



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

“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”

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Electromecánico

Autores:

Muso Gancino Edwin Gabriel
Tipán Sánchez Alexander David

Tutor:

Ms.C Cruz Panchi Luis Rolando

Latacunga - Ecuador
Febrero 2019



DECLARACIÓN DE AUTORIA

Nosotros Muso Gancino Edwin Gabriel con C.C.: 050358721-4 y Tipán Sánchez Alexander David con C.C.: 180375479-3 declaramos ser autores del presente proyecto de investigación con el tema “**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,**” siendo el Ing. Cruz Panchi Luis Rolando 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 mi exclusiva responsabilidad.

.....
Muso Gancino Edwin Gabriel
C.C.: 050358721-4

.....
Tipán Sánchez Alexander David
C.C.: 180375479-3



AVAL DE TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

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

“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”, de **Muso Gancino Edwin Gabriel y Tipán Sánchez Alexander David**, de la carrera **INGENIARÍA ELECTROMECAÁNICA**, 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 Consejo Directivo de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS** de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero 2019

El Tutor

Ing. Luis Rolando Cruz Panchi
C.I.: 0502595176



AVAL DE APROVACIÓN 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, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, los postulantes: Muso Gancino Edwin Gabriel con CC 050358721-4 y Tipán Sánchez Alexander David con CC 180375479-3 con el título de Proyecto de titulación:

“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,” han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

Latacunga, febrero 2019

Para constancia firman:

Lector 1 (presidente)

Nombre: Ing. Edwin Homero Moreano
Martínez Ms. C
C.C: 050260750-0

Lector 2

Nombre: Ing. Byron Paul Corrales
Bastidas Ms. C
CC: 050234776-8

Lector 3

Nombre: Ing. Jorge Enrique Cañar Tercero M. B. A.
CC: 050260822-7



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Latacunga, febrero 2019

Con el presente documento, se pone en constancia que los estudiantes **Muso Gancino Edwin Gabriel y Tipán Sánchez Alexander David**, de la carrera de **Ingeniería Electromecánica** de la universidad técnica de Cotopaxi, han desarrollado el proyecto **“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”**, y realizaron la entrega del módulo para el laboratorio de máquinas eléctricas cumpliendo así los objetivos propuestos al inicio del desarrollo del proyecto.

Sin otro particular autorizo para que usen el presente documento para cualquier fin legal pertinente de la Universidad.

Ing. Mauro Darío Albarracín Álvarez

C.C.: 050311373-0

Director de Carrera de Ingeniería Electromecánica

Ing. Jorge Villarroel

C.C.: 050294349-1

DEDICATORIA

A mi madre y padre por haberme inculcado el valor de la perseverancia y no desfallecer ante circunstancias de la vida además de haberme brindado la oportunidad de aprender de la vida con ejemplos reales junto a mis hermanos. Y a todos quienes me impulsaron a llegar a terminar mi carrera universitaria.

Edwin G.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios y a la Santísima Virgen del Rosario por cubrirme con su manto celestial y permitirme culminar la carrera universitaria. A mis padres por confiar en mí y ser el pilar fundamental de este logro, gracias a sus consejos y valores. A mis profesores durante todo el periodo de estudios, amigos y familiares que me han inculcado de consejos, enseñanzas y todo el apoyo brindado durante todo este tiempo.

David A.

AGRADECIMIENTO

A dios por haberme dado la vida para cumplir este propósito, a mi familia y a quienes con sus sabios consejos me guiaron por el camino de una vida llena de esfuerzo y dedicación, que a través de estos valores pude llegar a cumplir cada uno de mis proyectos.

Edwin G.

AGRADECIMIENTO

A Dios y a la Santísima Virgen del Rosario por brindarme la salud y la perseverancia para terminar una etapa más de mi vida. A mi padre por brindarme la mano amigo cuando lo necesitaba digno de admiración de lucha, perseverancia y de humildad ante los demás, a mi madre por ser la razón de mi vida y por brindarme su amor incondicional en todo momento. A mis profesores, amigos y familiares por su apoyo incondicional.

David A.

INDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORIA	ii
AVAL DE TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
AVAL DE APROVACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN	v
DEDICATORIA.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO	viii
AGRADECIMIENTO	ix
INDICE DE TABLAS.....	xiii
INDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
AVAL DE TRADUCCION.....	¡Error! Marcador no definido.
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. DESCRIPCIÓN	2
3. JUSTIFICACIÓN	2
4. BENEFICIARIOS	3
5. PROBLEMA	3
6. OBJETIVO(S)	3
Objetivo General	3
Objetivos Específicos.....	3
7. ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS.....	4
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	7
Antecedentes	7
Sistema eléctrico	7
Elementos de las instalaciones eléctricas	7
Análisis del uso final de la energía eléctrica	7
Corriente alterna.....	8
Frecuencia	9
Valor instantáneo.....	9
Valor máximo.....	9

Valor eficaz	9
Parámetros eléctricos	9
Calidad de energía.....	9
Carga instalada.....	10
Capacidad instalada.....	10
Tipos de cargas	10
Cargas resistivas	11
Cargas inductivas	12
Cargas capacitivas	13
Demanda	14
Factor de demanda	14
Efectos de un bajo factor de potencia	14
Causas del bajo factor de potencia	15
Factor de potencia (fp)	15
Corrección del factor de potencia.....	15
Alternativas para corregir el factor de potencia	16
Motores sincrónicos	16
Condensadores estáticos.....	17
Corrección del factor de potencia mediante banco de condensadores.....	17
Protección contra sobre corriente para los condensadores.....	18
Tipos de bancos de condensadores	18
Banco de condensadores fijos	18
Banco de condensadores automáticos	18
Desconexión.....	19
Potencia y dirección.....	19
Potencia aparente (S).....	19
Potencia activa (P).....	19
Potencia reactiva (Q).....	19
Triángulo de potencia	19
Controlador Lógico Programable (PLC)	20
Estructura funcional de un sistema de autómeta programable.....	21
Características	21
Sentron Pac3200	22
Instalación de equipos	23

Comunicación Ethernet	23
Transformadores de corriente	23
Tipos de transformadores según su aplicación.....	24
Software de Adquisición de Datos LABVIEW de National Instruments	24
9. PREGUNTA CIENTÍFICA O HIPOTESIS	25
10. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	26
Carga eléctrica	28
Características de la onda senoidal	29
Fasores	30
Desfase entre las ondas de corriente y tensión.....	30
Respuesta senoidal de los elementos pasivos	31
Ecuación de circuito resistivo	31
Ecuación de circuito inductivo.....	32
Ecuación de circuito capacitivo.....	33
Tipos de potencia	34
Ecuación de potencia activa (P)	34
Ecuación de potencia reactiva (Q)	34
Ecuación de potencia aparente (S)	35
Ecuación trifásico factor de potencia (Fp)	35
Cálculo de la potencia capacitiva.....	35
Cálculo de potencia inicial y deseada.....	36
Controlador Lógico Programable (PLC) características.....	37
SENTRON PAC3200 características.....	37
Transformadores de corriente	38
Elección de un transformador de corriente	38
Aplicaciones de LabVIEW.....	39
Un VI (instrumento virtual).....	39
Panel frontal	39
Diagrama de bloques.....	40
Estructura While Loop	40
Estructura Case.....	41
Gráfica Waveform Graph.....	41
Gráfica fasorial 2D COMPASS	42
Esquema del módulo	42

11. DESARROLLO DE LA PROPUESTA (ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS).....	43
Análisis Carga Inductiva	44
Análisis Carga Resistiva.....	48
Análisis Carga Capacitiva	57
12. IMPACTOS	65
Impacto tecnológico.....	65
Impacto económico.....	65
Impacto social	66
Impacto ambiental.....	66
13. PRESUPUESTO.....	67
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
15. BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXOS	73

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos	4
Tabla 2: Algunos de los usos finales de la energía eléctrica	8
Tabla 3: Factor de potencia valores comprendidos desde 0 hasta 1	20
Tabla 4: Variable dependiente.....	26
Tabla 5: Variable independiente.....	26
Tabla 6: Característica del PLCS71200.....	37
Tabla 7: Características del SENTRO PAC3200	37
Tabla 8: Características del transformador de corriente	38
Tabla 9: Parámetros eléctricos de carga inductiva.....	45
Tabla 10: Parámetros eléctricos de carga resistiva	49
Tabla 11: Medición de potencia de combina	54
Tabla 12: Medición de potencia de capacitiva.....	58
Tabla 13: Medición de línea a neutro de carga inductiva	62
Tabla 14: Medición de L1-L2 de carga inductiva.....	63
Tabla 15: Precios estimados para los materiales empleados	67

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Variación de tensión en el tiempo	8
Figura 2: Curva de Carga diaria	10
Figura 3: Diagrama fasorial de un circuito resistivo	11
Figura 4: Onda y corriente en fase	11
Figura 5: Diagrama fasorial de un circuito inductivo	12
Figura 6: Ondas de corriente atrasada 90° con respecto a la tensión	12
Figura 7: Diagrama fasorial de un circuito capacitivo	13

Figura 8: Ondas de corriente adelantada 90° con respecto a la tensión	13
Figura 9: Diagrama senoidal de carga inductiva	15
Figura 10: Motor síncrono	16
Figura 11: Capacitiva trifásica	17
Figura 12: Triangulo de corrección del factor de potencia	18
Figura 13: Triangulo de potencia	20
Figura 14: Controlador Lógico Programables PLC 1200	20
Figura 15: Medidor de Energía SENTRO PAC3200	22
Figura 16: Muestra un transformador de corriente tipo barra	24
Figura 17: Logotipo de LabView	25
Figura 18: Esquema típica de carga eléctrica	29
Figura 19: Función senoidal (a) en función ωt y (b) en función de t	30
Figura 20: (a) Diagrama unifilar de circuito resistivo (b) Velocidad angular (c) Diagrama senoidal	31
Figura 21: Circuito Inductivo	32
Figura 22: Circuito Capacitivo	33
Figura 23: Representa la potencia activa P en fase con tensión V	34
Figura 24: Potencia reactiva en adelanto Q_c o atraso Q_L con respecto a la tensión	34
Figura 25: Vector resultante (S) de sumar la potencia activa y la potencia reactiva	35
Figura 26: Panel frontal de LabView	40
Figura 27: Diagrama de bloque	40
Figura 28: Estructura While Loop	41
Figura 29: Estructura Case	41
Figura 30: Waveform Graph	41
Figura 31: 2D Compass	42
Figura 32: Grafico esquemático del modulo	42
Figura 33: Ventana de parámetros eléctricos de carga inductiva	44
Figura 34: Diagrama senoidal de carga inductiva	46
Figura 35: Diagrama fasorial de carga inductiva	48
Figura 36: Ventana de parámetros eléctricos de carga resistiva	49
Figura 37: Diagrama senoidal de carga resistiva	51
Figura 38: Diagrama fasorial de carga resistiva	53
Figura 39: Ventana de los parámetros eléctricos de la caga combinada corrección del fp .	54
Figura 40: Diagrama senoidal de la carga combinada y corrección del fp .	56
Figura 41: Diagrama fasorial: a) antes de corrección y b) después de su corrección	57
Figura 42: Ventana de los parámetros eléctricos de la caga capacitiva.	58
Figura 43: Diagrama senoidal de la carga capacitiva.	59
Figura 44: Diagrama fasorial de carga capacitiva	61
Figura 45: Equipo de medición	63

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

TITULO: “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.”

