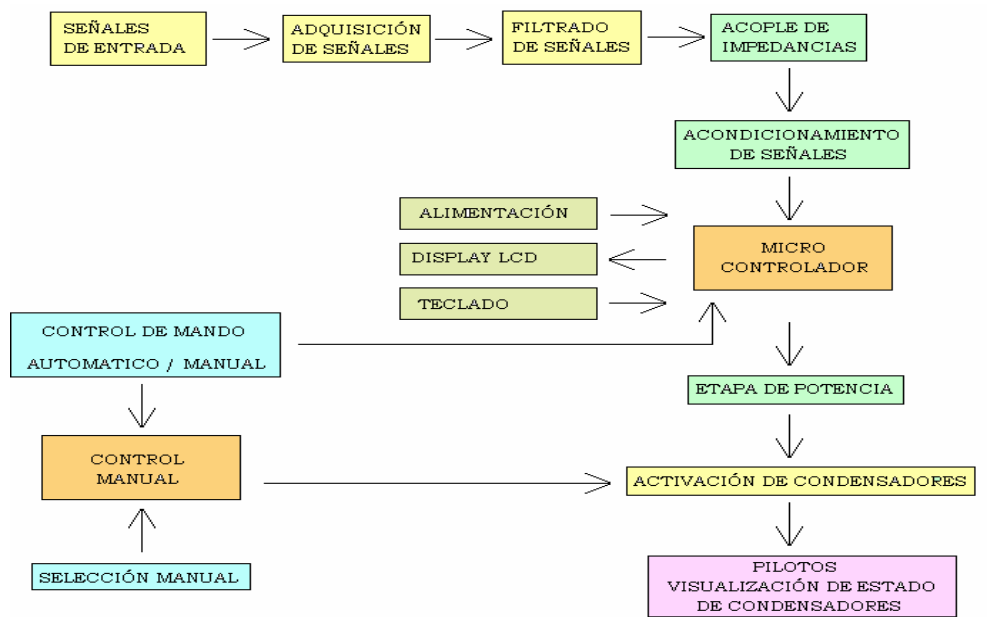
### **10.3 CUADRO GENERAL**

El diagrama permite una visualización general de las partes del sistema de corrección, estas partes serán explicadas en profundidad en las siguientes secciones del texto, en esta parte se explicará cada parte del sistema.

- Señal de entrada. Se trata de señales de entrada de tensión y corriente, señales de tensión de cargas no lineales.

- Señales de entrada. Esta es la etapa de tomar la señal del sistema, midiendo la señal de corriente a través de la resistencia en paralelo y la señal de tensión a través del transformador de tensión.
- Filtrar la señal. El filtro de corriente de señal se implementa para eliminar el ruido de alta frecuencia que afecta a la señal.

**Figura 24.** Diagrama general del sistema



Fuente: (Pulsara, 2008)

- Adaptación de impedancias. Este paso se realiza mediante amplificadores operacionales, ya que proporcionan una impedancia infinita creando un efecto de acoplamiento. Estos amplificadores están en modo de comparación y permiten la detección de cruce por cero.
- Acondicionamiento de señal.
- Microcontroladores: Este dispositivo almacena el programa de control para analizar la señal y tomar decisiones de control. Este dispositivo tiene las siguientes entradas y salidas:
  - Fuente, generada por la fuente del sistema.
  - Teclado, utilizado para cambiar la configuración del sistema.
  - Siemens Sentron PAC3120, pantalla a través de la cual se visualizan los valores del sistema.
  - Comando de control. Implementada para el control de funcionamiento, se selecciona manualmente entre modo manual.

## **10.4 Diseño e implementación del sistema manual**

El diseño del sistema de disparo manual requiere la instalación de implementos de control y visualización, los cuales realizan y visualizan cambios en los capacitores. Estos elementos para cumplir con las modificaciones antes mencionadas requieren de una estructura de control, realizada con redes de interconexión, estas conexiones se realizan mediante cables eléctricos. Estas conexiones a menudo se denominan conexiones de cables estructurados y proporcionan un control mecánico a través de las bobinas, los temporizadores y los contactos del contactor del sistema en el que se realizará el control. Además del despliegue, se deben realizar pruebas y mediciones para determinar el estado de los dispositivos instalados y tomar decisiones en base a ellos.

El primer paso en la automatización es hacer que el proceso sea eficiente. Con esta premisa se procede a la limpieza del banco de capacitores (ver Fig. 23 la condición inicial del condensador) y evaluar el estado actual en ese momento. La evaluación da como resultado lo siguiente:

- El condensador está ubicado en una barra colectora de 220 Voltios, proveniente de un transformador de 2,5 kVAr alimentado desde una red de distribución.
- Por medio de la medición del analizador del factor de potencia solo se necesita 1 capacitor para corregir las cargas no lineales.

## **10.5 Materiales y métodos**

### **10.5.1 Materiales necesarios**

El diseño debe tomar en cuenta los elementos usados y adquiridos, teniendo en cuenta la eficacia y eficiencia de cada elemento del banco de capacitores de intervención, como se describe a continuación:

### 10.6 Capacitores trifásicos

Estos son los componentes básicos del banco de condensadores, que permiten generar energía reactiva para corregir el factor de potencia.

Condensador cilíndrico trifásico formado por tres condensadores monofásicos alojados en carcasa metálica, son de tipo seco utilizando polipropileno metalizado con dieléctrico. Cada capacitor tiene un seccionador de sobrevoltaje para proteger contra fallas internas del equipo y resistencias de descarga incorporadas para reducir el voltaje después de que el capacitor se haya desenergizado. Los elementos del condensador están revestidos de plástico de poliuretano en una carcasa cilíndrica de aluminio herméticamente sellada que puede aislarlos de los efectos corrosivos del aire y garantizar una buena disipación del calor interno hacia el medio ambiente.

Estos capacitores están específicamente especificados para compensar por separado pequeñas cargas inductivas y construir pequeños bancos de capacitores (Llumuquina, 2012).

**Figura 25.** Se muestra una foto del capacitor tubular trifásico



Fuente: (Llumuquina, 2012)

### **10.6 Componentes del banco de capacitores automáticos**

Los compensadores automáticos deben poder adaptarse a los cambios en la potencia reactiva cuando se instalan; conseguir y mantener el factor de potencia de la instalación dentro del rango permitido por la norma. Un banco de indemnización de automóviles se compone de 4 elementos principales:

- Controlador manual del factor de potencia.
- Elementos externos del relé de corrección del factor de potencia.
- Condensador.

### 10.8 Instrumentos de parámetros eléctricos.

Instrumentos diseñados para medir y visualizar parámetros eléctricos tales como: tensión de red, corriente, corriente activa, reactiva y aparente. En el grupo de control se utilizó un contador de electricidad Siemens Sentron PAC3120. El manual de instalación dice que es una herramienta que te permite visualizar los parámetros de red más relevantes. (Siemens, Manual, 2020)

**Figura 26.** Medidor de parámetros Sentron PAC3120

Fuente: (Siemens, Manual, 2020)

**Tabla 5.** Características del medidor de parámetros eléctricos

Características	
Marca	Siemens
Modelo	PAC3120
Tipo de alimentación	110 V - 220V
Tipo de tensión de alimentación	AC – DC
Tensión L-N	AC3-220V
Tensión L-L	AC3-440V
Corriente nominal Ie	5 A

Fuente (Siemens, Manual, 2020)

### 10.8 Conocimientos básicos de transformadores de corriente.

Un transformador de corriente (T.C.) es un "dispositivo transformador" diseñado para producir una corriente diferencial en el devanado secundario que es proporcional a la corriente medida en el devanado primario. Los transformadores de corriente reducen la corriente de alto voltaje a corrientes de muy bajo valor y brindan un método conveniente para monitorear de manera segura la corriente en las líneas de transmisión de CA usando amperímetros convencionales. El principio de funcionamiento de un transformador de corriente no es diferente de un transformador de corriente (Acotron, 2020)

**Figura 27.** Transformador de corriente (TC)

Fuente: (Camsco, 2019)

**Tabla 6.** Características del TC utilizado

Características	
Marca	Camsco
Modelo	CFS-33 60/5
Precisión	Clase 1
Corriente nominal primaria	60 A
Corriente nominal secundaria	5 A
Burden	2,5 VA
Tensión	600 V

Fuente: (Camsco, 2019)

### 10.9 Interruptor termomagnético principal

Un interruptor termomagnético es un dispositivo de protección de circuito que opera en dos tipos diferentes de eventos, la parte térmica opera en sobrecarga del circuito y la parte magnética opera en cortocircuito. Antes que nada, aclaremos que el circuito consta de una serie de conductores y disipadores, el número de estos disipadores es limitado, y los conductores e interruptores termomagnéticos se colocarán de acuerdo con el consumo de los elementos (City, Plc, 2020).

