



PERFIL DE PLAN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Quito – Ecuador, marzo del 2021

PROPUESTA DEL PLAN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Tema de Proyecto de Investigación:

Sistema automático de corrector de factor de potencia mediante, el cálculo de los parámetros de condensadores estándares de compensación

Apellidos y nombres de/los estudiantes:

Paredes Abril Kevin Xavier

Tapuy Greff Bryan Joshua

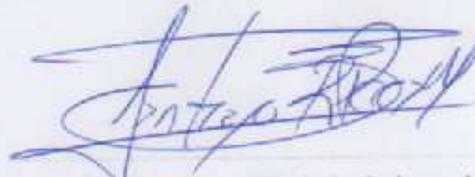
Carrera:

Tecnología Superior en Electricidad

Fecha de presentación:

25 de marzo de 2021

Quito, 25 de marzo del 2021



Firma del Director del Trabajo de Investigación

1.- Tema de investigación

Sistema automático de corrector de factor de potencia, mediante el cálculo de los parámetros de condensadores estándares de compensación.

2.- Problema de investigación

El desarrollo industrial 4.0, cuenta con una implementación en crecimiento de cargas eléctricas, enfocados en la automatización de procesos de control (eléctrico – electrónico) de maquinaria industrial, que permite la optimización en la producción.

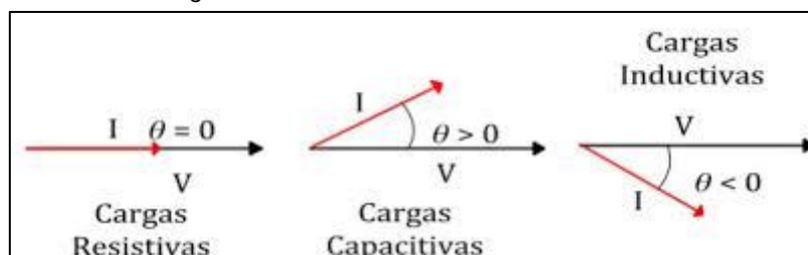
El incremento del consumo se ha evidenciado por las mejoras o repotencia de la maquinaria, que se encuentra relacionada a la transformación de energía (conversión de la energía eléctrica – mecánica - lumínica), de cada una de las cargas eléctricas instaladas (resistivas-capacitivas-inductivas-mixtas), denotando la presencia de máquinas eléctricas estáticas y rotativas (transformadores y motores) e incluso en sistemas de iluminación.

El crecimiento de la carga eléctrica, específicamente de cargas mayoritariamente inductivas en los sistemas eléctricos de distribución, ha afectado directamente al consumo de energía (potencia aparente) abastecida por la maquina eléctrica estática (transformador) que suministra la potencia eléctrica en el sistema eléctrico.

“El valor del factor de potencia (F.P.) está determinado por el tipo de carga conectada en una instalación.

- *En un circuito resistivo puro recorrido por una corriente alterna, la intensidad y la tensión están en fase ($\varphi = 0^\circ$).*
- *En un circuito reactivo puro, la intensidad y la tensión están en cuadratura ($\varphi=90^\circ$) siendo el valor del F.P. igual a cero,*
- *Y si es un circuito inductivo $\varphi < 0$.”* (Muso Gancino & Tipán Sánchez, 2019)

Ilustración 1 Diagrama fasorial.



Fuente: (Muso Gancino & Tipán Sánchez, 2019)

El bajo factor de potencia en las cargas produce un desarrollo de consecuencias, el incremento de las pérdidas por:

- Efecto joule en los conductores,
- Aumento de la caída de tensión,

- Aumento de la potencia aparente e
- Incremento de costo en la facturación eléctrica (penalidades).

Además, uno de los problemas habituales por el bajo F.P es que en los condensadores las componentes armónicas causan calentamiento y grandes esfuerzos dieléctricos, las distorsiones de voltaje producen pérdidas de potencia adicionales en los condensadores.