Autor/es:

Edwin Gabriel Muso Gancino

Alexander David Tipán Sánchez

RESUMEN

El no contar con un módulo didáctico práctico que permita visualizar el comportamiento de las variables eléctricas nos impulsó a realizar la implementación de un módulo que tenga como objetivo visualizar de manera gráfica el proceso de corrección del factor de potencia de las cargas implementadas, las variables que intervienen para el efecto de corrección es voltaje, corriente y su ángulo de desfase. Las que son obtenidas por un analizador de energía que son parámetros eléctricos necesarios para el estudio, por medio de un software LabView se genera el procesamiento de señales, lo que permite la representación de ondas senoidales y vectoriales de cada una de las fases tanto de corriente como de voltaje. Usando el modulo didáctico – práctico el estudiante puede analizar y comparar los resultados de forma teórica – práctica y relacionarlos con el triángulo de potencias, para el desarrollo de la práctica el módulo cuenta con una red de alimentación trifásica de 220 V, en la misma que se encuentra instalada cargas inductivas y resistivas que estas pueden ser combinadas permitiendo así realizar la corrección del factor de potencia, el dimensionamiento de los capacitores nos permitió realizar la compensación de energía reactiva a las cargas implementadas en el módulo cumpliendo así la corrección. Realizando el esquema de proceso de corrección del factor de potencia ha permitido la construcción de módulo didáctico práctico.

Palabras claves: visualización gráfica, factor de potencia, ondas senoidales, cargas eléctricas, desfases de corriente y voltaje, triángulo de potencia.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES DEPARTMENT

TOPIC: "DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A DIDACTIC MODULE FOR THE ANALYSIS AND CORRECTION OF THE POWER FACTOR FOR THE LABORATORY OF ELECTRICAL MACHINES OF THE TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI"

Authors:

Edwin Gabriel Muso Gancino

Alexander David Tipán Sánchez

ABSTRACT

Not having a practical didactic module that allows us to visualize the behavior of the electrical variables prompted us to carry out the implementation of a module that aims to graphically visualize the process of correction of the power factor of the loads implemented, the variables that intervene for the correction effect is voltage, current and its phase angle. The ones that are obtained by an energy analyzer that are electrical parameters necessary for the study, by means of a LabView software generates signal processing, which allows the representation of sinewave and vector waves of each one of the current phases as voltage. Using the didactic - practical module the student can analyze and compare the results in a theoretical - practical way and relate them to the power triangle, for the development of the practice the module has a three - phase power supply network of 220 V, in the same is installed inductive and resistive loads that can be combined allowing thus to make the correction of the power factor, the sizing of the capacitors allowed us to make the compensation of reactive energy to the loads implemented in the module thus fulfilling the correction. Realizing the correction scheme of the power factor has allowed the construction of practical didactic module.

Keywords: graphic visualization, power factor, Sine waves, Electric charges, Current and voltage phase shifts, Power triangle.



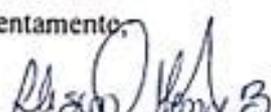
AVAL DE TRADUCCIÓN

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 DEL PROYECTO TECNOLÓGICO al Idioma Inglés presentado por los señores MUSO GANCINO EDWIN GABRIEL, TIPÁN SÁNCHEZ ALEXANDER DAVID, cuyo título versa "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODULO DIDÁCTICO PARA EL ANALISIS Y CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI ", lo realizo 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 certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, enero del 2019

Atentamente,


Msc. Alison Méndez Barthelotty
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0501801252



1. INFORMACIÓN GENERAL

Título: Diseño e implementación de un módulo didáctico - práctico para el análisis de factor de potencia para el Laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi

Fecha de inicio:

Octubre del 2018

Fecha de finalización:

Enero del 2019

Lugar de ejecución:

Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que auspicia:

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia:

Ingeniería Electromecánica

Equipo de Trabajo:

Ms. C Luis Rolando Cruz Panchi

Ms. C Cristian Gallardo Molina

Investigadores:

Edwin Gabriel Muso Gancino

Alexander David Tipán Sánchez

Área de conocimiento:

Procesos industriales

Línea de investigación:

Eficiencia energética en sistemas electromecánicos y de uso de fuentes renovables.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Eficiencia energética en sistemas electromecánicos y de uso de fuentes renovables.

2. DESCRIPCIÓN

El presente proyecto de investigación consiste en diseñar e implementar un módulo didáctico – práctico en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi para el análisis de las magnitudes eléctricas asociadas a la carga, enfatizando en el comportamiento del factor de potencia, lo que permitirá obtener los diagramas fasoriales de los parámetros eléctricos, para su posterior análisis y comparación de los datos teóricos con los prácticos.

Con la implementación de este módulo los estudiantes podrán visualizar el comportamiento de los desfases de voltaje y corriente que definen el factor de potencia, que es el principal análisis de estudio. Con una herramienta tecnología de programación como es el LabView permitirá el análisis y corrección del factor de potencia y su relación con los parámetros eléctricos de voltaje, corriente y potencia, de una forma gráfica y en tiempo real que permitirá visualizar los desfases de dichos parámetros, de acuerdo a los valores obtenidos; se podrá realizar la comparación de los valores adquiridos desde las cargas implementadas en el mismo como también cargas variables. La implementación de este proyecto permitirá obtener el diagrama fasorial seleccionando las cargas a utilizar en el módulo, para determinar el comportamiento de los parámetros eléctricos asociados; tener un registro en donde se pueda identificar y comprobar con los cálculos realizados en un trabajo preparatorio.

3. JUSTIFICACIÓN

Dentro del estudio adquirido de las asignaturas de máquinas eléctricas, instalaciones eléctricas y electrónica de potencia se trata la temática sobre el factor de potencia el cual el aprendizaje es netamente teórico y que no va más allá de la teoría, se requiere de una visualización práctica para analizar de mejor manera su relación con las magnitudes eléctricas, es por eso que se ha establecido el diseño de un módulo en el cual se pueda comprender de mejor manera el factor de potencia, a la vez cuando se de una corrección del mismo he ahí la importancia del diseño e implementación de un módulo didáctico que permitirá visualizar el comportamiento del ángulo de factor de potencia y su relación con las variables eléctricas.

4. BENEFICIARIOS

A través de la implementación del este módulo didáctico los beneficiarios directos a largo plazo son los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica quienes reciben las materias de circuitos eléctricos, electrónica, máquinas eléctricas, instalaciones eléctricas, electrónica de potencia (quienes reciben esta temática alrededor de 200 estudiantes por semestre según la malla actual de la carrera en el periodo octubre 2018 – febrero 2019) de esta manera podrán desarrollar prácticas, en el que se pueda analizar el comportamiento de los parámetros eléctricos de voltaje, corriente y de potencia, existiendo una relación con el factor de potencia que es objeto de análisis, de los valores de cargas eléctricas.

5. PROBLEMA

El no contar con un módulo didáctico que permita visualizar el comportamiento de las variables eléctricas para poder analizar el comportamiento de desfases en función del tipo de carga, permitiendo a los estudiantes comparar la parte práctica con la teórica de la corrección del factor de potencia.

6. OBJETIVO(S)

Objetivo General

Implementar un módulo didáctico práctico, mediante un panel de visualización de los parámetros eléctricos obtenidos desde la carga instalada, para el análisis, comprobación y corrección del factor de potencia de los datos por medio de prácticas de laboratorio.

Objetivos Específicos

- ✓ Investigar información que sea de gran aporte para el sustento de la investigación.
- ✓ Definir el esquema de proceso de corrección del factor de potencia que empleará el módulo.
- ✓ Seleccionar los equipos eléctricos necesarios para la implementación del módulo.
- ✓ Implementar el módulo didáctico práctico en el cual se divise las variables eléctricas de las diferentes cargas.
- ✓ Detallar las guías necesarias para que se puedan basar en el desarrollo de la práctica.

7. ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS

La presente tabla 1 indica los procedimientos lo que permitirán que se cumpla el objetivo general.

Tabla 1: Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos

Objetivo 1	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la metodología por actividad
Indagar información a fin del tema relacionado con el factor de potencia respecto a los diagramas fasoriales, libros, revistas que aseveren la explicación necesaria para el sustento del proyecto.	Revisión de libros, revistas y sitios web que avalen la información correspondiente al tema	Obtención de conceptos, definición y de fórmulas que permitirán la realización de comparación de los datos obtenidos con los prácticos	Investigación bibliográfica Fuente que avalen la información para el respectivo proyecto a implementar
Definir el esquema de las conexiones de los equipos que intervienen en el módulo.	Establecer el diseño de conexión de las cargas que intervienen en el módulo.	Obtención de planos para la conexión de cada uno de los equipos (Eléctricos y estructurales).	Investigación científica Concretar un esquema el cual sea el apropiado para las conexiones de los equipos.
Seleccionar los equipos eléctricos necesarios para	Determinar la topología de adquisición y presentación de	Lista de materiales y equipos necesarios para la adquisición y procesamiento de la	Investigación cuasi experimental La selección de los equipos

<p>la implementación del módulo</p>	<p>datos. Definir las especificaciones eléctricas de los equipos.</p>	<p>información</p>	<p>necesarios que formaran parte del módulo.</p>
<p>Implementar el módulo didáctico práctico en el cual se divise las variables eléctricas de las diferentes cargas</p>	<p>Adquirir los equipos acorde a los requerimientos necesarios para su aplicación. Verificar que los equipos adquiridos estén en óptimas condiciones para la implementación del módulo. Armar la estructura de acuerdo a los planos. Realizar las diferentes conexiones eléctricas y ubicación de los equipos. Verificar que todas las conexiones estén acorde al diseño propuesto. Realizar pruebas</p>	<p>Modulo didáctico para la visualización de las magnitudes eléctricas.</p>	<p>Investigación experimental Descripción de los materiales y componentes utilizados para la implementación del módulo didáctico práctico</p>

	del módulo para su adecuado funcionamiento.		
Detallar las guías necesarias para que se puedan basar en el desarrollo de la práctica.	Realizar cálculos de pruebas sobre las cargas y gráficas instaladas en el módulo. Determinar las guías que aporten al desarrollo de la práctica del estudiante.	Guía 1 corrección del factor de potencia para un motor de 2 HP. Guía 2 corrección del factor de potencia para una carga resistiva. Guía 3 corrección del factor de potencia para una carga capacitiva.	Investigación experimental Aplicación de la guía para el desarrollo de la práctica.