**Figura 28.** Interruptor termomagnético principal

Fuente: (City, Plc, 2020)

**Tabla 7.** Características de un interruptor termomagnético trifásico

Características	
Marca	Siemens
Modelo	3VM1140
Tensión nominal	220V
Corriente nominal	32A

Fuente: (City, Plc, 2020)

### 10.10 Fusibles de seguridad

Fusible NH2 EBASEE, Elementos de Maniobra de alta capacidad de ruptura o de corte frente a las corrientes de cortocircuito. (Gonzaga, Rodriguez, 2010)

**Figura 29.** Fusibles de protección

Fuente: Bohórquez y Calapaqui (2023)

### 10.11 Breaker de seguridad

El breaker utilizado se muestra en la Figura 4.5. En la figura (interruptor automático), la función principal del interruptor es asegurar la protección de los equipos y líneas eléctricas. Existen

diferentes tipos de estos elementos en el mercado dependiendo del amperaje requerido (kontrol, Keen, 2020)

**Figura 30.** Breaker de protección



Fuente: (kontrol, Keen, 2020)

### 10.12 Reglamentos y legislación pertinentes

Estas normas establecen que las actividades de las empresas distribuidoras y comercializadoras de energía eléctrica tienen por objeto cumplir con los estándares de calidad, seguridad y garantía del suministro eléctrico. Las empresas distribuidoras debidamente autorizadas también exigen a los consumidores el cumplimiento de las normas desarrolladas por ARCONEL (Toalombo & Toapanta, 2021). El Cuadro de Tarifas proporciona la siguiente fórmula para calcular un factor de potencia bajo con una penalización por debajo de 0.92 para usuarios regulares de medidores de energía reactiva.

$$P_{BFP} = \left\{ \begin{array}{ll} P_{BFP} = 0 & \text{si } FP \geq 0.92 \\ P_{FP} = B_{FP} * FSPEEi & \text{si } FP < 0.96 \rightarrow B_{FP} = \frac{0.96}{FP} - 1 \end{array} \right\}$$

Datos:

$P_{Br}$ : penalización por bajo factor de potencia

$FP_r$ : Factor de potencia registrado

$B_{FP}$ : Factor de penalización

$FSPEEi$ : Factura por servicio público de energía eléctrica inicial

Si el factor de potencia es inferior a 0.60, la compañía de distribución cumplirá con los informes sobre la reducción de potencia hasta que el usuario resuelva el problema. [32]



En términos de factor de potencia, la calidad de la energía tiene una variación del 5% (CONELEC, 2001).

Las mediciones de la calidad de la energía deben realizarse a intervalos de 10 minutos durante un período de 7 días. Según ARCONEL, el valor límite inferior del factor de potencia es 0,96 (CONELEC, 2001).

Para el dimensionamiento del banco de capacitores necesarios para corregir el factor de potencia a 0.98 que es el valor óptimo que requiere el sistema eléctrico del laboratorio de Electromecánica, es necesario hallar la potencia reactiva (Q). La potencia aparente (S) en KVA en un circuito de corriente alterna es la suma fasorial de la potencia útil (Pa) medidos en KW y la potencia reactiva (Q) cuya unidad es KVAR (Toalombo & Toapanta , 2021).

Al analizar las cargas con el medidor de parámetros Sentron PAC3120 se obtiene los datos de funcionamiento en baja, media, alto consumo del laboratorio estos resultados de las pruebas son sin corregir el factor de potencia como se muestra en las siguientes tablas.

**Tabla 8.** Medición de cargas por medio del Sentron PAC3120

LECTURA N°1 EN CERO CARGAS				
Voltajes por cada fase (V)	128.9	127.1	128.3	
Corriente de fase (I)	L1=22.37 A	L2=2.92 A	L3=22.19 A	$\sum N=2.21$ A
Potencia aparente (S)	L1=2.87 KVA	L2=0.37 KVA	L3=2,82 KVA	$\sum S$ total=5.69 KVA
Potencia activa (P)	L1=1.14 KW	L2=0.20 KW	L3=2.11 KW	$\sum P$ total=2.36 KW
Potencia reactiva (Q)	L1=2.80 KVAr	L2=0,29 KVAr	L3=2.02 KVAr	$\sum Q$ total=4,67 KVAr
Factor De Potencia (FP)	L1=1.0	L2=1.0	L3=1.0	$\sum L=1.0$
Cos $\Phi$	L1=0,02	L2=0,24	L3=0.67	$\sum L=0.17$
Frecuencia (Hz)	L1=60.5	L2=60	L3=60.20	$\sum L=60.60$
Desbalance (V, I)	V=100%	I=200%	0	0

Energía (S) consumida	0	0	0	$\Sigma T1=000000000.28$ KVAh
Energía (P) consumida	0	0	0	$\Sigma T1=000000000.25$ KWh
Energía (Q) consumida	0	0	0	$\Sigma T1=000000000.20$ KVARh

Fuente: Bohórquez & Calapaqui (2023)

Como se puede observar en la tabla 1, se obtuvieron los datos de la potencia aparente con una carga de 5,69 KV, la potencia activa con una carga de 2,36 KW, la potencia reactiva 4,67 KVAr, con un factor de potencia que se mantiene en 1 esto está por las normas de ACONEL hay que recordar que estas mediciones se obtuvieron en cero cargas.

**Tabla 9.** Medición de cargas por medio del Sentron PAC3120

LECTURA N°2 EN MEDIA CARGAS DE FUNCIONAMIENTO				
Voltajes por cada fase (V)	128.9	127.1	128.3	
Corriente de fase (I)	L1=2.02A	L2=1.21 A	L3=1.51 A	$\Sigma N=0.06$ A
Potencia aparente (S)	L1=1.39 KVA	L2=0.15 KVA	L3=1.30 KVA	$\Sigma S$ total=3.79 KVA
Potencia activa (P)	L1=0.95 KW	L2=0.06 KW	L3=1.08 KW	$\Sigma P$ total=2.09 KW
Potencia reactiva (Q)	L1=1.31 KVAr	L2=0.17 KVAr	L3=0.64 KVAr	$\Sigma Q$ total=0.84 KVAr
Factor De Potencia (FP)	L1=0.64	L2=0.37	L3=0.78	$\Sigma L=0.77$
Cos $\Phi$	L1=0.77	L2=0.38	L3=0.96	$\Sigma L=0.83$
Frecuencia (Hz)	L1=60,5	L2=60	L3=60,20	$\Sigma L=60,70$
Desbalance (V, I)	V=0.60%	I=82.0%	0	
Energía (S) consumida	0	0	0	$\Sigma T1=000000000.55$ KVAh

Energía (P) consumida	0	0	0	$\Sigma T1=000000000.47$ KWh
Energía (Q) consumida	0	0	0	$\Sigma T1=000000000.36$ KVARh

Fuente: Bohórquez & Calapaqui (2023)

Como se puede observar en la tabla 1, se obtuvieron los datos de la potencia aparente con una carga de 3,79 KV, la potencia activa con una carga de 2,09 KW, la potencia reactiva 0,84 KVAr, con un factor de potencia que se mantiene en 0,77, esto está bajo las normas de ACONEL como se puede apreciar las diferencias de cargas que tiene con la tabla 6.

**Tabla 10.** Medición de cargas por medio del Sentron PAC3120

LECTURA N°3 EN MÁX. CAPACIDAD CARGAS DE FUNCIONAMIENTO				
Voltajes por cada fase (V)	128.9	127.1	128.3	
Corriente de fase (I)	L1=14.34A	L2=2.5 A	L3=13.34 A	$\Sigma N=0.16$ A
Potencia aparente (S)	L1=2.41 KVA	L2=0.26 KVA	L3=2.26 KVA	$\Sigma S$ total=4.94 KVA
Potencia activa (P)	L1=1.62 KW	L2=0.12 KW	L3=1.74 KW	$\Sigma P$ total=3.49 KW
Potencia reactiva (Q)	L1=0.93 KVAr	L2=0.14 KVAr	L3=0.36 KVAr	$\Sigma Q$ total=0.71 KVAr
Factor De Potencia (FP)	L1=0.72	L2=0.51	L3=0.84	$\Sigma L=0.70$
Cos $\Phi$	L1=0.80	L2=0.51	L3=0.94	$\Sigma L=0.85$
Frecuencia (Hz)	L1=60,5	L2=60	L3=60,20	$\Sigma L=60,70$
Desbalance (V, I)	V=0.7%	I=85.5%	0	0
Energía (S) consumida	0	0	0	$\Sigma T1=000000001.20$ KVAh

Energía (P) consumida	0	0	0	$\sum T1=00000000.72$ KWh
Energía (Q) consumida	0	0	0	$\sum T1=00000000.80$ KVARh

Fuente: Bohórquez & Calapaqui (2023)

Como se puede observar en la tabla 1, se obtuvieron los datos de la potencia aparente con una carga de 4,94 KV, la potencia activa con una carga de 3,49 KW, la potencia reactiva 0,71 kVAr, con un factor de potencia que se mantiene en 0,70.

En las tablas 7 y 8 se aprecia el factor de potencia de 0,77 a 0.70 por este bajo factor se requiere dimensionar un capacitor para la corrección de factor de potencia.

### 10.13 Cálculo del banco de capacitores

Para poder dimensionar se toma como referencia los resultados que nos da en la tabla 4 el banco de capacitores esto nos ayudara a corregir el factor de potencia.

Banco de capacitores requerido en kVAr =P en kW (Tan  $\theta_1$  – corregido  $\theta_2$ )

También:

$$kVAr = C * f * V^2 / (159.155 * 10^6)$$

$$kVAr = C * 2\pi * f * V^2 * 10^{-9}$$

Dónde:

kVAr =Voltamperio-reactivo requerido en kilo.

C =Valor de capacitancia del capacitor en  $\mu F$

f=frecuencia en hercios “Hz”

V =Voltaje en voltios

$\theta_1$  =Coseno -1 =Factor de potencia existente

$\theta_2$  =Coseno -1 =Factor de potencia objetivo o deseado “que es necesario corregir”.