Los condensadores no son generadores de armónicos, sin embargo, cuando un sistema contiene armónicos la presencia de un condensador amplifica sus efectos.

Para una selección adecuada de los condensadores necesarios para la corrección de F.P se debe tomar en cuenta ciertos parámetros eléctricos indispensables como lo son:

- Voltaje nominal,
- Corriente nominal,
- Potencia reactiva capacitiva,
- Potencia reactiva a mejorar (inductiva),
- Capacidad del condensador.

2.1. Definición y diagnóstico del problema de investigación

Las instalaciones eléctricas cuya carga está compuesta principalmente por motores de inducción tienen un factor de potencia elevado, por esta razón resulta necesario compensar la potencia reactiva con carga capacitiva, además de realizar modificaciones o acciones para que los motores operen en condiciones de carga adecuadas (75 -100%) para mejorar el factor de potencia del mismo y de la instalación total.

“Al presentar un factor de potencia por debajo de los niveles aceptados por las normativas existentes El Consumidor No Regulado que mantenga suscrito un contrato de conexión con una Distribuidora, cancelará a ésta la penalización por bajo factor de potencia cuando sea inferior a 0.92, aplicando el pliego tarifario vigente de acuerdo a la categoría y grupo de tarifa que le correspondería si fuera usuario regulado”. (ARCONEL, 2018)

Nivel de voltaje por encima del nominal en el factor de potencia.

Con un voltaje superior al nominal, se aplica a motores de inducción, se da el aumento de consumo de energía reactiva y, por tanto, disminuye el factor de potencia.

La elevación de voltaje lograda al conectar un banco de capacitores de potencia reactiva total Q, al final de una línea de distribución puede calcularse por medio de la siguiente expresión:

$$\epsilon = \frac{\times}{10\sqrt{3}(KV)^2} Q \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

ϵ : Elevación de voltaje, expresada en %.

- Q: Potencia reactiva del banco de capacitores en KVAR.
X: Reactancia total, por fase, de la línea de ohms.
KV: Voltaje nominal de la línea, en Kilovolts.

Nivel de corriente por encima del nominal en el factor de potencia.

Para una potencia constante, la cantidad de corriente de la red es inversamente proporcional al factor de potencia, es decir a mayor corriente menor será el valor del factor de potencia.

Potencia reactiva capacitiva

Para determinar la potencia reactiva capacitiva requerida, es necesario conocer las variaciones de la carga y sus factores de potencia en el lado del secundario de cada uno de los sistemas de transformación existentes y en el sistema primario, para luego proceder a los cálculos de los KVAR requeridos para la corrección.

Potencia reactiva inductiva

“Estas cargas se encuentran en cualquier máquina que este constituida por bobinados por ejemplo en los equipos del tipo electromecánicos tales como: motores, balastos, transformadores, entre otros; los cuales además de consumir potencia activa requieren potencia reactiva para su propio funcionamiento por lo cual trabajan con un factor de potencia menor a 1; y son precisamente las cargas inductivas las que dan origen a un bajo factor de potencia” (Arcos López & Chicaiza Díaz, 2016).

En base a la investigación realizada se determina que se desconoce los parámetros técnicos para poder realizar una determinación más exacta en cuanto a las características necesarias del condensador para la corrección del bajo F.P.

2.2. Preguntas de investigación

1. ¿Cuáles son los factores a considerar para corregir el factor de potencia?
2. ¿Cuáles son los parámetros eléctricos que se debe considerar para la selección adecuada de condensadores estándar para el proceso de compensación de reactivos capacitivos en el sistema eléctrico de abastecimiento, para la disminución de consumo de energía aparente?
3. ¿Cuál es el funcionamiento del condensador de energía electroquímica del módulo de regulación de potencia automática?
4. ¿Qué problemas se originan cuando el factor de potencia es bajo?
5. ¿Cuáles son los métodos de corrección de factor de potencia?