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

Antecedentes

Según (Nägele, Nicole, pag 4, 2013), menciona que la sociedad moderna depende ahora de un suministro continuo de energía eléctrica limpia. Pero la energía suministrada por la red eléctrica no siempre es limpia o continua, y hay que adoptar medidas para atenuar este problema. La solución para la protección de la energía eléctrica es conocer los tipos de problemas de la calidad de la energía en la alimentación suministrada y naturaleza de las cargas que se conectan.

El operar con bajo factor de potencia una instalación eléctrica, además del impacto que tiene en la factura eléctrica, tiene también otras implicaciones de igual o mayor importancia, particularmente en relación con la capacidad de los equipos de transformación de la planta y con el uso eficiente de las máquinas y aparatos que funcionen con corriente eléctrica.

Sistema eléctrico

Según (Ismael, Araujo Velasco Saúl, 2012), se refiere que en la actualidad la electricidad es muy importante, en el funcionamiento y control de los equipos y en el desarrollo de técnicas modernas que permitan mejorar los procesos industriales, todo ello, en función del aprovechamiento óptimo de los recursos primarios, la eficiencia energética y la armonía con el medio ambiente.

Elementos de las instalaciones eléctricas

Todo sistema eléctrico tiene el propósito común de proporcionar energía eléctrica en forma segura, confiable y económica, a los diversos puntos de consumo que existen en las fábricas sin causar sobrecalentamiento o produciendo caídas de voltaje inaceptables. Estos punto de consumo, no son más que el conjunto de equipos o cargas eléctricas que se utilizan en la energía para la generación de movimiento (motores), generación de calor iluminación, etc.

Análisis del uso final de la energía eléctrica

Según Arias L (Fernando, Arias Roman Luis, pag 24, 2000), menciona que el uso final de la energía está estrechamente relacionado con el comportamiento de los consumidores, y con el manejo de la demanda y energía que hace la empresa distribuidora. Siempre la empresa distribuidora ha manejado este tema del lado del suministro, actualmente se está haciendo un acercamiento para realizar la administración del lado de la demanda, lo cual implica conocer el comportamiento presente y futuro de los consumidores, influir en este comportamiento y planificar la expansión del futuro sistema eléctrico.

Tabla 2: Algunos de los usos finales de la energía eléctrica

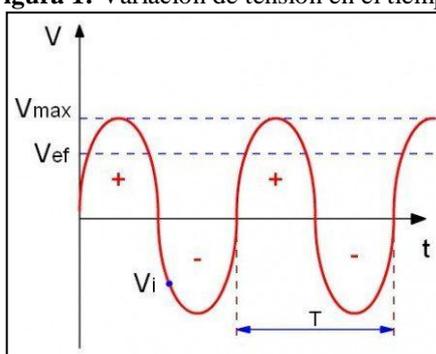
Residencial	Comercial	Industrial	Otros
Iluminación	Iluminación	Iluminación	Iluminación pública
Calentador de agua	Cafetera	Aire acondicionado	Sistemas de Transporte
Aire acondicionado	Ascensores	Tanques de presurización	Sistema de comunicación
Microondas	Refrigeradora	Calentadores de agua	Servicio médicos
Televisor	Sumadoras	Bombas de agua	
Licuada	Copiadoras	Cuartos frigoríficos	
Computadora	Computadoras	Tornos	
Secadora		Soldadora	
Equipo de sonido		Empacadoras	
Plancha		Lavadoras	

Fuente: Desarrollado por los autores

Corriente alterna

La corriente alterna es una corriente eléctrica cuyo valor y sentido varían continuamente, tomando valores positivos y negativos en distintos instantes de tiempo. La forma más común de corriente alterna es la senoidal y se debe a que los generadores de electricidad más utilizados producen tensiones y corrientes con esa forma. La corriente alterna es más fácil para transportar a lo largo de grandes distancias que la corriente continua, lo cual es una ventaja para su distribución, como se observa en la figura 1.

Figura 1: Variación de tensión en el tiempo



Fuente: Tomadas de físicas prácticas.

Frecuencia

Es el número de veces que la señal alterna se repite en un segundo. La unidad de frecuencia es el hertzio (Hz), que equivale a un ciclo por segundo (c.p.s). Se representa por la letra f.

Valor instantáneo

Como se ha dicho, una de las características de la corriente alterna es tomar valores diferentes en cada instante de tiempo. Así pues, valor instantáneo es aquel que toma la señal en cada instante.

Valor máximo

De todos los valores instantáneos comprendidos en un período, se denomina valor máximo al mayor de ellos. También a este valor se le denomina amplitud de la señal alterna y, otras veces, valor de cresta.

Valor eficaz

Es el valor más importante a considerar en el tratamiento de las señales alternas, para poder operar con ellas, pues con él se obtiene matemáticamente el mismo resultado que operando con valores instantáneos continuamente variables.

Parámetros eléctricos

Cualquier circuito eléctrico está compuesto por algunos de los siguientes elementos inductancia, capacitancia y conductancia. Toda instalación deberá ser proyectada y ejecutada dando estricto cumplimiento a las disposiciones de esta norma según lo establece la NEC, capítulo 15.

Calidad de energía

Según la NEC, 2013, página 65, Sin importar cómo se genera, un pico de voltaje puede causar serios daños en equipo electrónico sensible. La protección de transientes es aplicada para prevenir:

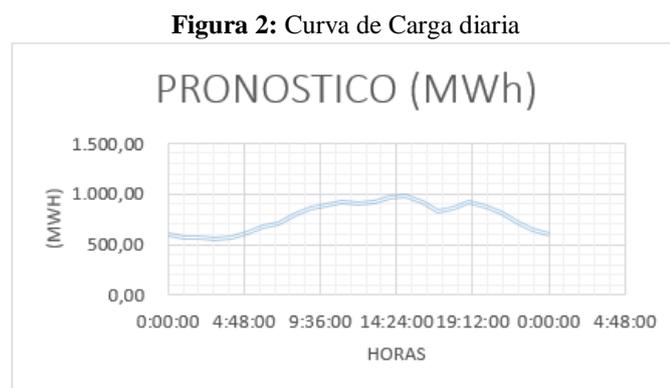
- Daños
- Destrucción
- Degradación a equipos y prevenir daños y mal funcionamiento de cargas electrónicas

Carga instalada

Según (Samuel, Ramirez Castaño; pag 44, 2004), manifiesta que “es la suma de todas las potencias nominales continuas de los aparatos de consumo conectados a un sistema o a parte de él, se expresa generalmente en kVA, MVA, kW o MW”.

Capacidad instalada

Corresponde a la suma de las potencias nominales de los equipos (transformadores, generadores), instalados a las líneas que suministran la potencia eléctrica a las cargas o servicios conectados ver figura 2. Es llamada también capacidad nominal del sistema.



Fuente: Elaborado por autores

La forma de la curva de carga depende fundamentalmente si es una carga de tipo residencial, comercial, industrial, el día de la semana, de la estación (invierno, verano) y de los climáticos (sobre todo la temperatura.)

Tipos de cargas

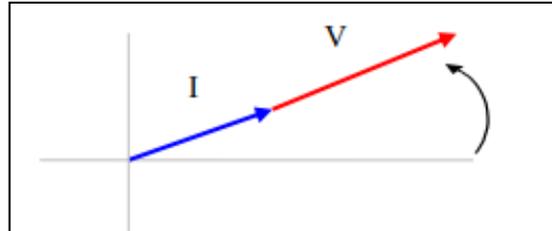
Según (Fernando, Arias Roman Luis, pag 24, 2000), se refiere a las diferentes cargas conectadas al sistema demuestran diferentes comportamientos que se demuestran en rangos de carga vs voltaje. Para el comportamiento en estado estable las cargas eléctricas caen generalmente dentro de las categorías siguientes.

Cargas de corriente constante como por ejemplo algunos tipos de fuente de potencia usados en procesos industriales como la galvanoplastia que necesita corriente constante; cargas de potencia constante como son algunas fuentes de potencia electrónicas, balastos de luminarias de alumbrado público, cargas de impedancia constante como por ejemplo lámparas incandescente, calentadores de agua eléctricos y cargas cincuenta por ciento potencia constante y cincuenta por ciento impedancia constante.

Cargas resistivas

Según (Enrique, Gomez Morales, pag33, 2009), menciona que las cargas son referidas como si tuvieran una resistencia eléctrica designada con la letra R y expresada en Ohm (Ω). Las cargas resistivas pueden encontrarse en equipos como lámparas incandescentes, planchas y estufas eléctricas, en donde la energía que requieren para funcionar es transformada en energía lumínica o energía calorífica, en cuyo caso el factor de potencia toma el valor de 1. ver figura 3.

Figura 3: Diagrama fasorial de un circuito resistivo



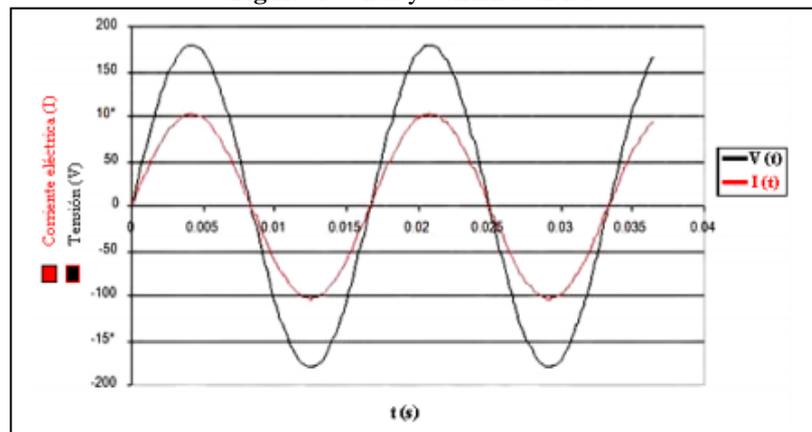
Fuente: Tomada del informe de compensación de potencia reactiva

Las cargas de tipo resistivo que se encuentran más comúnmente en los sistemas eléctricos ya sea residencial, industrial o comercial son los siguientes:

- Calefactores
- Planchas
- Alumbrado incandescente

Las ondas senoidales de tensión y corriente eléctrica en función del tiempo y el desfase que existe entre ellas, la cual es igual a cero, es decir, se encuentran en fase como se puede observar en la figura 4.