### 10.14 Banco De Capacitores En Microfaradios “MF”

Las siguientes fórmulas se pueden usar para calcular el banco de capacitores requerido en  $\mu F$  para la corrección del factor de potencia.

$$\text{Banco de capacitores requerido en } \mu F = kVAr * 10^9 / (2\pi * f * V^2)$$

Datos obtenidos en el medidor de red eléctrica

$$V = 220V$$

$$I = 14.34A$$

$$ST = 4.94KvA$$

$$PT = 3.49 KW$$

$$QT = 0.71 kVAr$$

$$COS = 0.85$$

$$FP = 0.70 \Rightarrow 0.96$$

#### 10.14 Banco de capacitor requerido en kVAr

$$\text{Carga en kW} = P = V \times I \times \cos\theta_1$$

$$P = 220 \times 14.34 \times 0.70$$

$$P = 2208.36$$

$$P = 2.21KW$$

Banco de capacitores requerido en kVAr

Condensador requerido kVAr = P en kW (Tan  $\theta_1$  – corregido  $\theta_2$ )

$$\theta_1 = \text{Coseno}^{-1} = (0.70) = 45^\circ.573; \text{Corregido } \theta_1 = \text{TANG}(45^\circ.573) = 1.020$$

$$\theta_2 = \text{Coseno}^{-1} = (0.96) = 16^\circ.260; \text{Corregido } \theta_2 = \text{TANG}(16^\circ.260) = 0.292$$

$$kVAr = 2.21kW \times (1.020 - 0.292)$$

$$VAR = 11.648 VAR$$

$$KVAR \text{ requerido} = 1.608 kVArg$$

Con el resultado obtenido se determina que solo necesitaría un capacitor de 2.5 kVAr debido al bajo consumo del transformador del laboratorio de electromecánica, esto según lo establecido en las normas del ARCONEL.

### 11. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:

Para iniciar con la implementación de esta propuesta, se han dado muchos pasos para aplicar como conocimientos eléctricos para la instalación y el proceso de compensación de energía reactiva en el banco de condensadores y monitorear de forma remota los parámetros eléctricos en tiempo real desde el laboratorio de Universidad técnica de Cotopaxi Extensión la Maná.

#### 11.1 Resultados de la corrección de potencia

Al realizar las mediciones en las líneas trifásicas que ingresan desde el transformador hasta el laboratorio de la carrera Electromecánica la prueba consiste dar funcionamiento motores sincrónicos en 3h de prueba para verificar que el factor de potencia sea el correcto.

**Tabla 11.** Promedio de voltaje y amperaje

	Fases		
	R	S	T
Voltaje (V)	127.6	126.1	125.7
Corriente (A)	8.91	5.9	5.39

Fuente: Bohórquez & Calapaqui (2023)

Como se demuestra en la tabla las mediciones realizadas en el laboratorio donde claramente la carga en cada una de las fases. Hay que resaltar que las tablas anteriores detallan los promedios de carga y voltajes obtenidos sin corregir el factor de potencia, durante el tiempo de la prueba.

### 11.2 Factor de potencia corregido

Luego de las mediciones del factor de potencia corregido por el capacitor calculado por medio del sentron Pac-3210

**Tabla 12.** Corrección de potencia con el capacitor de 2.5 kVAr

LECTURA N°4 EN MÁX. CAPACIDAD CARGAS DE FUNCIONAMIENTO				
Voltajes por cada fase (V)	127.6	126.1	125.7	
Corriente de fase (I)	L1=8.91A	L2=5.90 A	L3=5.39 A	$\sum N=0.10$ A
Potencia aparente (S)	L1=1.13 KVA	L2=0.74 KVA	L3=0.68 KVA	$\sum S$ total=2.56 KVA
Potencia activa (P)	L1=1.13KW	L2=0.70 KW	L3=0.62 KW	$\sum P$ total2.42KW
Potencia reactiva (Q)	L1=0,10KVAR	L2=0.26 KVAR	L3=0.27 KVAR	$\sum Q$ total=0.11 KVAR
Factor De Potencia (FP)	L1= 1	L2=0.94	L3=0.92	$\sum L=0.96$
Cos $\Phi$	L1= 1	L2=0.94	L3=0.92	$\sum L=0.96$

Frecuencia (Hz)	L1=60,5	L2=60	L3=60,20	$\Sigma L=60,70$
Desbalance (V, I)	V=0.6%	I=32.5%	0	0
Energía (S) consumida	0	0	0	$\Sigma T1=000000005.20$ KVAh
Energía (P) consumida	0	0	0	$\Sigma T1=000000003.72$ KWh
Energía (Q) consumida	0	0	0	$\Sigma T1=000000002.20$ KVARh

Fuente: Bohórquez & Calapaqui (2023)

Figura 31. Verificación de medidas por el Sentron PAC3120



Fuente: Bohórquez & Calapaqui (2023)

Figura 32. Verificación de potencia instantáneas



Fuente: Bohórquez & Calapaqui (2023)

## 12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS):

### 12.1 IMPACTO TECNICO YENCONOMICO

En lo técnico tenemos el mejoramiento de ares de instalaciones eléctricas donde se adecue de manera técnica el funcionamiento de máquinas, equipos, otorgando un mayor desempeño.

En lo económico se lograra alargar la vida útil de los equipos evitando daños, reparaciones y reduciendo el consumo de energía elevada que se reflejara en la planilla de cada mes.

Para realizar este proyecto se ve la necesidad de encuestar a los beneficiaros directos del proyecto para ver si están interesados en conocer el factor de potencia, se encuestaron a 70 personas.

**Tabla 13.** Resultados de las encuestas realizadas

Preguntas		Si	No	Otros
P1	¿Cree usted que es necesario conocer el tipo de energía eléctrica que se encuentre en el laboratorio de la UTC Extensión La Maná bloque B?	66%	22%	12%
P2	¿En un sistema eléctrico alimentado por CA, la mayoría de las cargas requieren un consumo de energía activa y reactiva?	70%	25%	5%
P3	¿Cree usted que un multimedidor de energía y potencias (SIEMENS PAC3120) es un equipo adecuado para la obtención de datos sobre el tipo de energía en el laboratorio y realización de prácticas?	82%	15%	3%
P4	¿Cree usted que es de gran utilidad conocer y compensar el factor de potencia del laboratorio debido a las cargas no lineales existentes?	88%	2%	0%
P5	¿Cree usted que es de gran utilidad realizar prácticas con un modo didáctico en donde se pueda adquirir conocimientos de cómo medir el factor de potencia, obtención de datos y saber cómo pensar?	80%	18%	2%

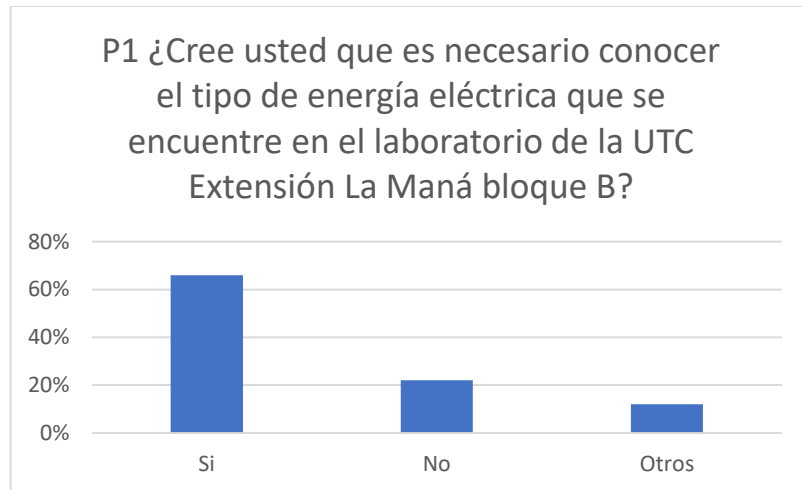
Fuente: Bohórquez & Calapaqui (2023)



El resultado de estas encuestas nos arroja que los estudiantes están interesados en tener conocimientos en los cálculos y dimensionamientos de capacitores para corregir el factor de potencia en cargas no lineales.

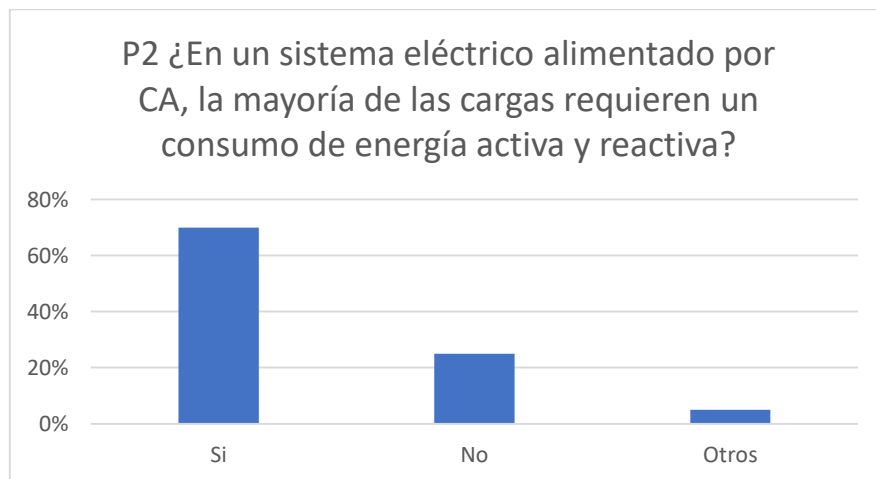
Para comprender los resultados de las encuestas lo representaremos por gráficos.