3.-Objetivos de la investigación

3.1.- Objetivo General

Optimizar el proceso para la corrección del factor de potencia mediante el cálculo de

parámetros estándares de los condensadores, y determinar los parámetros más sensibles a tomar en cuenta para la selección de condensadores monofásicos o trifásico, alcanzando así una mejor precisión de corrección del bajo nivel de reactivos capacitivos.

3.2.- Objetivos Específicos

- Investigar los parámetros eléctricos que se afectan al no existir compensación.
- Determinar el porcentaje de participación de condensadores en la compensación de los sistemas.
- Determinar los niveles mínimos y máximos de potencia reactiva inductiva a compensar.
- Determinar los beneficios técnicos (parámetros eléctricos) que implica tener un factor de potencia mayor a 0.92.
- Analizar el funcionamiento del condensador de energía electroquímica que se encuentra instalado en el módulo de regulación de potencia automática ubicada en el laboratorio de investigación de la carrera de electricidad en el ISTCT.

4.- Justificación

Se aplica el análisis y diseño para investigar los tipos de condensadores para un mejoramiento del factor de potencia mediante el cálculo de parámetros estándares, en el cual se conoce mediante estudios que estos dispositivos ya mencionados se pueden instalar en cualquier punto del sistema eléctrico y mejorarán así el F.P.

Al realizar las mediciones en un laboratorio de investigación se recopila datos de los parámetros y estándares necesarios para el mejoramiento del sistema ya que los elementos de corrección actúan como generadores de corriente reactiva los cuales ayudan a compensar la potencia no funcional utilizada por las cargas inductivas, mejorando así consideradamente este F.P.

En las plantas industriales, se busca operar a factores de potencia superiores a 0.90 para evitar la penalización por este concepto e, incluso, es conveniente alcanzar valores cercanos a la unidad, que pueden ubicarse en un factor de potencia arriba de 0.95, para lo cual se instalan condensadores que pueden provocar resonancias paralelas en el rango de la 3ª y 21ª armónica. (Viveros Domínguez, 2016)

5.- Estado del arte

Para lograr la corrección de F.P, lo que se hace es conectar un condensador en paralelo a la carga, recordando que el condensador es un consumidor total de la potencia reactiva; así se logra reducir el ángulo de desfasamiento de la corriente y se logra aumentar la potencia real. (Molina Salomón & Vega Oliver, 2016)

Para obtener el valor del condensador basta con utilizar la siguiente ecuación 1:

$$C = \frac{Qc}{\omega V^2} = \frac{P(\tan(\varphi_1) - \tan(\varphi_2))}{\omega V^2} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

- C: Capacidad del condensador [μF].
Qc: Potencia reactiva capacitiva.
 ω : Velocidad angular.
V: Voltaje nominal.
P: Potencia activa.
 φ_1 : Angulo inicial.
 φ_2 : Angulo final conseguido.

Los condensadores pueden ser operados a frecuencias y voltajes inferiores a sus valores nominales. Esto implica una disminución de la potencia reactiva proporcionada, que es directamente proporcional a la frecuencia y al cuadrado del voltaje. Sin embargo, los condensadores, no deben colocarse en frecuencias o voltajes superiores a sus valores nominales. En la mayoría de los condensadores este límite será 10% de sobrevoltaje, con respecto al voltaje nominal de los condensadores.(Manassero, 2016)

Los condensadores deben ir provistos de placas de características que indiquen:

- Voltaje nominal del condensador (voltaje aplicable entre bornes).
- Potencia reactiva nominal, o bien corriente nominal por fase.
- Frecuencia.
- Numero de fases.
- Tipo de conexión cuando los condensadores sean trifásicos.
- Indicación de si el condensador cuenta o no con un dispositivo de descarga interno.