Figura 4: Onda y corriente en fase

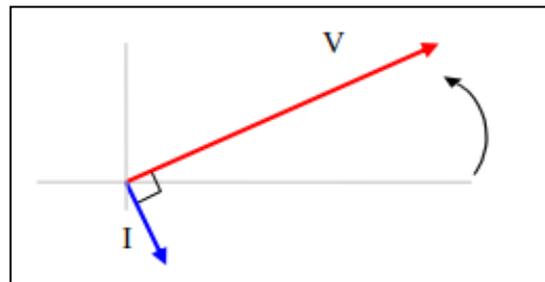


Fuente: Tomada del informe de compensación de potencia reactiva

Cargas inductivas

Las cargas inductivas son encontradas en cualquier lugar donde haya bobinados involucrados, por ejemplo en los equipos del tipo electromecánicos como los motores, balastos, transformadores, entre otros; además de consumir potencia activa, requieren potencia reactiva para su propio funcionamiento, por lo cual trabajan con un factor de potencia menor a 1. Considerándose por lo tanto que las cargas inductivas, sean el origen del bajo factor de potencia (menores a 0.9). En un circuito puramente inductivo la corriente no está en fase con la tensión ya que va atrasada 90° con respecto a la tensión. En la Figura 5, se presenta el diagrama fasorial correspondiente a las cargas inductivas.

Figura 5: Diagrama fasorial de un circuito inductivo



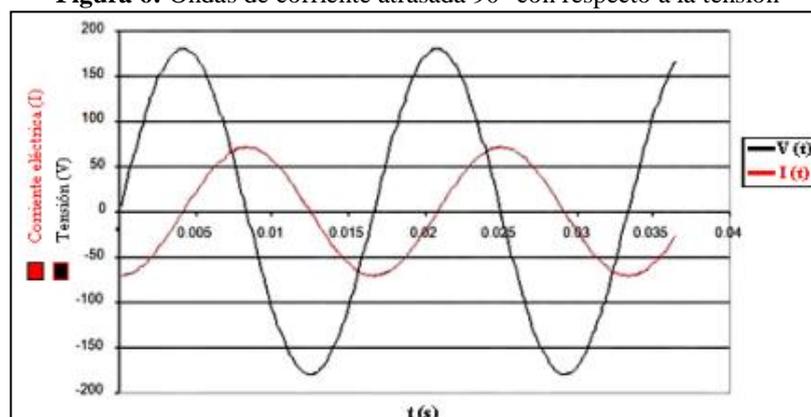
Fuente: Tomada del informe de compensación de potencia reactiva

Algunos equipos de cargas del tipo inductivo son los siguientes:

- Transformadores.
- Motores de inducción.
- Máquinas soldadoras.

En la Figura 6, se muestran las ondas senoidales de tensión y corriente eléctrica en función del tiempo y el desfase de 90° de la corriente con respecto a la tensión.

Figura 6: Ondas de corriente atrasada 90° con respecto a la tensión

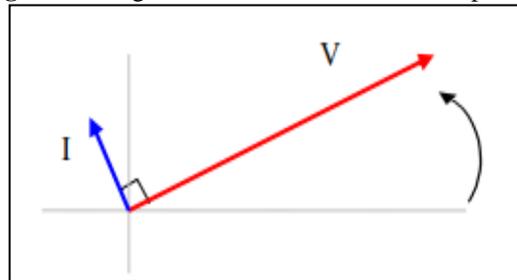


Fuente: Tomada del informe de compensación de potencia reactiva

Cargas capacitivas

Las cargas capacitivas se presentan en los capacitores y se caracterizan porque la corriente se haya adelantada respecto de la tensión 90° . En la Figura 7, se presenta el diagrama fasorial correspondiente a las cargas capacitivas.

Figura 7: Diagrama fasorial de un circuito capacitivo



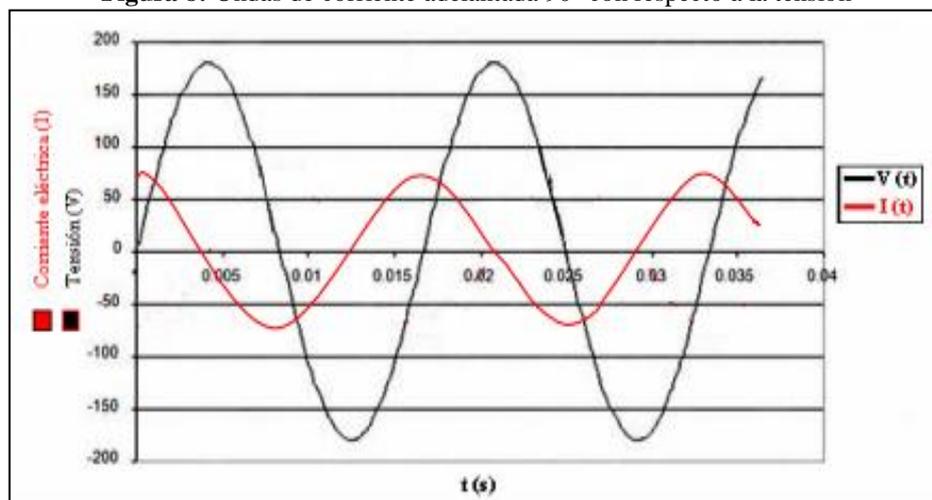
Fuente: Tomada del informe de compensación de potencia reactiva

Las cargas de tipo capacitivo son:

- Bancos de capacitores.
- Motores síncronos.

En un circuito puramente capacitivo, no existe consumo de energía aún si hay corriente circulando. Las cargas capacitivas generan potencia reactiva expresada en volts ampers reactivos (VAR). En la figura 8, se muestran las ondas senoidales de tensión y corriente eléctrica en función del tiempo, para este caso la corriente se adelanta 90° con respecto a la tensión.

Figura 8: Ondas de corriente adelantada 90° con respecto a la tensión



Fuente: Tomada del informe de compensación de potencia reactiva

Demanda

Es la cantidad de potencia que un consumidor utiliza en cualquier momento (variable en el tiempo). Dicho de otra forma: la demanda de una instalación eléctrica en los terminales receptores, tomada como un valor medio en un intervalo determinado.

La duración que se fije en este intervalo dependerá del valor de demanda que se desee conocer, así por ejemplo, si se quiere establecer la demanda en amperios para la sección de un juego de fusibles, deberán ser analizados valores de demanda con un intervalo cero, no siendo el mismo caso si se quiere encontrar la demanda para aplicarla a un transformador o cable, que será de 10 o 15 minutos.

Factor de demanda

El factor de demanda en un intervalo de tiempo t , de una carga, es la razón entre la demanda máxima y la carga total instalada. El factor de demanda por lo general es menor que 1, siendo 1 sólo cuando en el intervalo considerado, todos los aparatos conectados al sistema estén absorbiendo sus potencias nominales, lo cual es muy improbable.

Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al factor de potencia si en el 5% o más del periodo evaluado del factor de potencia es inferior a los límites, el consumidor está incumpliendo con el índice de calidad. El límite del factor de potencia es de 0,92 artículos 1 de regulación No CONELEC – 004/01, que hace referencia a los requerimientos normativos de calidad del servicio eléctrico de distribución.

Efectos de un bajo factor de potencia

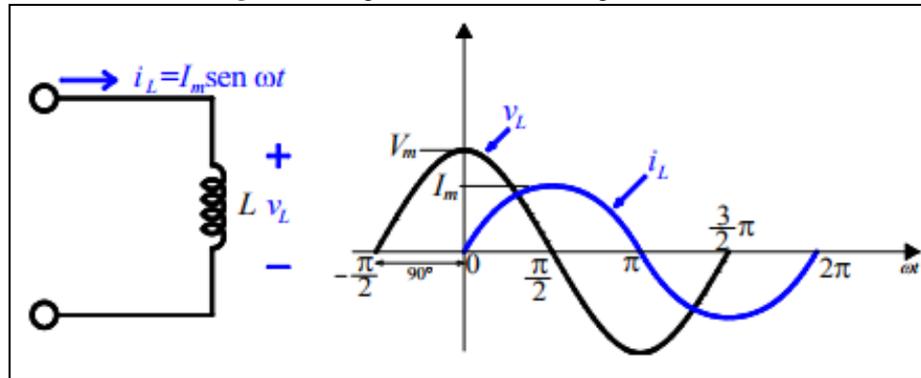
Se pueden mencionar los siguientes efectos:

- Aumenta el costo de suministrar potencia activa al tener que ser transmitida más corriente (penalización)
- Causa sobrecarga en los generadores, transformadores y líneas de distribución, donde las caídas de voltaje y pérdidas de potencia son mayores, esto presenta pérdidas de potencia son mayores, eso representa pérdidas y desgaste en los grupos electrógenos y transformadores.

Causas del bajo factor de potencia

Las cargas inductivas como motores, balastos, transformadores, etc., son el origen del bajo factor de potencia. En este tipo de equipos, la intensidad de corriente se atrasa en relación al voltaje, ver figura 9.

Figura 9: Diagrama senoidal de carga inductiva



Fuente: Tomada del informe de sistemas eléctricos de R, L y C

Factor de potencia (fp)

En todas las cargas requieren potencia real o potencial activa (P), medida en KW, MW, etc, con el fin de ejecutar un trabajo tal como la rotación mecánica o la iluminación. Las cargas reactivas requieren de potencia reactiva (Q) medida en KVAR, MVAR etc, por medio de la cual no se realiza un trabajo “productivo” pero es necesario para producir el campo magnético dentro de un transformador o un motor, sin el cual estos no pueden funcionar. El factor de potencia es forma estricta relaciona la potencia activa o efectiva y la potencia aparente de una instalación.

Corrección del factor de potencia

Denominamos factor de potencia al cociente entre la potencia activa y la potencia aparente, que es coincidente con el coseno del ángulo entre la tensión y la corriente cuando la forma de onda es sinusoidal pura.

La potencia reactiva, la cual no produce un trabajo físico directo en los equipos, es necesaria para producir el flujo electromagnético que pone en funcionamiento elementos tales como: motores, transformadores, lámparas fluorescentes, equipos de refrigeración y otros similares. Cuando la cantidad de estos equipos es apreciable los requerimientos de potencia reactiva también se hacen significativos, (a mayor número de equipo que consume reactiva, mas reactiva se requiere) lo cual produce una disminución significativa del factor de potencia.