**Figura 34.** Gráficos de los resultados.

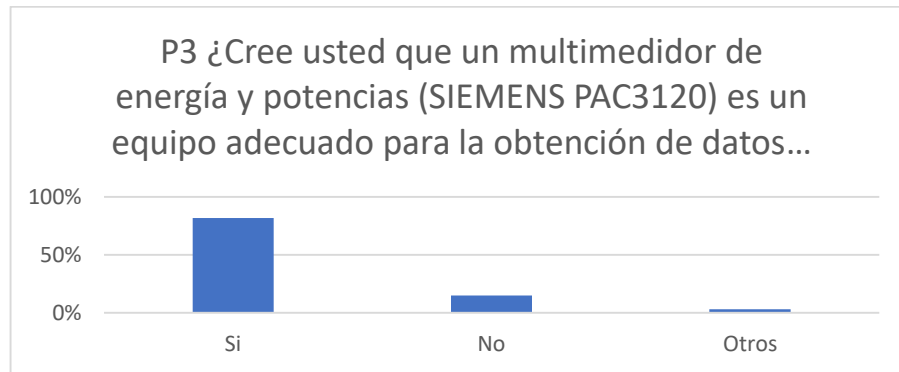


Fuente: Bohórquez & Calapaqui (2023)

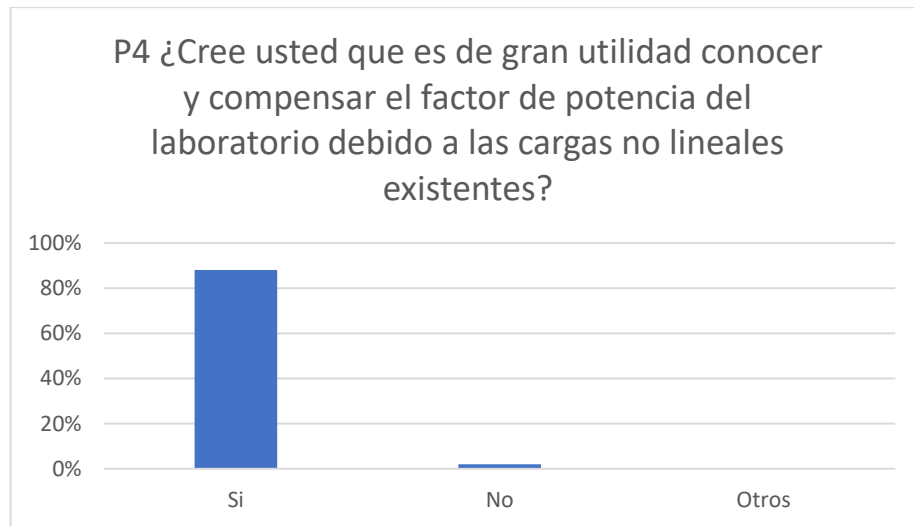
**Figura 35.** Gráficos de la segunda pregunta



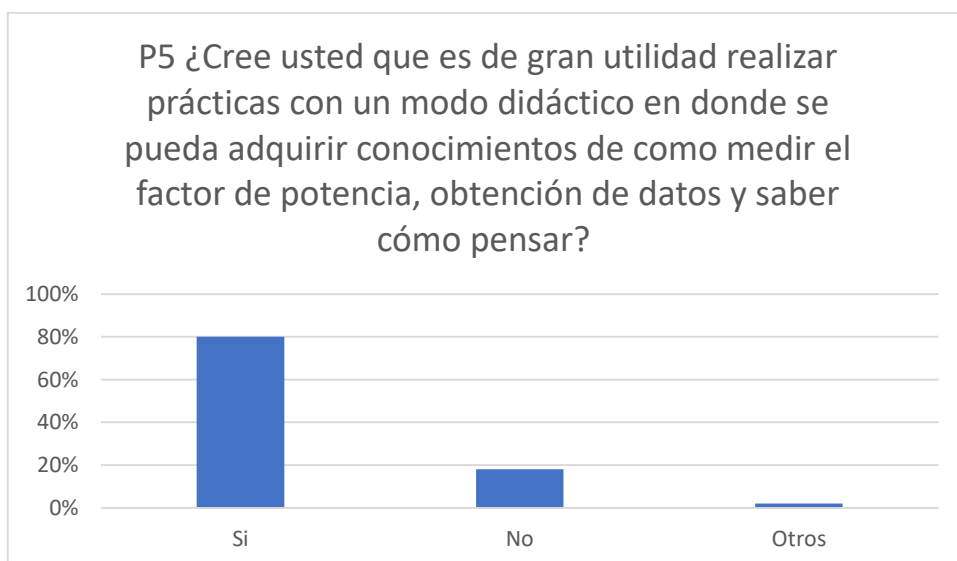
Fuente: Bohórquez & Calapaqui (2023)

**Figura 36.** Gráfico de la tercera pregunta

Fuente: Bohórquez &amp; Calapaqui (2023)

**Figura 37.** Gráfico de la cuarta pregunta

Fuente: Bohórquez &amp; Calapaqui (2023)

**Figura 38.** Gráfico de la quinta pregunta

Fuente: Bohórquez &amp; Calapaqui (2023)

Los gráficos muestran que los estudiantes les gustaría la implementación ayudaría al estudio y entendimiento del dimensionamiento de los capacitores para la corrección del factor de potencia.

### 13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO:

#### 13.1 Presupuesto de materiales

Tabla 14. Análisis de presupuesto

PRESUPUESTO			
CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNIDAD	TOTAL
1	Tablero didáctico de medidor de parámetros	-	-
1	Gabinete 60x40	\$150,00	\$150,00
1	Breaker caja moldeada 3vml siemens trifásico AMP regulable	\$82,00	\$82,00
3	Barras de cobre	\$25,00	\$75,00
3	Transformadores de corriente 60/5 a	\$65,00	\$195,00
8	Aisladores tipo barril	\$5,00	\$40,00
12	conectores tipo talón	\$1,20	\$14,40
2	Porta fusible 10x38	\$25,00	\$50,00
1	Cables de conexión	\$35,00	\$35,00
1	Accesorios de montaje	\$70,60	\$70,60
1	Medidor de parámetros sentron pac3120 siemens	\$420,00	\$420,00
1	Capacitor-ducatti trifásico 220v	\$78,00	\$78,00
1	Breaker riel 1polo 25 a-400v 6ka	\$9,00	\$9,00
1	Canal metálico ranurado 40x20mm	\$6,00	\$6,00
1	Estructura para el gabinete	\$70,00	\$70,00
1	Otros costos necesarios	\$20,00	\$20,00
1	Costos de transporte	\$20,00	\$20,00
1	Costos de construcción	\$100,00	\$100,00
-	SUBTOTAL	-	\$1.435,00
-	12% IVA	-	\$172,20
-	TOTAL	-	\$1.607,20

Fuente: Bohórquez & Calapaqui (2023)

## **14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **14.1 Conclusiones**

- Mediante el estudio de funcionamiento se determina la demanda instalada en el sistema en mención a través del analizador de redes, mediante el levantamiento de planos, se analizó cada uno de los parámetros eléctricos existentes en el laboratorio.
- Al no disponer de un analizador de redes se vio la necesidad de optar por un multimedidor Sentron PAC3120 es un equipo que mide parámetros eléctricos en tiempo real, facilita la obtención de datos reales y cálculos más eficientes.
- A partir del estudio de la demanda el diseño del banco de capacitores, mejorando el bajo factor de potencia y cumpliendo con las normativas vigentes impuestas por el ARCONEL, de esta manera se suprimió las pérdidas eléctricas como el bajo factor de potencia y evitar el pago de penalizaciones por bajo factor de potencia, además se eligió los elementos a incorporarse en el gabinete de capacitores para su óptimo funcionamiento.
- El uso del controlador automático de factor de potencia Sentron PAC3120 a través de este módulo que incorpora una gestión de monitorización y control del dispositivo, nos permite observar los parámetros eléctricos y analizar el comportamiento del factor de potencia en tiempo real.
- El multimedidor de parámetros eléctricos está diseñado para cumplir múltiples funciones no solo puede medir el tipo de energía del laboratorio si no de distintos lugares ya que fue diseñado para usarlo de forma portátil.

### **14.2 Recomendaciones**

- Es conveniente emplear el manual de instrucciones para el analizador de redes Sentron PAC3120 para realizar cualquier operación en el dispositivo ya que el fabricante no se responsabiliza de la seguridad eléctrica en caso de que el dispositivo no se utilice de forma adecuada.
- Es recomendable realizar el mantenimiento preventivo y correctivo del gabinete del banco de capacitores cada semestre para la limpieza, ajuste de terminales de conexión, lubricación de contactos para verificar el funcionamiento de contactores y el correcto enclavamiento de cada uno de los capacitores.
- Se recomienda realizar varios tipos de cargas por cada línea utilizando el mismo balance ya que en el laboratorio no se encuentran las líneas compartidas.