Para realizar la corrección del factor de potencia se lo debe realizar de forma cautelosa, tratando de mantenerlo lo más alto posible, pero sin llegar a la unidad, para evitar problemas de resonancia, que lo único que atraerán será intensidades peligrosas en la red.(Chicaiza Tallana & Paul, 2020). Entre las alternativas se puede encontrar:

- a) Maquinas síncronas: Son dispositivos que se encargan de transformar la energía mecánica rotacional en energía eléctrica, se destaca ya que puede operar como generador de KVAR, esta característica les permite funcionar como compensadores de bajo factor de potencia.
- b) Condensadores estáticos: Las implementaciones de estos elementos ayudan a compensar el factor de potencia, por lo general se piensa en el condensador como un generador de potencia reactiva positiva, en vez de considerarlo como una carga que requiere potencia reactiva negativa.

Los condensadores o bancos de condensadores pueden ser instalados en diferentes partes de la planta y podrán mejorar el factor de potencia, sin embargo, antes de instalar los condensadores se deben tomar en cuenta factores como: la carga

eléctrica, variación, distribución y longitud de circuitos, factor de carga, disposición, tensión entre líneas etc.(Méndez Serrano, 2017)

(Rosales Padilla, 2015) Realizó un estudio sobre el efecto de las resonancias en el comportamiento de los sistemas y determinó que las resonancias tienen que ser consideradas en relación a condensadores y en particular a condensadores en la corrección de factor de potencia. Estos condensadores pueden ser hechos en número estándares, los cuales especifican variedad de niveles de capacidad de corriente de sobrecarga.

Por naturaleza, los condensadores son un camino de baja impedancia para las corrientes armónicas, esto es, que absorben la energía de las altas frecuencias; no obstante, el aumento que se presenta en las corrientes incrementa la temperatura del condensador, provocando que su vida útil se reduzca. El otro factor que debe tomarse en cuenta es que estos equipos no deben combinarse por el efecto de resonancia. (Viveros Domínguez, 2016)

6.- Temario tentativo

- Resumen
- Introducción.
- Potencia activa, reactiva, aparente.
- Corrección del factor de potencia.
- Condensadores de compensación.
- Aspectos a ser tomados para la instalación de condensadores.
- Bancos de condensadores fijos.
- Bancos de condensadores desconectables.
- Control automático de condensadores.
- Resultados.
- Conclusiones.
- Referencias.

7.- Diseño de la investigación

7.1.- Tipo de investigación

La investigación en función de su nivel puede ser de Aplicación, Descriptiva, Exploratoria o Explicativa, sin embargo, se la realiza de varios tipos.

Investigación de Aplicación: Esta se adapta con condiciones en específico a indagar.

Investigación Descriptiva: Consiste en puntualizar y delimitar los rasgos más peculiares del corrector de factor de potencia en los cuales se distinguen los principales métodos de corrección en base a los parámetros eléctricos.

Investigación Exploratoria: Para dimensionar el banco de condensadores a instalar para corregir el bajo F.P, hay que determinar de manera precisa el factor de potencia a partir de los consumos o del ciclo de carga de la instalación; así se evita la inyección de excesiva energía reactiva, condición que normalmente no está permitida por las compañías eléctricas.

7.2.- Fuentes

Fuentes primarias: Se desarrolla la investigación sobre el tema de condensadores estándares en el laboratorio de investigación (Modulo de regulación de potencia automática) ubicada en el Instituto Superior Tecnológico Central Técnico.

Fuentes secundarias: Se utiliza documentos de investigación con base fundamentada como:

- Paper,
- Tesis doctorales,
- Tesis Magistrales,
- Documentos científicos,
- Revistas científicas, etc.

7.3.- Métodos de investigación

En la investigación se utiliza la metodología científica, a través del enfoque cuantitativo, que es el que utiliza la observación del proceso en forma de recolección de datos para luego analizarlos y así poder responder preguntas necesarias para la investigación que se está realizando.