Un alto consumo de energía reactiva puede producirse como consecuencia principalmente de:

- Un gran número de motores.
- Presencia de equipos de refrigeración y aire acondicionado.
- Por una mala planificación y operación en el sistema eléctrico de la industria.
- Un mal estado físico de la red eléctrica y de los equipos de la industria

Alternativas para corregir el factor de potencia

Los métodos para realizar la corrección del factor de potencia son los siguientes:

- Por intermedio de motores sincrónicos
- Por medio de condensadores estáticos

Motores sincrónicos

Los motores sincrónicos pueden también actuar como generadores de kVAR. Su capacidad para generar kVAR es función de su excitación y de la carga conectada; cuando operan en baja excitación no genera lo suficiente kVAR para suplir sus propias necesidades y en consecuencia los toman de la red eléctrica ver figura 10.

Figura 10: Motor síncrono



Fuente: Tomada del catálogo Weg

Tener una o más motores sincrónicos sobreexcitados en el sistema puede ser útil por las siguientes razones:

- a. Una carga en adelanto (motores sincrónicos) puede entregar algo de potencia reactiva Q a cargas en atraso cercanas, en lugar de las que deben venir del generador.
- b. Como las líneas de transmisión llevan meno corriente, pueden ser de menor diámetro, esto reduce el costo del sistema de potencia que son mucho más bajos.
- c. Además, si se necesita que un motor sincrónico funcione con un factor de potencia adelantado, ello significa que el motor debe trabajarse sobreexcitado.

Condensadores estáticos

Mediante la aplicación de los condensadores estáticos también se puede compensar el factor de potencia de una instalación, resultando un método sencillo y económico. El condensador estático recibe este nombre, debido a que no tiene partes móviles o desgastables.

El método de compensar el factor de potencia por medio de condensadores estáticos es el más aconsejable para plantas industriales ya que presenta las siguientes ventajas:

- a. Porque un banco de condensadores es un equipo de alto rendimiento 99% o más, para potencias pequeñas, como por lo general tienen las industrias.
- b. Su mantenimiento para este tipo de equipo es totalmente nulo, y la eficiencia de los condensadores no disminuye por falta de este.
- c. La conexión del equipo al circuito es sencilla, se los puede hacer directamente a las barras de baja tensión, a la salida de los transformadores.

Corrección del factor de potencia mediante banco de condensadores

Un condensador es un dispositivo eléctrico formado por dos placas conductoras aisladas y separadas por un dieléctrico ver figura 11. Este dispositivo puede almacenar energía en forma de campo eléctrico. Los condensadores al conectarse en paralelo a la red eléctrica proveen la potencia reactiva que antes la suministraba la propia red, con lo cual se consigue una disminución de la corriente, por lo tanto ya no es necesario transportar toda la potencia reactiva.

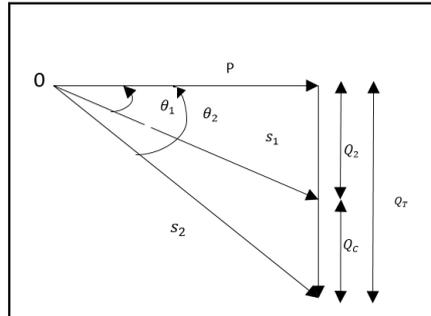
Figura 11: Capacitiva trifásica



Fuente: Tomada del catálogo de SIEMENS

Al disminuir la potencia reactiva se consigue mejorar el factor de potencia. En el triángulo de potencia de la Figura 12 se puede entender de mejor manera la forma en que los condensadores pueden mejorar el factor de potencia.

Figura 12: Triangulo de corrección del factor de potencia



Fuente: Elaborado por autores

Protección contra sobre corriente para los condensadores

En cada conductor de fase de cada banco de capacitores se debe instalar un dispositivo de protección contra sobre corriente para una adecuada protección a cada uno de los bancos de condensadores que entraran en funcionamiento al momento de realizar la corrección del factor de potencia, según la NOM-001-SEDE-2012.

Tipos de bancos de condensadores

Para usuarios industriales la compensación de la energía reactiva se puede realizar con:

- Banco de condensadores fijos
- Banco de condensadores automáticos

Banco de condensadores fijos

En esta configuración se utiliza uno o varios condensadores para obtener la potencia reactiva necesaria. La potencia reactiva suministrada es constante independientemente del estado de carga de instalación.

Estos bancos son maniobrados:

- En forma manual mediante interruptores o seccionadores
- En forma semiautomática por medio de contactores
- Directamente a bornes del receptor a compensar obrado conjuntamente

Banco de condensadores automáticos

La potencia reactiva del banco puede ser regulada de acuerdo a las variaciones del estado de carga de instalación.

Estos bancos están formados por varios pasos de condensadores conectados en paralelo, el control de estos pasos es realizado por un regulador electrónico incorporado en el banco. Estos bancos son usados generalmente en los siguientes casos:

- Instalaciones que presentan variabilidad en su estado de carga
- Compensación de tableros generales de distribución en baja tensión
- Bancos de condensadores que superan el 15% de la potencia del correspondiente transformador MT (media tensión)/BT (baja tensión)

Desconexión

En cada conductor de fase de cada banco de capacitores se debe instalar un medio de desconexión que debe cumplir los siguientes requisitos, según la NOM-001-SEDE-2012.

El medio de desconexión debe abrir simultáneamente todos los conductores de fase.

Se permitirá que el medio de desconexión desconecte el capacitor de la línea como un procedimiento habitual de funcionamiento.

Potencia y dirección

La potencia mide la capacidad de hacer trabajo por unidad de tiempo, esto es, en electricidad se relaciona con la capacidad de transformación de la electricidad en trabajo. En este sentido, se existen dos tipos de potencia.

Potencia aparente (S)

Es la suma geométrica de las potencias activa y reactiva, o bien, el producto de la corriente y el voltaje. Se la representa con la letra S y su unidad de medida se expresa en voltamperios (VA).

Potencia activa (P)

Llamada también potencia efectiva y potencia real, se la representa con la letra P y es expresada en vatios (W). Solamente esta potencia se puede transformar en potencia mecánica o en potencia calorífica.

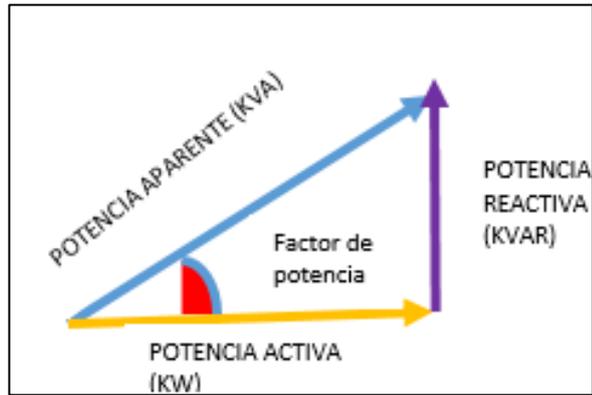
Potencia reactiva (Q)

Llamada también potencia magnetizante, se simboliza con la letra Q expresada en voltamperios reactivos (VAR), resulta necesaria para el funcionamiento de ciertas máquinas y dispositivos eléctricos (motores, transformadores, bobinas, relés, etc) pero no puede transformarse en potencia mecánica o calorífica útil, y causa pérdidas adicionales en los equipos que transportan la energía.

Triángulo de potencia

Según (Mario, Renzetti, pag 23, 2011), menciona que el triángulo de potencias es la mejor forma de observar y comprender de forma gráfica qué es el factor de potencia ó $\cos \phi$ y su estrecha relación con los restantes tipos de potencia presentes en un circuito eléctrico de corriente alterna.

Figura 13: Triangulo de potencia



Fuente: Elaborado por los autores

Como se puede observar en el triángulo de la figura 10, el factor de potencia ó $\cos \phi$ representa el valor del ángulo que se forma al representar gráficamente la potencia activa (P) y la potencia aparente (S), es decir, la relación existente entre la potencia real de trabajo y la potencia total consumida por la carga o el consumidor conectado a un circuito eléctrico de corriente alterna.

Tabla 3: Factor de potencia valores comprendidos desde 0 hasta 1

Carga	Capacitiva			Efectiva	Inductiva		
Φ	90°	60°	30°	0°	-30°	-60°	-90°
$\cos \phi$	0	0.5	0.87	1	-0.87	-0.5	0
Potencia	Reactancia			Real	Reactancia		
	100%			100%	100%		

Fuente: Elaborada por autores

Controlador Lógico Programable (PLC)

Instrumento electrónico, que utiliza memoria programable para guardar instrucciones sobre la implementación de determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias de acciones, especificaciones temporales, contadores y cálculos para el control mediante módulos de E/S analógicos o digitales sobre diferentes tipos de máquinas y de procesos, según normativa IEC – 61131 ver figura 14.

Figura 14: Controlador Lógico Programables PLC 1200



Fuente: Tomada del catálogo de SIEMENS

Estructura funcional de un sistema de autómatas programables

- Función de tratamiento de la señal.
- Función de interfaz con los sensores y actuadores.
- Función de comunicación.
- Función de interfaz hombre-máquina.
- Funciones de programación, puesta a punto, ensayo y documentación.
- Funciones de alimentación de corriente

Características

- Generales. Uso eficaz del sistema del AP y sus periféricos, reducción de errores, fatiga y riesgo para el operario.
- Indicadores de estado, para CPU's, fuentes de alimentación y el sistema de E/S.
- Pantallas y teclados. Visibilidad, disposición, confirmaciones, ...
- Otras recomendaciones. Ventiladores, acabado superficial, aristas vivas, portabilidad.

Las condiciones de servicio y requisitos del entorno físico para el adecuado funcionamiento de los equipos autómatas programables es la absoluta responsabilidad del usuario que no se rebasen las condiciones de servicio, según normativa IEC – 61131.

- Condiciones de servicio normales:

Condiciones del entorno físico: temperatura, humedad, contaminación, inmunidad a la corrosión, altitud.

Condiciones de servicio y requisitos eléctricos: alimentaciones, ruido eléctrico, sobretensiones, etc.

- Condiciones de servicio especiales.

Polvo, humo, partículas radiactivas, vapores, sales, insectos, pequeños animales, etc.

- Requisitos para el transporte y almacenaje:

Temperatura, presión atmosférica, humedad relativa.

Sentron Pac3200

Según (SIEMENS, EPCOS BY, pag 1, 2015) Los multimedidores SENTRON PAC3200 poseen una interfaz Ethernet integrada y, por lo tanto, no requieren hardware adicional. De esta manera se ahorran costos y un espacio considerable.

Así, los instrumentos se pueden configurar a través de redes LAN, y a través de estas también pueden transmitirse confiablemente los datos de medición utilizando Modbus TCP. Estos multimedidores no sólo ofrecen esta posibilidad sino otras alternativas para una transmisión de datos realmente universal ver figura 15.