- Al introducir un nuevo consumo en el sistema eléctrico, se recomienda realizar un nuevo análisis para validar el dimensionamiento del banco de capacitores. Esto se debe a que los nuevos consumidores cambian el factor de potencia y compensan las diferentes capacidades de KVAR. En este momento, si el transformador está funcionando a plena capacidad, el sistema tiene suficientes bancos de capacitores.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

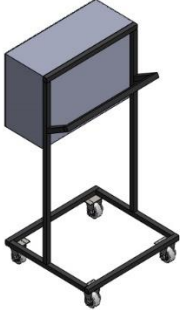
- Acotron.* (11 de 5 de 2020). Obtenido de [https://www.acotron.com/download/1f2d4d736b6a3686c32b774adf771d4b\\_MX-CT-INFO.pdf](https://www.acotron.com/download/1f2d4d736b6a3686c32b774adf771d4b_MX-CT-INFO.pdf)
- Ambar, Electroingenieria.* (12 de 12 de 2020). Obtenido de <http://ambarelectro.com.mx/ambar/Documentos/Ambar-PowerFactor.pdf>
- Arcos, E., & Chicaiza, D. (2015). *Diseño y construcción de un tablero de control automático para la corrección del factor de potencia, empleado un módulo DCRA.*
- Arias, J. (2021). *DISEÑO DE UN BANCO DE CAPACITORES EN EL MÓDULO A PARA LA EMPRESA COMPAÑÍA DE EMPAQUES.*
- Camsco.* (16 de 1 de 2019). Obtenido de <https://www.camsco.com.tw/spa/current-coil/cfs-multi-mount-current-transformer.html>
- City, Plc.* (12 de 6 de 2020). Obtenido de [https://www.plc-city.com/shop/en/siemens/3va1110-3ef36-0aa0-nfs.html?SubmitCurrency=1&id\\_currency=3&gclid=CjwKCAiAioifBhAXEiwApzCztrQV7qkHgBfENLhTl-p8mEGGF0ACcTl4\\_oiJg6nO-\\_jJctwIBO0xvxoCdksQAvD\\_BwE](https://www.plc-city.com/shop/en/siemens/3va1110-3ef36-0aa0-nfs.html?SubmitCurrency=1&id_currency=3&gclid=CjwKCAiAioifBhAXEiwApzCztrQV7qkHgBfENLhTl-p8mEGGF0ACcTl4_oiJg6nO-_jJctwIBO0xvxoCdksQAvD_BwE)
- CONELC. (2001). *"Regulación 004/01- Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución"*. Obtenido de <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/02/Regulacion-No.-CONELC-004-01.pdf>.
- Flechas, J. (2019). *Representando algunas recomendaciones para la selección de condensadores en baja tensión.*
- Garza, C., & Martínez, S. (s.f.). *Análisis de factibilidad técnica y económica de corrección de factor de potencia con bancos de capacitores distribuidos en varios sistemas eléctricos S. de RL de C.V.*
- Gonzaga, Rodríguez. (6 de Diciembre de 2010). *eléctrico industrial.* Obtenido de <https://electricoindustrial.com.ec/empresa/>
- Higuera, J. (2019). *Elaboración de una aplicación para la selección de componentes eléctricos para la conformación de un banco de condensadores automático para la corrección del factor de potencia para empresa DISPROEL S.A.*
- Higuera, J. (2019). *ELABORACIÓN DE UNA APLICACIÓN PARA LA SELECCIÓN DE COMPONENTES ELÉCTRICOS USADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE UN*

*BANCO DE CONDENSADORES AUTOMÁTICO PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA PARA LA EMPRESA DISPROEL S.A.*

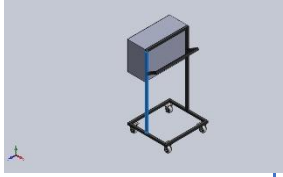
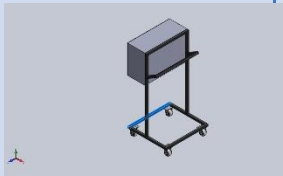
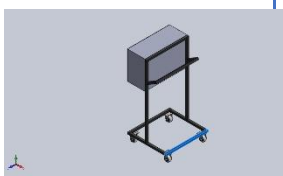
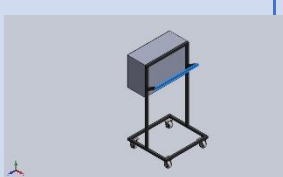
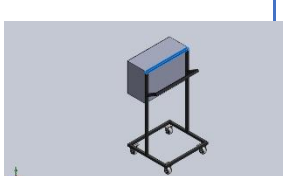

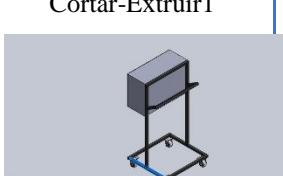
- kontrol, Keen.* (14 de 8 de 2020). Obtenido de <https://keenkontrol.com/breaker-unipolar/172/breaker-1-polo-25a>
- Kotkoff, P. (2005). *COMPENSACIÓN DE REACTIVOS EN PRESENCIA DE CARGAS NO LINEALES.*
- Llumuquina, F. (2012). *Diseño de un banco de condensadores para la corrección del factor de potencia de la empresa Banchisfood S.A.*
- Martinez, C. (2018). *Análisis y dimensionamiento de la compensación del factor de potencia en instalaciones eléctricas industriales de baja tensión.*
- Pulsara, J. (2008). *DISEÑO DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.*
- Restrepo, D. (2020). *DIMENSIONAMIENTO DE BANCOS DE CAPACITORES AUTOMÁTICOS PARA LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS 14,15 y 16 DE LA EMPRESA COMPAÑÍA DE EMPAQUES S.A.*
- Schneider, E. (2008). [https://download.schneider-electric.com/files?p\\_enDocType=Specification%2Bguide&p\\_File\\_Id=16912006&p\\_File\\_Name=050701\\_D08.pdf&p\\_Reference=050701D08](https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Specification%2Bguide&p_File_Id=16912006&p_File_Name=050701_D08.pdf&p_Reference=050701D08).
- Siemens, *Manual.* (12 de 2 de 2020). Obtenido de [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/307/109767307/att\\_1003966/v1/MAN\\_L1\\_V30519172D-01\\_es\\_es-MX.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/307/109767307/att_1003966/v1/MAN_L1_V30519172D-01_es_es-MX.pdf)
- Toalombo, M., & Toapanta, O. (2021). *REPOTENCIACIÓN Y MONITOREO REMOTO DE UN BANCO DE CAPACITORES AUTOMÁTICO PARA MEJORAR EL BAJO FACTOR DE.*

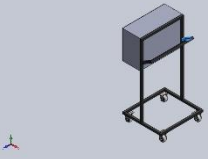
## 16. ANEXOS


## Anexo 1. Plano estructural del banco de capacitor

			
<p>Nombre del modelo: <b>Ensamblaje Completo Analizador1</b></p> <p>Fuente: <b>Bohórquez &amp; Calapaqui (2023)</b></p> <p>Configuración actual: <b>Predeterminado</b></p>			
<b>Sólidos</b>			
<b>Nombre de documento y referencia</b>	<b>Tratado como</b>	<b>Propiedades volumétricas</b>	<b>Ruta al documento/Fecha de modificación</b>
Cortar-Extruir4	<b>Sólido</b>	<b>Masa:0,000685759 kg</b> <b>Volumen:0,000685759 m<sup>3</sup></b> <b>Densidad:1 kg/m<sup>3</sup></b> <b>Peso:0,00672044 N</b>	<b>C:\Users\DENNIS\Downloads\Tapa de tablero .SLDPRT</b> <b>Jan 30 11:56:06 2023</b>
Cortar-Extruir4	<b>Sólido</b>	<b>Masa:0,0021666 kg</b> <b>Volumen:0,0021666 m<sup>3</sup></b> <b>Densidad:1 kg/m<sup>3</sup></b> <b>Peso:0,0212327 N</b>	<b>C:\Users\DENNIS\Downloads\tablero. MM.SLDPRT</b> <b>Jan 25 09:06:13 2023</b>
Saliente-Extruir1	<b>Sólido</b>	<b>Masa:4,4375 kg</b> <b>Volumen:0,000625 m<sup>3</sup></b> <b>Densidad:7.100 kg/m<sup>3</sup></b> <b>Peso:43,4875 N</b>	<b>C:\Users\DENNIS\Downloads\Pieza 1 para tablero portatil.SLDPRT</b> <b>Jan 24 10:15:53 2023</b>
Saliente-Extruir1	<b>Sólido</b>	<b>Masa:4,4375 kg</b> <b>Volumen:0,000625 m<sup>3</sup></b> <b>Densidad:7.100 kg/m<sup>3</sup></b> <b>Peso:43,4875 N</b>	<b>C:\Users\DENNIS\Downloads\Pieza 1 para tablero portatil.SLDPRT</b> <b>Jan 24 10:15:53 2023</b>