Se usa también el método experimental para poder hacer las respectivas investigaciones sobre el mejoramiento del factor de potencia, los datos obtenidos serán ubicados en tablas de comparación para poder verificar que se dé correctamente el mejoramiento del F.P.

7.4.- Técnicas de recolección de la información.

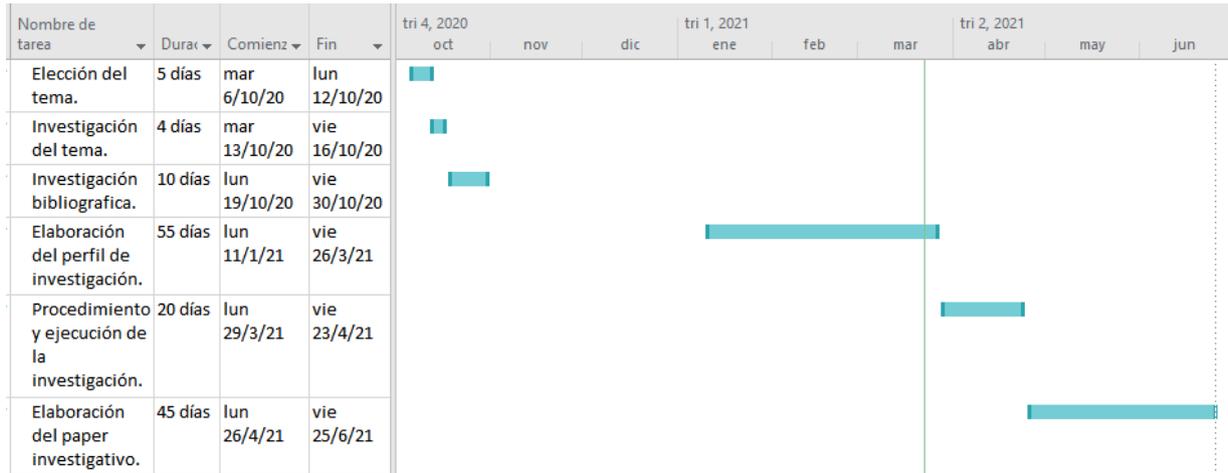
Método de observación: consiste en observar un caso de estudio sin necesidad de ser intervenido por el medio ambiente. Para el caso de estudio que se está realizando se usa las mediciones para comparaciones entre un caso normal y las respectivas mejoras.

Método documental: se registra los datos obtenidos en formatos predeterminados para el correcto orden de la información obtenida en el laboratorio.

8.- Marco administrativo

8.1.- Cronograma

Ilustración 2 Cronograma de actividades.



Fuente: (Paredes Abril, 2021)

8.2.- Recursos y materiales

8.2.1.-Talento humano

Tabla 1.

Participantes en el proyecto de investigación.

Nº	Participantes	Rol a desempeñar en el proyecto	Carrera
1	Paredes Abril Kevin Xavier	Investigador	Electricidad
2	Tapuy Grefa Bryan Joshua	Investigador	Electricidad
3	Pérez Mora Santiago Rogelio	Tutor	Mecánica Industrial

Fuente: Propia.

8.2.2.- Materiales

Tabla 2.

Recursos materiales requeridos para el desarrollo del proyecto de investigación.

Ítem	Recursos Materiales requeridos
1	Módulo de regulación de potencia automática
2	Recursos humanos (Investigadores, tutor)
3	Recursos físicos (Tabla de apuntes)
4	Computadora

Fuente: Propia.