Figura 15: Medidor de Energía SENTRO PAC3200



Fuente: Tomada del catálogo de SIEMENS

Los medidores que se instalen en condiciones ambientales cálidas, húmedas o corrosivas deben estar protegidos para dichos efectos. En ciertos casos, el proponente deberá indicar las consideraciones de carácter constructivo adoptadas en la fabricación del medidor, según normativa IEC – 62053.

El SENTRON PAC3200 puede conectarse en redes monofásicas o polifásicas con y sin conductor neutro. Una particularidad importante es que permite medir en forma directa tensiones de fase de hasta 830 V. Por lo tanto, el instrumento SENTRON PAC3200 se puede utilizar sin problemas en redes de 690 V.

Además, podrán realizarse mediciones por medio de transformadores de tensión requiriendo sólo el ajuste correspondiente a la relación de transformación. Las entradas para corrientes fueron diseñadas para mediciones con transformadores de intensidad de 1 A ó 5A.

Condiciones Ambientales

Los medidores deben ser aptos para funcionar en las condiciones de temperatura y humedad relativa indicadas en las secciones 6.1 y 6.2 de la Norma IEC – 62052.

Instalación de equipos

Agrupan el conjunto de reglas a respetar en el proyecto de ejecución de una instalación eléctrica o parte de la misma, con el fin de asegurar:

- La alimentación de los receptores en correctas condiciones (tensión, frecuencia, continuidad del servicio).
- La seguridad de las personas y los bienes.
- La conservación en el tiempo de sus características.

Es claro entonces, que el cumplimiento de reglamentos y normas ayuda fuertemente a que se proyecte una instalación segura esto implica: según la norma IEC – 60364, [30].

1. Protección de las personas
2. Protección del entorno
3. Protección de los equipos alimentados
4. Protección de los componentes de la instalación

Comunicación Ethernet

Ethernet/IP es un protocolo de red en niveles para aplicaciones de automatización industrial. Basado en los protocolos estándar TCP/IP, utiliza los ya bastante conocidos hardware y software Ethernet para establecer un nivel de protocolo para configurar, acceder y controlar dispositivos de automatización industrial. Ethernet/IP clasifica los nodos de acuerdo a los tipos de dispositivos preestablecidos, con sus actuaciones específicas.

Transformadores de corriente

Según (Hincapie, Marin, pag 27, 2012), un transformador de corriente o “TC” ver figura 16. es el dispositivo que nos alimenta una corriente proporcionalmente menor a la del circuito. Es de aclarar que un transformador de corriente por su aplicación se puede subdividir en transformador de medición y transformador de protección, no obstante los transformadores se diseñan para realizar ambas funciones y su corriente nominal por secundario puede ser de 1 ó 5 Amperios, es decir desarrollan dos tipos de funciones, transformar la corriente y aislar los instrumentos de protección y medición conectados a los circuitos de alta tensión.

Figura 16: Muestra un transformador de corriente tipo barra



Fuente: Tomada del catálogo de Stanley

Tipos de transformadores según su aplicación

Los transformadores de corriente pueden ser de medición, de protección, mixtos o combinados.

- **Transformador de medición:** son los transformadores cuya función es medir, requieren reproducir fielmente la magnitud y el ángulo de fase de la corriente, su precisión debe garantizarse desde una pequeña fracción de corriente nominal del orden del 10% hasta un exceso de corriente del orden del 20%, sobre el valor nominal.
- **Transformador de protección:** son los transformadores cuya función es proteger un circuito, requieren conservar su fidelidad hasta un valor de veinte veces la magnitud de la corriente nominal, cuando se trata de grandes redes con altas corrientes puede ser necesario requerir 30 veces la corriente nominal.
- **Transformadores mixtos:** en este caso, los transformadores se diseñan para una combinación de los dos casos anteriores, un circuito con el núcleo de alta precisión para los circuitos de medición, y uno o dos circuitos más, con sus núcleos adecuados para los circuitos de protección.
- **Transformadores combinados:** son aparatos que bajo una misma cubierta albergan un transformador de corriente y otro de tensión, mayormente usados en estaciones de intemperie fundamentalmente para reducir espacios.

Software de Adquisición de Datos LABVIEW de National Instruments

Según (Instruments, National, pag 13, 2018), menciona que LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es un lenguaje de programación gráfico diseñado por National Instruments, para el diseño de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control, en la figura 17.

Figura 17: Logotipo de LabView



Fuente: Tomada del National Instruments Corporation

Labview permite diseñar interfaces de usuario mediante una consola interactivo basado en software.

Es un sistema de programación de propósito general con librerías y funciones para diversas tareas. En particular incluye librerías para:

- Adquisición de Datos.
- GPIB
- Control serial de Instrumentos.
- Análisis de Datos.
- Presentación de Datos.
- Almacenamiento de Datos

Posee un entorno de programación destinado al desarrollo de aplicaciones, similar a los sistemas de desarrollo comerciales que utilizan el lenguaje C o Basic.

Sin embargo, se diferencia de dichos programas en un importante aspecto: los citados lenguajes de programación se basan en líneas de texto para crear el código fuente del programa, mientras que LabView, emplea la programación gráfica o lenguaje G para crear programas basados en diagramas de bloques.

9. PREGUNTA CIENTÍFICA O HIPOTESIS

¿Con la implementación del módulo didáctico permitirá visualizar de manera gráfica la corrección del factor de potencia y el comportamiento de las magnitudes eléctricas para los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica?

Operacionalización de variables

Variable dependiente: Implementación del módulo didáctico.

Tabla 4: Variable dependiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumentos
1. Implementación de cargas eléctricas.	Calidad de la energía	Parámetros eléctricos	Comunicación y programación	LabView

Fuente: Elaborado por los autores

Variable independiente: Visualizar de manera gráfica la corrección del factor de potencia

Tabla 5: Variable independiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumentos
1. Corrección del factor de potencia	KW-KVA-KVAR-cos α	Cargas inductivas y capacitivas	Medición. Observación.	Banco de capacitores
2. Ángulo de desfase	cos α .	Cargas inductivas y capacitivas	Observación.	LabView

Fuente: Elaborado por los autores

10. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la implementación del módulo didáctico se procede a realizar el diseño experimental con respecto al tipo de investigación que abarca el desarrollo del módulo, para ello se determina los 3 tipos de investigaciones que son: bibliográfica, de campo y experimental. Nos brindan para obtener resultados que van acorde a la implementación del módulo.

Bibliográfica

Nos basamos en la recopilación de información básica y criterios técnicos tomados de libros, revistas y artículos científicos que interviene en el tema, de esta manera obtuvimos conocimientos y conceptos claros sobre temas que abarcan para la corrección del factor de potencia, bancos de capacitores y sus tipos

Campo

Para esta investigación tuvimos que trasladarnos al área donde va ser instalado el módulo en este caso al laboratorio de máquinas eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi y determinar los parámetros eléctricos que va a tener la alimentación del módulo.

Experimental

La investigación bibliográfica y de campo nos permite llegar a concretar este tipo de investigación ya que a través de los conocimientos teóricos y prácticos se pudo establecer datos y parámetros que necesitamos para la implementación del módulo, en este caso tenemos una red trifásica.

Métodos

Método inductivo: a través de las pruebas realizadas en los laboratorios de electromecánica determinamos los variables que se relacionan con los parámetros eléctricos de las cargas a ser implementadas en el módulo, los mismos que intervienen a la hora de realizar la corrección del factor de potencia.

Técnicas

Observación: a través de una investigación de campo realizada con respecto al factor de potencia de cargas se observó que tanto cargas capacitivas como inductivas poseen un desfase entre las ondas de voltaje y corriente, las mismas que se puede dar solución llegando a compensar la energía reactiva para dicho proceso.

Cálculo: con la ayuda de las ecuaciones determinamos el dimensionamiento de equipos principales que intervienen en el módulo tales como capacitores, carga inductiva, carga capacitiva y resistiva.

Análisis: para la toma de decisiones fue de gran aporte el análisis sobre los cálculos realizados al dimensionamiento y selección de cada uno de los equipos a instalarse en el módulo.

Conclusión

Para la visualización didáctica de los parámetros eléctricos de las cargas se requiere de un software de visualización en este caso LabView que es un programa interactivo.

Para la corrección del factor de potencia se necesita de un correcto dimensionamiento de los capacitores ya que esto es inversamente proporcional a la carga.

Para la corrección del factor de potencia la conexión de los capacitores influye de manera relevante ya que su configuración tanto delta o estrella depende del paso de corriente por cada bobina siendo la configuración estrella la más adecuada.

Instrumentos

Multímetro

Equipo electrónico muy utilizado en la industria ya que nos ofrece la posibilidad de medir distintos parámetros eléctricos y magnitudes en el mismo equipo llegando a ser un equipo muy indispensable a la hora de realizar mediciones.

Transformadores de corriente

Son equipos que dependen de su construcción y para su aplicación ya sea para medición o protección son capaces de realizar estas dos funciones, en este caso nos permitió la lectura de corriente para el medidor de energía.

Medidor Sentron PAC 3200

El medidor de energía Siemens Sentron PAC3200 es un instrumento que permite la visualización de los parámetros de red más relevantes. Además de medir los valores de magnitudes eléctricas como tensiones y corrientes, permite también medir la potencia aparente, reactiva, efectiva y valores de energía.

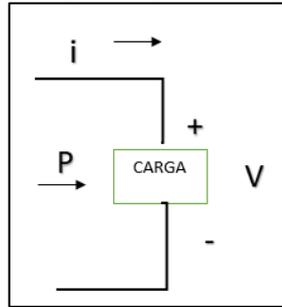
Ecuaciones

Son ecuaciones expresiones algebraicas matemáticas que nos permite determinar las variables de voltaje, corriente, potencia y ángulo de desfase.

Carga eléctrica

Según (Carlos, Garza pag 32, 2014), , manifiesta que desde el surgimiento de los sistemas eléctricos de corriente alterna se observaron los efectos nocivos del desfasamiento entre la corriente y la tensión producido por la presencia de bobinas y capacitores en el sistema y caracterizados por la potencia reactiva, ver figura 18. La potencia proporcionada a una carga en cualquier instante es igual al producto del voltaje aplicado y la corriente resultante.