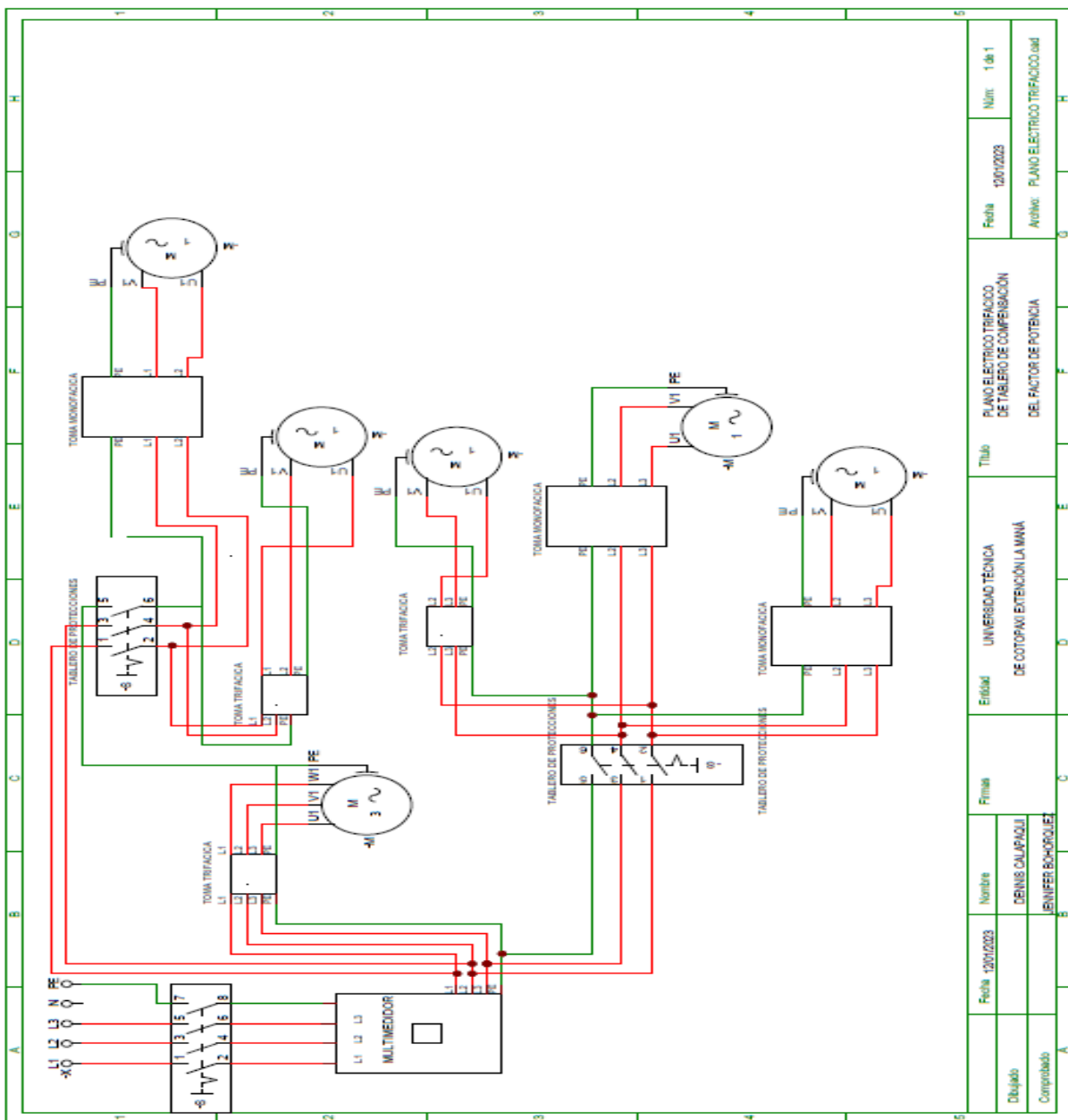
			
Saliente-Extruir3 	<b>Sólido</b>	Masa:2,6625 kg Volumen:0,000375 m <sup>3</sup> Densidad:7.100 kg/m <sup>3</sup> Peso:26,0925 N	C:\Users\DENNIS\Downloads\P ieza2 para tablero portatil.SLDPRT Jan 24 10:22:43 2023
Saliente-Extruir3 	<b>Sólido</b>	Masa:2,6625 kg Volumen:0,000375 m <sup>3</sup> Densidad:7.100 kg/m <sup>3</sup> Peso:26,0925 N	C:\Users\DENNIS\Downloads\P ieza2 para tablero portatil.SLDPRT Jan 24 10:22:43 2023
Saliente-Extruir3 	<b>Sólido</b>	Masa:2,6625 kg Volumen:0,000375 m <sup>3</sup> Densidad:7.100 kg/m <sup>3</sup> Peso:26,0925 N	C:\Users\DENNIS\Downloads\P ieza2 para tablero portatil.SLDPRT Jan 24 10:22:43 2023
Saliente-Extruir3 	<b>Sólido</b>	Masa:2,6625 kg Volumen:0,000375 m <sup>3</sup> Densidad:7.100 kg/m <sup>3</sup> Peso:26,0925 N	C:\Users\DENNIS\Downloads\P ieza2 para tablero portatil.SLDPRT Jan 24 10:22:43 2023
Cortar-Extruir1 	<b>Sólido</b>	Masa:2,21875 kg Volumen:0,0003125 m <sup>3</sup> Densidad:7.100 kg/m <sup>3</sup> Peso:21,7438 N	C:\Users\DENNIS\Downloads\P ieza3 para tablero portatil.SLDPRT Jan 26 08:39:17 2023
Cortar-Extruir1 	<b>Sólido</b>	Masa:2,21875 kg Volumen:0,0003125 m <sup>3</sup> Densidad:7.100 kg/m <sup>3</sup> Peso:21,7438 N	C:\Users\DENNIS\Downloads\P ieza3 para tablero portatil.SLDPRT Jan 26 08:39:17 2023
Cortar-Extruir1	<b>Sólido</b>	Masa:0,589225 kg Volumen:8,29895e-05 m <sup>3</sup> Densidad:7.100 kg/m <sup>3</sup> Peso:5,77441 N	C:\Users\DENNIS\Downloads\P ieza4 para tablero portatil.SLDPRT Jan 24 10:34:13 2023

			
Redondeo4	<b>Sólido</b>	<b>Masa:0,110542 kg</b> <b>Volumen:0,000115148 m<sup>3</sup></b> <b>Densidad:960 kg/m<sup>3</sup></b> <b>Peso:1,08331 N</b>	<b>C:\Users\DENNIS\Downloads\Pieza5 llantas para la estructura.SLDPRT</b> <b>Jan 26 09:08:54 2023</b>
Cortar-Extruir1	<b>Sólido</b>	<b>Masa:0,0405184 kg</b> <b>Volumen:5,15632e-06 m<sup>3</sup></b> <b>Densidad:7.858 kg/m<sup>3</sup></b> <b>Peso:0,39708 N</b>	<b>C:\Users\DENNIS\Downloads\soporte de llantas .SLDPRT</b> <b>Jan 26 09:23:07 2023</b>
Cortar-Extruir1	<b>Sólido</b>	<b>Masa:0,0405184 kg</b> <b>Volumen:5,15632e-06 m<sup>3</sup></b> <b>Densidad:7.858 kg/m<sup>3</sup></b> <b>Peso:0,39708 N</b>	<b>C:\Users\DENNIS\Downloads\soporte de llantas .SLDPRT</b> <b>Jan 26 09:23:07 2023</b>
Saliente-Extruir1	<b>Sólido</b>	<b>Masa:0,102154 kg</b> <b>Volumen:1,3e-05 m<sup>3</sup></b> <b>Densidad:7.858 kg/m<sup>3</sup></b> <b>Peso:1,00111 N</b>	<b>C:\Users\DENNIS\Downloads\soporte para llantas 2.SLDPRT</b> <b>Jan 26 09:28:33 2023</b>
Rosca1	<b>Sólido</b>	<b>Masa:2,88699e-05 kg</b> <b>Volumen:2,88688e-05 m<sup>3</sup></b> <b>Densidad:1,00004 kg/m<sup>3</sup></b> <b>Peso:0,000282925 N</b>	<b>C:\Users\DENNIS\Downloads\tornillo para la rueda 3.SLDPRT</b> <b>Jan 26 09:49:40 2023</b>
Cortar-Extruir2	<b>Sólido</b>	<b>Masa:2,27107e-06 kg</b> <b>Volumen:2,27107e-06 m<sup>3</sup></b> <b>Densidad:1 kg/m<sup>3</sup></b> <b>Peso:2,22564e-05 N</b>	<b>C:\Users\DENNIS\Downloads\tornerca roscada 4.SLDPRT</b> <b>Jan 29 20:32:43 2023</b>
Cortar-Extruir1	<b>Sólido</b>	<b>Masa:0,0405184 kg</b> <b>Volumen:5,15632e-06 m<sup>3</sup></b> <b>Densidad:7.858 kg/m<sup>3</sup></b> <b>Peso:0,39708 N</b>	<b>C:\Users\DENNIS\Downloads\soporte de llantas .SLDPRT</b> <b>Jan 26 09:23:07 2023</b>

			
Cortar-Extruir1	<b>Sólido</b>	<b>Masa:0,0405184 kg</b> <b>Volumen:5,15632e-06 m^3</b> <b>Densidad:7.858 kg/m^3</b> <b>Peso:0,39708 N</b>	<b>C:\Users\DENNIS\Downloads\s</b> <b>oporte de llantas .SLDPRT</b> <b>Jan 26 09:23:07 2023</b>

Fuente: Bohórquez & Calapaqui (2023)