8.2.3.-Económicos

Nº	Materiales	Valor
1	Módulo de investigación	\$1892.00
2	Transporte	\$25.00
3		

8.3.- Fuentes de información

Bibliografía

1. ARCONEL. (2018). *Resolución Nro. ARCONEL-074/17*. Recuperado de: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/074-17.doc.pdf>
2. Arcos López, E. R., & Chicaiza Díaz, D. M. (2016). *Diseño Y Construcción De Un Tablero De Control Automático Para La Corrección Del Factor De Potencia, Empleando Un Módulo Dcra. Pro.*
3. Chicaiza Tallana, J. J., & Paul, D. H. (2020). *Diseño e implementación de un sistema automático para la corrección de factor de potencia en la empresa EMFALU. ESPE.*
4. Manassero, U. (2016). Corrección de factor de potencia. In *Instalaciones Electricas.*
5. Méndez Serrano, J. (2017). *Corrector de factor de potencia reductor-elevador monofásico.*
6. Molina Salomón, A., & Vega Oliver, F. (2016). *Analisis de circuitos II. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.* Recuperado de: <https://sites.google.com/site/analisisdecircuitosupaep/analisis-de-potencia-en-ca/3-7-correccion-del-factor-de-potencia>
7. Muso Gancino, E. G., & Tipán Sánchez, A. D. (2019). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL ANÁLISIS Y CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.* Recuperado de: <http://181.112.224.103/bitstream/27000/5685/1/PI-001141.pdf>
8. Paredes Abril, K. X. (2021). *Cronograma de actividades.*
9. Rosales Padilla, O. (2015). *Estudio de frecuencias armonicas.*
10. Viveros Domínguez, E. (2016). *Energy Management. ¿Cómo Corregir El Factor de Potencia En Presencia de Armónicas?* Recuperado de: <https://e-management.mx/como-corregir-el-factor-de-potencia-en-presencia-de-armonicas/>

ESTUDIO DE PERFIL DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**CARRERA:** Tecnología Superior en Electricidad**FECHA DE PRESENTACIÓN:** 25 de marzo de 2021**APELLIDOS Y NOMBRES DEL / LOS EGRESADOS:** Paredes Abril Kevin Xavier.
Tapuy Grefa Bryan Joshua.**TÍTULO DEL PROYECTO:** Sistema automático de corrector de factor de potencia mediante el cálculo de los parámetros de condensadores estándares de compensación.**ÁREA DE INVESTIGACIÓN:**

Generación, transmisión y distribución de energía.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y uso eficiente de la energía eléctrica.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

CUMPLE

NO CUMPLE

- OBSERVACIÓN Y DESCRIPCIÓN
- ANÁLISIS
- DELIMITACIÓN.

PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS:**GENERALES:**

REFLEJA LOS CAMBIOS QUE SE ESPERA LOGRAR CON LA INTERVENCIÓN DEL PROYECTO

SI

NO

ESPECÍFICOS:

GUARDA RELACIÓN CON EL OBJETIVO GENERAL PLANTEADO

SI

NO

MARCO TEÓRICO:

	SI CUMPLE	NO NO CUMPLE
TEMA DE INVESTIGACIÓN.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
JUSTIFICACIÓN.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ESTADO DEL ARTE.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TEMARIO TENTATIVO.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MARCO ADMINISTRATIVO.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

TIPO DE INVESTIGACIÓN PLANTEADA

OBSERVACIONES:

.....

.....

MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN UTILIZADOS:

OBSERVACIONES:

.....

.....

CRONOGRAMA:

OBSERVACIONES:

.....

.....

FUENTES DE INFORMACIÓN:

.....

RECURSOS:

	CUMPLE	NO CUMPLE
HUMANOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ECONÓMICOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MATERIALES	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

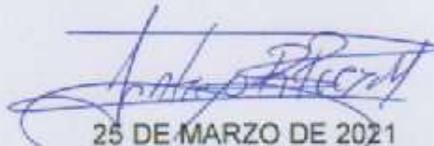
PERFIL DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Aceptado

Negado

el diseño de investigación por las siguientes razones:

- a)
- b)
- c)

ESTUDIO REALIZADO POR EL DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:**NOMBRE Y FIRMA DEL DIRECTOR:** Ing. Santiago Rogelio Pérez Mora**25 DE MARZO DE 2021**
FECHA DE ENTREGA DE ANTEPROYECTO