Figura 18: Esquema típica de carga eléctrica



Fuente: Elaborado por autores

$$v_t = v_m \text{sen}(\omega t + \theta_v)$$

Ecuación [1]

Donde:

v_t es la tensión para un determinado instante [v], v_m es el valor máximo de la tensión, ω es la velocidad angular [grados /s o rad / s], t es el tiempo para el cual calculamos la tensión [s], θ_v es el ángulo de fase inicial [grado o rad]

Características de la onda senoidal

Según (David, Londoño, pag 27, 2013), menciona que la gráfica que representa esta expresión se muestra en la figura 20. Donde V_m representa la amplitud de la onda sinusoidal, ω representa la frecuencia angular en (radianes/s). En la figura 19 (a), $(V_m \text{sen}\omega t)$ se grafica en función del argumento (ωt), donde se muestra que la onda senoidal es periódica. Se ve que la función se repite cada (2π) radianes y por lo tanto su periodo es (2π) radianes. En la figura 19 (b), $(V_m \text{sen}\omega t)$ se grafica en función de t y por eso ahora el periodo es T . Una onda senoidal con periodo T , debe recorrer $1/T$ periodos cada segundo; la frecuencia f es $1/T$ Hertz (Hz), de manera que.

$$f = \frac{1}{T}[\text{Hz}]$$

Ecuación [2]

$$\omega T = 2\pi[\text{rad}]$$

Ecuación [3]

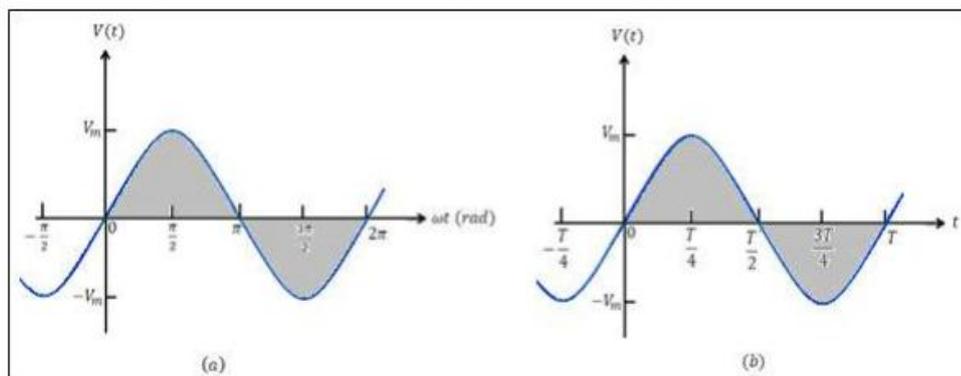
De esta manera, entre la frecuencia y la frecuencia radian es:

$$\omega = 2\pi f$$

Ecuación [4]

Donde F es la frecuencia [Hz], ω es la velocidad angular [rad], T es el periodo.

Figura 19: Función senoidal (a) en función ωt y (b) en función de t



Fuente: Tomado de manual de simulación de circuitos Londoño

Fasores

Una función senoidal ya sea de tensión o de corriente puede ser representada como un fasor, el cual es un número complejo que se caracteriza por tener dos parámetros: amplitud y ángulo de fase de una senoidal. Al expresar los senoidales en términos de fasores se hace más fácil trabajar que con las funciones seno y coseno.

Para determinar el fasor correspondiente a una senoidal, el primer paso es expresar la senoidal en forma de coseno para que de esta forma sea posible escribirla como la parte real de un número complejo. Al eliminar el factor de tiempo se logra que la senoidal que está en el dominio del tiempo pase al dominio fasorial. Este cambio se resume de la siguiente manera.

$$V_t = V_m \cos(\omega t + \theta) \quad \leftrightarrow \quad V = V_m \angle \theta \quad \text{Ecuación [5]}$$

Dominio del tiempo

Dominio de la frecuencia

Es importante expresar la información en diferentes dominios sobre todo en áreas de la ingeniería, por eso, cuando se tiene un fasor, la representación en el dominio fasorial se obtiene como la función coseno con la misma magnitud y la expresión ωt más la fase del fasor.

Desfase entre las ondas de corriente y tensión

Según (Calos, Campos Avella Juan, pgg 28, 2010), menciona que el tipo de carga eléctrica determina en un circuito la impedancia y la posición de la onda de la corriente respecto a la onda de la tensión. Es decir la corriente en el circuito se puede descomponer en dos tipos de corriente, la corriente resistiva, en fase con la tensión, y la corriente reactiva, desfasada 90 grados respecto a la tensión.

$$I_R = \frac{V}{R} = I \cdot \cos\theta \quad \text{Ecuación [6]}$$

$$I_X = \frac{V}{R} = I \cdot \text{Sen}\theta \quad \text{Ecuación [7]}$$

Donde I_R es la corriente resistiva [A], I_x es la corriente reactiva [A], V = voltaje [V], R es la resistencia [ohmios], θ es el ángulo de desfase [rad o grados].

Respuesta senoidal de los elementos pasivos

Ecuación de circuito resistivo

Su comportamiento es el mismo en corriente alterna senoidal.

Considerando el criterio de signos y sentidos adoptados tendremos:

Ecuación temporal.

$$V = R \cdot I \quad \text{Ecuación [8]}$$

$$V = \sqrt{2} \cdot V_m \cdot \cos(\omega t + \theta) \quad \text{Ecuación [9]}$$

$$i = \sqrt{2} \cdot I_m \cdot \cos(\omega t + \theta) \quad \text{Ecuación [10]}$$

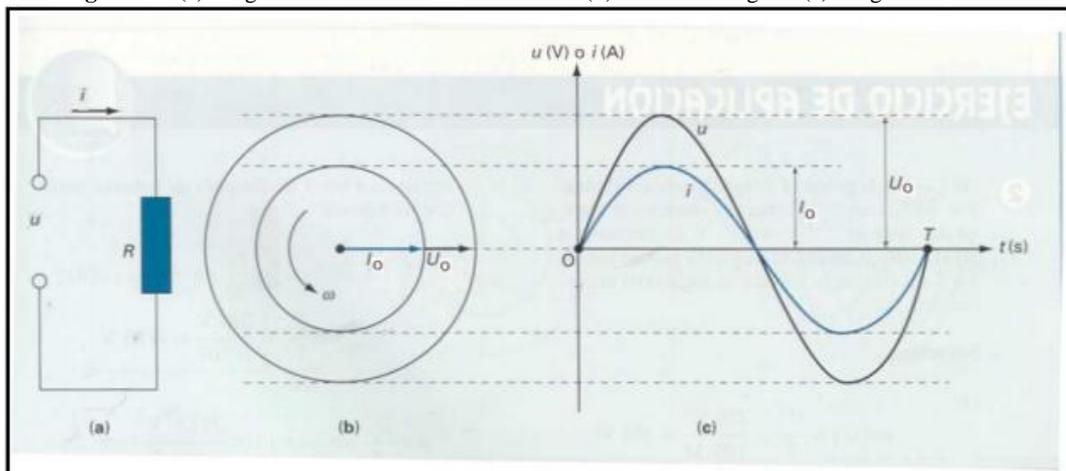
$$V_0 = \sqrt{2} \cdot V \quad \text{Ecuación [11]}$$

$$I_0 = \sqrt{2} \cdot I \quad \text{Ecuación [12]}$$

Donde V es el voltaje, R es la resistencia, i es la corriente, V_0 es el Voltaje medido, I_0 es la corriente medida, V_m es el Valor eficaz de la tensión, I_m es el Valor eficaz de la corriente ω es la velocidad angular.

La ecuación temporal anterior se puede expresar simbólicamente mediante ecuaciones con complejos, de esta forma se puede enunciar en la figura 20:

Figura 20: (a) Diagrama unifilar de circuito resistivo (b) Velocidad angular (c) Diagrama senoidal



Fuente: Tomada del informe Introducción a la Electricidad

Ecuación de circuito inductivo

Según (José, Garriós pag 26, 2011), menciona que “se produce un desfase de 90° de retraso de la corriente” ver figura 21.

La corriente a través del circuito toma el valor:

$$I = \frac{V}{X_L} \quad \text{Ecuacion [13]}$$

Al término X_L se le llama reactancia inductiva o inductancia, y se halla por la expresión:

$$X_L = L \cdot \omega = l \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \quad \text{Ecuacion [14]}$$

Donde X_L es la Reactancia inductiva en [Ohmios], L es el Coeficiente de autoinducción Henrios [H], f es la Frecuencia den Hertzios [Hz]

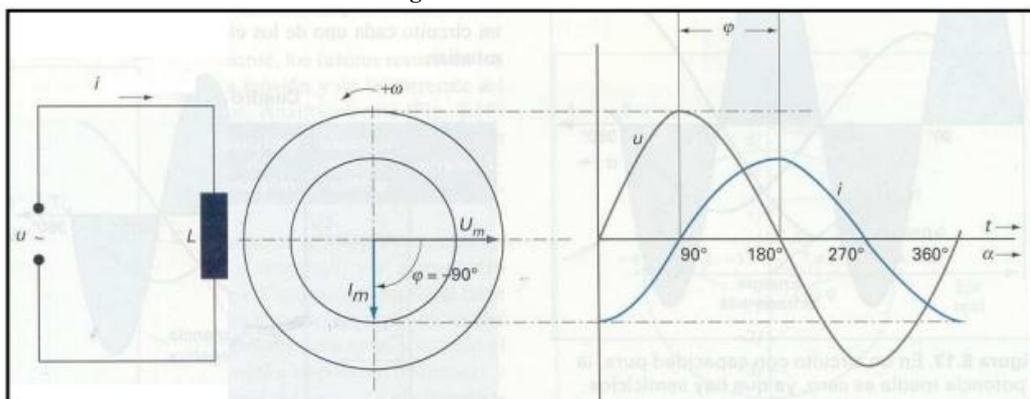
Los valores reales del voltaje e intensidad se pueden obtener mediante la expresión temporal indicada con solo sustituir las expresiones:

$$V = \sqrt{2} \cdot V_m \cdot \cos(\omega t + \theta) \quad \text{Ecuacion [15]}$$

$$i = \sqrt{2} \cdot I \cdot \cos\left(\omega t + \theta - \frac{\pi}{2}\right) = \sqrt{2} \cdot \frac{U}{\omega L} \cdot \cos\left(\omega t + \theta - \frac{\pi}{2}\right) \quad \text{Ecuacion [16]}$$

Donde V es el voltaje [V], i es la corriente [A], V_m es el Valor eficaz de la tensión [V], I es el Valor eficaz de la corriente [A], ω es la velocidad angular [rad], L es el Coeficiente de autoinducción Henrios [H].