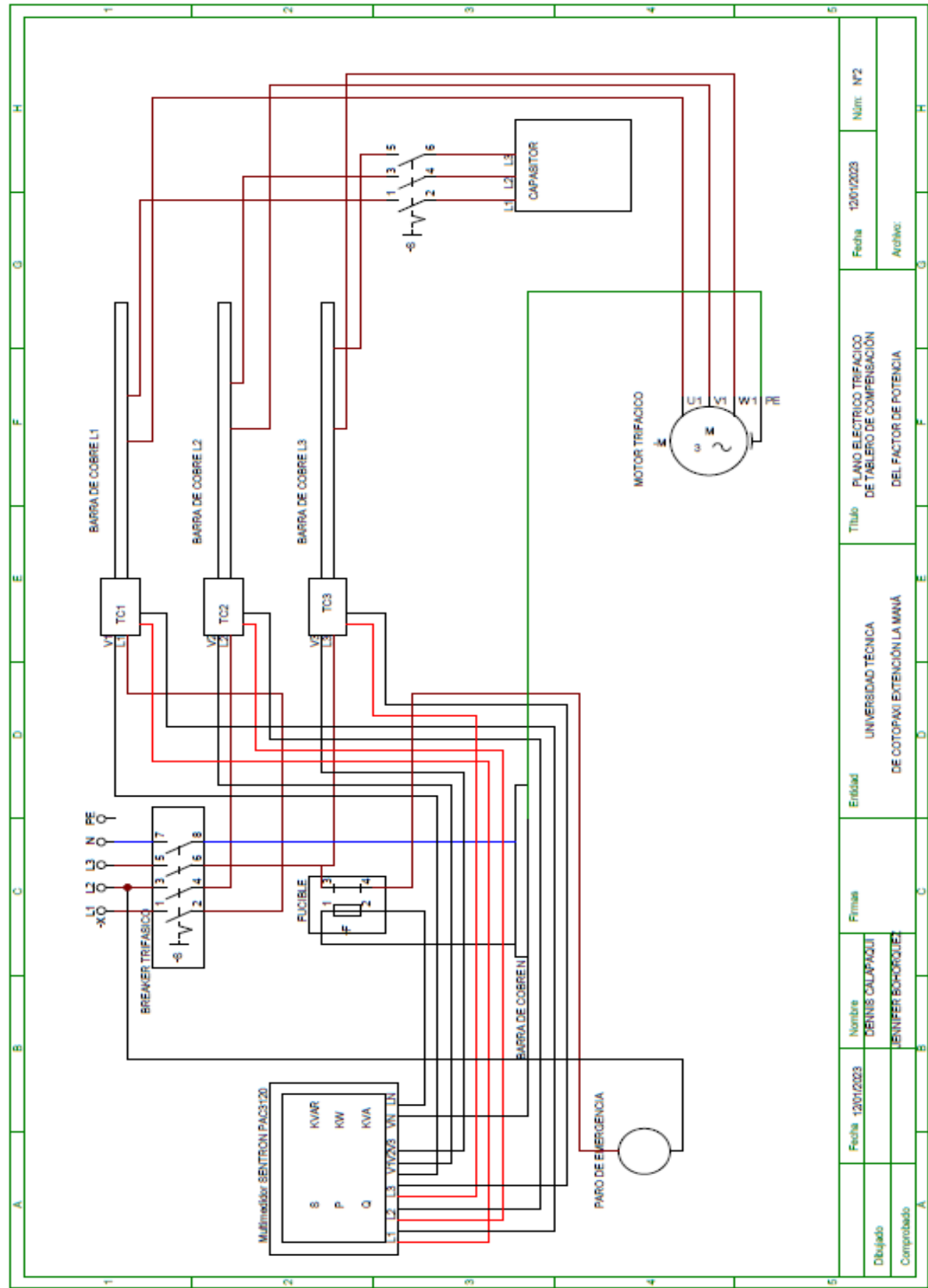
Anexo 2. Plano eléctrico del trasformador del laboratorio



Fecha: 12/01/2023	Núm: 1 de 1
Título: PLANO ELECTRICO TRIFASICO DE TABLERO DE COMPENSACION DEL FACTOR DE POTENCIA	
Entidad: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTACACHI EXTENSIÓN LA MANA	
Fecha: 12/01/2023	Nombre: DENNIS CALAPAQUI
Dibujado: DENNIS CALAPAQUI	Comprobado: DENNIS CALAPAQUI
Fecha: 12/01/2023	Nombre: DENNIS CALAPAQUI
Título: PLANO ELECTRICO TRIFASICO DE TABLERO DE COMPENSACION DEL FACTOR DE POTENCIA	
Entidad: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTACACHI EXTENSIÓN LA MANA	
Fecha: 12/01/2023	Núm: 1 de 1
Título: PLANO ELECTRICO TRIFASICO DE TABLERO DE COMPENSACION DEL FACTOR DE POTENCIA	

Fuente: Bohórquez & Calapaqui (2023)

Anexo 3. Plano del tablero del banco de capacitor



Fuente: Bohórquez & Calapaqui (2023)

Fecha	12/01/2023	Núm:	Nº2
Archiv:			
Título		PLANO ELECTRICO TRIFASICO DE TABLERO DE COMPENSACION DEL FACTOR DE POTENCIA	
Entidad		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPACXI EXTENSION LA MANA	
Fecha	12/01/2023	Nombre	DENNIS CALAPAQUI
Dibujado		Comprobado	DENNIS BOHÓRQUEZ

**Anexo 4.** Evidencias de construcción del banco de pruebas

Foto 1. Instalación de sistemas eléctricos

**Fuente:** Bohórquez & Calapaqui (2023)

Foto 2. Medición de líneas

**Fuente:** Bohórquez & Calapaqui (2023)

Foto 3. Medición de corriente por fase



Fuente: Bohórquez &amp; Calapaqui (2023)

Foto 4. Medición de la Potencia Apare



Fuente: Bohórquez &amp; Calapaqui (2023)

Foto 5. Medición de la Potencia Activa



Fuente: Bohórquez &amp; Calapaqui (2023)

Foto 6. Medición de la Potencia Reactiva



Fuente: Bohórquez &amp; Calapaqui (2023)

Foto 7. Medición de Potencias



Fuente: Bohórquez &amp; Calapaqui (2023)

Foto 8. Medición del Factor de Potencia



Fuente: Bohórquez &amp; Calapaqui (2023)

Foto 9. Medición del coseno del Angulo



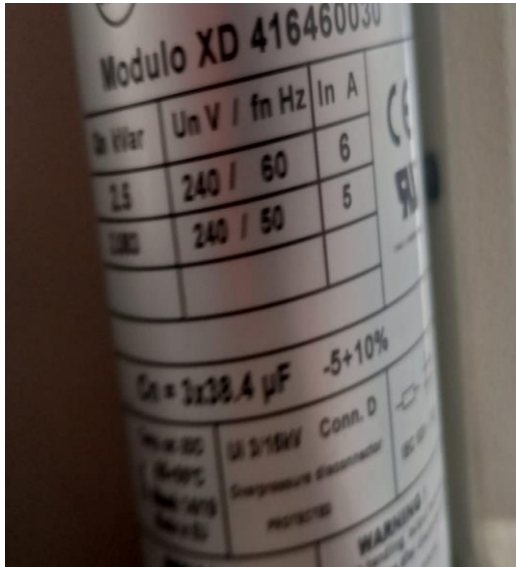
Fuente: Bohórquez &amp; Calapaqui (2023)

Foto 10. Medición de la Frecuencia



Fuente: Bohórquez &amp; Calapaqui (2023)

Foto 10. Capacitor de 3.38 micro faradios



Fuente: Bohórquez &amp; Calapaqui (2023)

Foto 11. Sentron PAC3120



Fuente: Bohórquez &amp; Calapaqui (2023)

Foto 12. Fusibles de protección



Fuente: Bohórquez &amp; Calapaqui (2023)

Foto 13. Breaker de protección



Fuente: Bohórquez &amp; Calapaqui (2023)



Foto 14. Transformador de Corriente (TC)



Fuente: Bohórquez & Calapaqui (2023)

Foto 15. Gabinete del multimedidor



Fuente: Bohórquez & Calapaqui (2023)

Foto 16. Instalacion del multimedidor portátil



Fuente: Bohórquez & Calapaqui (2023)

Foto 17. Realización de pruebas



Fuente: Bohórquez & Calapaqui (2023)

## Anexo 5. Datos del tutor de proyecto

**DATOS PERSONALES**

<b>Apellidos y Nombres:</b>	PAZUÑA NARANJO WILLIAM PAUL
<b>Lugar y Fecha de nacimiento</b>	Latacunga, 02 de Noviembre de 1993
<b>No. Cédula</b>	050333859-2
<b>Dirección</b>	San Felipe – calle Simón Rodríguez y Uruguay.
<b>Teléfonos</b>	032252645                      0998932177
<b>Correo electrónico</b>	<a href="mailto:emporio.ingenieriaelec@gmail.com">emporio.ingenieriaelec@gmail.com</a> , <a href="mailto:william.pazuna2@utc.edu.ec">william.pazuna2@utc.edu.ec</a>
<b>Estado civil</b>	Soltero

**FORMACIÓN ACADÉMICA**

<b>Niveles</b>	<b>Nombre de la Institución</b>	<b>Especialización</b>	<b>Título</b>	<b>Año de Finalización</b>
<b>Primaria</b>	Unidad Educativa "San José La Salle"		Culminación de primaria	2005
<b>Secundaria</b>	I.T.S "Ramón Barba Naranjo"	Instalaciones, Equipos y maquinas Eléctricas	Bachiller Técnico Industrial	2011
<b>Superior</b>	Universidad Técnica de Cotopaxi	Ingeniería Eléctrica	Ingeniero Eléctrico en Sistemas Eléctricos de Potencia	2018
	Universidad Técnica de Cotopaxi	Maestría en Electricidad Mención "Sistemas Eléctricos de Potencia"	Magister en Electricidad Mención "Sistemas Eléctricos de Potencia"	2021

**TALLERES Y CURSOS DE ESPECIALIZACIÓN**

Nombre del Evento	Institución	Fecha	Duración
Programa de Suficiencia en INGLÉS	Universidad Técnica de Cotopaxi	Periodo académico 2013-2016	4 semestres (8 niveles)
Ponencia, V SEMINARIO INTERNACIONAL: UNIVERSIDAD SOCIEDAD 2020	Universidad Técnica de Cotopaxi	04 De octubre del 2020	8 HORAS
II JORNADAS TECNICAS Y TECNOLOGIAS ELECTRICIDAD 2021	Instituto Superior Tecnológico "MARIA NATALIA VACA"	20-21 y 22 de Noviembre del 2014	24 HORAS
Sexto Congreso Nacional de Electricidad y Energías Alternativas"	Escuela Superior Minera Metalúrgica De Moa, Cuba	11-12-13 de abril del 2015	40 HORAS
II Congreso Internacional de Electromecánica y Eléctrica	Universidad Técnica de Cotopaxi	12-13 y 14 de Julio del 2017	40 HORAS

Licencia Profesional Tipo "C"	Sindicato De Choferes Profesionales De Latacunga	2012-2013	1 AÑO
Certificado en Prevención De Riesgos Eléctricos por SENE CYT	SEPRYTSA S.A.	25/07/2018 – 27/07/2023	60 HORAS
Certificado en Prevención De Riesgos Laborales por SENE CYT	SEPRYTSA S.A.	25/07/2018 – 27/07/2023	
Certificado en curso de EXCEL AVANZADO.	CORFOPYN	03/08/2019 – 09/08/2019	80 HORAS

**IDIOMAS**

Idioma	Hablado	Escrito	Lectura
Español	100%	100%	100%
Inglés	80%	80%	90%

**HABILIDAD/COMPETENCIAS**

Habilidades	Porcentaje
Numérica	100 %
Facilidad de palabra	100 %

Perseverancia	100 %
Bueno para trabajar bajo presión	90 %

### **EXPERIENCIA LABORAL**

<b>Empres a</b>	<b>Área de trab ajo</b>	<b>Denominaci ón del puesto</b>	<b>Fecha entrad a/s alida</b>	<b>Funciones Principales</b>
D. COBO & KAROLYS Cía. LTDA. Asociad o a Empres a Eléctrica Provinci al Cotopax i ELEPC O S.A.	Departame nto Comercial; Recuperac ión de Cartera, corte y reconexión deservicio eléctrico.  Mediciones de consumo eléctrico de usuarios de la provincia.	Gerente Técnicoy Ejecutor De Contratos con Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A  . Supervisor de Instalacione s y Retiros de Medidores De Energía en Baja Tensión.	01/ Jun io/ 201 8  30/ Septiem bre / 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Representante y ejecutor de contratos suscritos en la compañía y la EMPRESA ELECTRICA PROVINCIAL COTOPAXI.</li> <li>• Manejo del Área de Compras Públicas de la compañía y asesoramiento de creación de requerimientos a contratantes.</li> <li>• Logística y Operación de información, personal en toda la Provincia de Cotopaxi de corte y reconexión de servicio eléctrico corte y reconexión de servicio eléctrico ELEPCO S.A.</li> <li>• Relaciones en atención al cliente, representantes de la entidad contratante.</li> </ul>
D. COBO & KAROLYS Cía. LTDA. Asociad o a Empres a Eléctrica Provinci al Cotopax i ELEPC O S.A.	Dirección Comercial; Departam entode Clientes y facturació n; Toma de Lecturas de consumo de servicio eléctrico.	Gestor de información, Prefacturaci ón y responsable de Compras Públicas. Elaborador y responsable de ofertas y contratos de la compañía hacia instituciones del sector público (SERCOP).	01/ Jun io/ 201 8  30/ Septiem bre / 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manejo de información de consumos eléctricos mensuales para facturación, georreferenciación, análisis de demanda de energía, corrección de rutas en abonados, etc.</li> <li>• Logística y Operación de información, personal en toda la Provincia de Cotopaxi de corte y reconexión de servicio eléctrico corte y reconexión de servicio eléctrico ELEPCO S.A.</li> <li>• Fiscalizar actividades de instalaciones y retiros de equipos, contadores residenciales eléctricos en la provincia de Cotopaxi. Representante y ejecutor de contratos suscritos en la compañía y la EMPRESA ELECTRICA PROVINCIAL COTOPAXI.</li> </ul>

				<ul style="list-style-type: none"> <li>Fiscalizar actividades de instalaciones y retiros de equipos, contadores residenciales eléctricos en la provincia de Cotopaxi.</li> </ul>
INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO "GUAYAQUIL"	Docencia del Instituto Superior Tecnológico Guayaquil – Carrera de Electricidad.	Docente	01 / Agosto /2020  31/ Julio / 2021	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impartir clases en Materias De Circuitos – Sistemas Eléctricos de Potencia – Electrónica – Compras Públicas – Diseño De Proyectos.</li> </ul>

Fuente: paúl pazuña (2023)

## Anexo 6. Datos del estudiante Jennifer Bohorquez

## DATOS PERSONALES



<b>Nombres</b>	Jennifer Karolina
<b>Apellidos</b>	Bohórquez Travez
<b>Lugar y fecha de nacimiento</b>	17 de Octubre 1994
<b>Cédula de ciudadanía</b>	050388920-6
<b>Estado civil</b>	Soltera
<b>Dirección domiciliaria</b>	La Maná Parroquia El Carmen
<b>Teléfonos de contacto</b>	0985659490
<b>Email</b>	jennifer.bohorquez9206@utc.edu.ec

## Estudios Realizados

<b>Primarios</b>	Escuela Fiscal Mixta “La Maná”
<b>Secundarios</b>	Colegio Técnico “ 19 de Mayo”
<b>Superiores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná Cursando</li> </ul>
<b>Títulos obtenidos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>TÈCNICO EN COMERCIO Y ADMINISTRACIÒN ESPECIALIZACIÒN: INFORMÀTICA</li> </ul>
<b>Idiomas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Español</li> <li>Suficiencia en el Idioma Ingles B1</li> </ul>

Fuente: Jennifer Bohorquez (2023)

## Anexo 7. Datos del estudiante Dennis Calapaqui

**DATOS PERSONALES**

<b>Nombres</b>	Dennis Rossvelth
<b>Apellidos</b>	Calapaqui Guanotuña
<b>Lugar y fecha de nacimiento</b>	22 de Enero de 1999
<b>Cédula de ciudadanía</b>	050468984-5
<b>Estado civil</b>	Soltero
<b>Dirección domiciliaria</b>	Pujilí Parroquia el Tingo la Esperanza barrio Fátima
<b>Teléfonos de contacto</b>	0985448466
<b>Email personal</b>	denniscalapaqui2@gmail.com
<b>Email institucional</b>	dennis.calapaqui9845@utc.edu.ec

**Estudios Realizados**

<b>Primarios</b>	Escuela Fiscal Argentina "El Tingo la Esperanza"
<b>Secundarios</b>	Colegio Técnico " 11 de Noviembre"
<b>Superiores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná "Carrera Ingeniería Electromecánica"</li> </ul>
<b>Títulos obtenidos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>TÈCNICO EN ELECTROMECAÁNICA AUTOMOTRIZ</li> </ul>
<b>Idiomas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Español</li> <li>Suficiencia en el Idioma Ingles B1</li> </ul>
<b>Cursos de capacitación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Curso en Instalaciones eléctricas domiciliarias-UTC La Maná</li> <li>Curso de Auxiliar en Domótica - UTC La Maná</li> </ul>

## Anexo 8. Aval de traducción



UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DE  
COTOPAXI



CENTRO  
DE IDIOMAS

### ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **"IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE CAPACITORES PARA CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA PARA CARGAS NO LINEALES EN EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERCIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ BLOQUE B"** presentado por: **Jennifer Karolina Bohórquez Travez** y **Dennis Rossveth Calapaquí Guanotuña**, egresado de la Carrera de **Ingeniería Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

La Maná 22, febrero 2023

Atentamente,

Lic. ~~Olga~~ **Samanta** Abedrabbo Ramos Mg.

**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**

CI:050351007-5



## Anexo 9. Certificación de Antiplagio





### Document Information

---

Analyzed document	PROYECTO BOHORQUEZ-CALAPAQUI_1.pdf (D158958621)
Submitted	2/18/2023 5:31:00 AM
Submitted by	
Submitter email	yoandrys.morales@uto.edu.ec
Similarity	8%
Analysis address	yoandrys.morales.uto@analysis.arkund.com

### Sources included in the report

---

<b>W</b>	URL: <a href="https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/18456/14/RestrepoDiego_2021_Dimensionami...">https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/18456/14/RestrepoDiego_2021_Dimensionami...</a> Fetched: 10/15/2021 2:17:18 AM	 27
<b>SA</b>	Urkund Report - Tesis1.docx (D13207347).pdf Document Urkund Report - Tesis1.docx (D13207347).pdf (D13286812)	 1
<b>SA</b>	Practica Factor de Potencia.pdf Document Practica Factor de Potencia.pdf (D63772264)	 1
<b>SA</b>	kevin_jonathan_renteria_jara_tecnologia_electrica_2016.docx Document kevin_jonathan_renteria_jara_tecnologia_electrica_2016.docx (D23524066)	 1
<b>SA</b>	TESIS_TAMAMI_FINAL_V1 (2).pdf Document TESIS_TAMAMI_FINAL_V1 (2).pdf (D95827769)	 1
<b>W</b>	URL: <a href="https://es.wikipedia.org/wiki/Potencia_el%C3%A9ctrica">https://es.wikipedia.org/wiki/Potencia_el%C3%A9ctrica</a> Fetched: 9/29/2019 11:58:19 PM	 1
<b>SA</b>	TESIS LUIS Velasco UTELVT.pdf Document TESIS LUIS Velasco UTELVT.pdf (D17442378)	 1
<b>W</b>	URL: <a href="https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/100-td013_-es-p.pdf">https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/100-td013_-es-p.pdf</a> Fetched: 4/8/2020 1:13:07 AM	 4

### Entire Document

---

Fuente: Yoandrys Morales (2023)