Figura 21: Circuito Inductivo



Fuente: Tomada del informe Introducción a la Electricidad

Ecuación de circuito capacitivo

Se produce un desfase de 90° de adelanto de la corriente ver figura 22.

$$I = \frac{V}{X_C} \quad \text{Ecuación [17]}$$

Al término X_C se le denomina reactancia capacitiva y se calcula por la expresión:

$$X_C = \frac{1}{C \cdot \omega} = \frac{1}{C \cdot 2 \cdot \pi \cdot f} \quad \text{Ecuación [18]}$$

Donde X_C es la Reactancia capacitiva en [ohmios], C es la Capacidad en faradios [F], f es la Frecuencia en Hertzios [Hz]

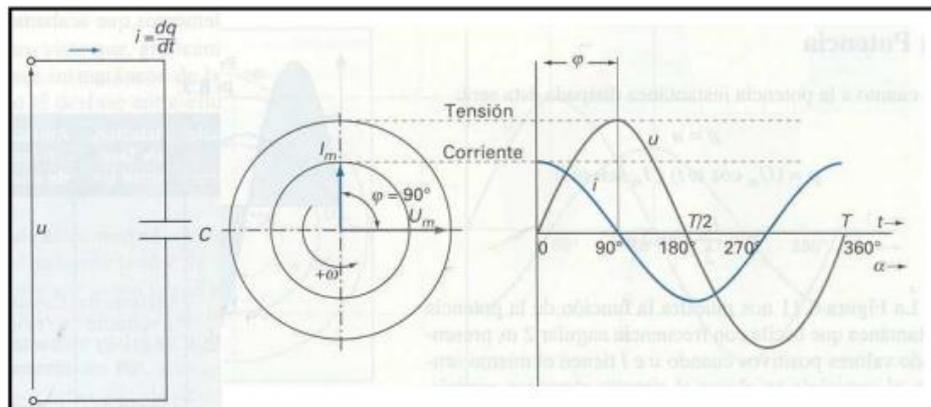
Los valores reales del voltaje e intensidad se pueden obtener mediante la expresión temporal indicada con solo sustituir las expresiones:

$$V = \sqrt{2} \cdot V_m \cdot \cos(\omega t + \theta) \quad \text{Ecuación [19]}$$

$$i = \sqrt{2} \cdot I \cdot \cos\left(\omega t + \theta + \frac{\pi}{2}\right) = \sqrt{2} \cdot \omega C \cdot \cos\left(\omega t + \theta_u - \frac{\pi}{2}\right) \quad \text{Ecuación [20]}$$

Donde V es el voltaje [V], i es la corriente [A], V_m es el valor eficaz de la tensión [V], I es el valor eficaz de la corriente [A], ω es la velocidad angular [rad], C es la Capacidad en faradios [F].

Figura 22: Circuito Capacitivo



Fuente: Tomada del informe Introducción a la Electricidad

Tipos de potencia

Ecuación de potencia activa (P)

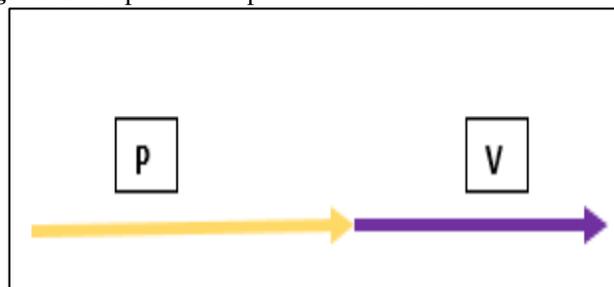
Según la (RTR pag 7, 2016), “se refiere que la energía que realmente se aprovecha cuando se pone a funcionar un equipo eléctrico y realiza un trabajo”.

$$p = I.V.\cos\varphi = I.Z.I.\cos\theta = I^2.Z.\cos\theta = I^2.R \text{ [W]} \quad \text{Ecuación [21]}$$

Donde I es la corriente [A], Z es la impedancia[Ω], $\cos\theta$ es el coseno del ángulo.

La potencia activa P, por originarse por la componente resistiva, es un vector a cero grados, como se puede apreciar en la figura 23.

Figura 23: Representa la potencia activa P en fase con tensión V



Fuente: Elaborado por autores

Ecuación de potencia reactiva (Q)

Aparatos eléctricos que poseen algún tipo de bobina para crear un campo electromagnético.

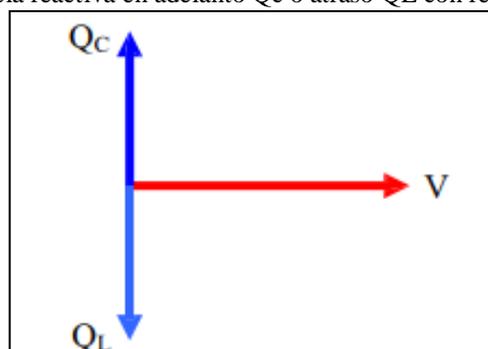
$$Q = I.V.\sen\theta = I.Z.I.\sen\theta = I^2.Z.\sen\theta = s.\sen\theta \text{ [VAR]} \quad \text{Ecuación [22]}$$

Donde Q es la potencia reactiva [KVAR], I es la corriente [A], Z es la Impedancia [Ω]

$\text{Sen } \theta =$ seno del ángulo

Lo que reafirma en que esta potencia es debida únicamente a los elementos reactivos, los cuales pueden ser del tipo inductivo Q_L o capacitivo Q_C , ver Figura 24.

Figura 24: Potencia reactiva en adelanto Q_C o atraso Q_L con respecto a la tensión



Fuente: Tomada del informe Corrección del factor de potencia

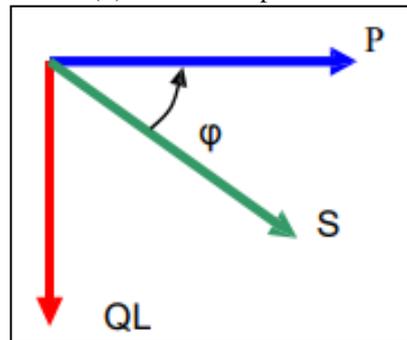
Ecuación de potencia aparente (S)

Representan la potencia total que se toma de la red de distribución eléctrica, que es igual a toda la potencia que entregan los generadores en las plantas eléctricas, ver figura 25.

$$S = I.V = I.Z.I = I^2.Z \text{ [VA]} \quad \text{Ecuacion [23]}$$

Donde I es la corriente [A], Z es la impedancia [Ω], S es la potencia aparente [KVA]

Figura 25: Vector resultante (S) de sumar la potencia activa y la potencia reactiva



Fuente: Tomada del informe Corrección del factor de potencia y Control de demanda

Ecuación trifásico factor de potencia (Fp)

El factor de potencia (fp), al introducir cargas inductivas y reactivas, el factor de potencia varía retrasando o adelantando la fase de la intensidad respecto a la de la tensión.

En un circuito trifásico equilibrado la potencia activa (P), reactiva (Q) y aparente (S) se expresan como:

$$P = \sqrt{3}V.I.\text{Cos}\varphi \quad \text{Ecuación [24]}$$

$$Q = \sqrt{3}V.I.\text{Sen}\varphi \quad \text{Ecuación [25]}$$

$$S = \sqrt{3} V.I = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \text{Ecuación [26]}$$

Donde P es la potencia activa [Kw], Q es la Potencia reactiva [KVAR], S es la Potencia aparente [kVA].

Cálculo de la potencia capacitiva

Una vez determinado el FP de la instalación, es necesario decidir el factor de potencia deseado para eliminar la Energía Reactiva (fp deseado) que será un valor lo más próximo a la unidad.

El valor definido por la diferencia de tangentes se denomina “factor k” y sus valores más habituales se resumen en la tabla de la página siguiente. Una vez definidos y calculados los valores k y F se puede calcular la potencia capacitiva necesaria (PkVAr) medida en kVAr para la compensación del factor de potencia.

Cálculo de potencia inicial y deseada

En la siguiente tabla se aprecia los parámetros eléctricos necesarios para el cálculo del capacitor a través de las potencias tanto iniciales como deseadas.

$$k = \tan(\varphi_{inicial} - \varphi_{deseado}) \quad \text{Ecuación [27]}$$

$$Q_c = Kw * k \quad \text{Ecuación [28]}$$

Donde:

ψ inicial = ángulo de factor de potencia inicial

ψ deseado = ángulo de factor de potencia deseado

Motor trifásico

$$\cos\theta_1 = 0.83$$

$$\cos\theta_2 = 0.92$$

$$P = 3.73kw$$

$$\cos\theta_1 = \frac{P}{S_1} \quad \text{CONDICION INICIAL}$$

$$S_1 = \frac{3.73}{0.83} = 4.4939 \text{ KVA}$$

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P^2}$$

$$Q_1 = \sqrt{4.4939^2 - 3.73^2}$$

$$Q_1 = 2.5065 \text{ KVAR}$$

Condición deseada

$$Q_2 = P * \tan\theta_2$$

$$Q_2 = 3.73 * \tan(23.07)$$

$$Q_2 = 1.5889 \text{ KVAR} = 2 \text{ KVAR}$$

$$Q_c = Q_T - Q_2$$

$$Q_c = 2.5065 - 1.5889$$

$$Q_c = 0.9176 \text{ KVAR}$$

Capacidad del capacitor

$$Q = \frac{POTENCIA REACTIVA}{V^2 * 2\pi * F}$$

$$Q = \frac{0.9176}{220^2 * 2\pi * 60} = 5.028945447 \times 10^{-8} \text{ uf}$$

Controlador Lógico Programable (PLC) características

El PLC SIMATIC S7 – 1200 está disponible en cuatro versiones de CPU que trabajan con una alimentación de voltaje entre 85 y 264 VAC a una frecuencia de operación entre 47 y 63 Hz, estas opciones de CPU se diferencian por su capacidad de memoria y principalmente por la cantidad de entradas y salidas disponibles como se referencia en la tabla 6.

Tabla 6: Característica del PLCS71200

Parámetro	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C	CPU 1215C
Dimensiones	90 mm 100 mm 75 mm	90 mm 100 mm 75 mm	100 mm 100 mm 75 mm	130 mm 100 mm 75 mm
E/S	6 entradas 4 salidas	8 entradas 6 salidas	14 entradas 10 salidas	14 entradas 10 salidas
E/S analógicas integradas	2 entradas	2 entradas	2 entradas	2 entradas
Memoria de trabajo	30 KB	50 KB	75 KB	100 KB
Memoria de carga	1 MB	1 MB	4 MB	4 MB
Puerto de comunicación	1 Ethernet	1 Ethernet	1 Ethernet	2 Ethernet

Fuente: Desarrollado por los autores

SENTRON PAC3200 características

Tabla 7: Características del SENTRO PAC3200

Captación continua de señales		
Entradas de medición para tensión	3CA;UL-L/UL-N;CAT III	max 690/400V
fuelle de alimentación de rango amplio	CA / CC	95 a 240 V CA 50/60 Hz +/- 10%
Medición con transformadores de tensión	Para tensiones > 500V	x
Dirección de corriente	Programable	x
Medición a través de transformadores de intensidad		x
Dimensiones	Ax hx P (mm)	96x96x56

Profundidad de montaje sin módulo de ampliación	(mm)	51
Clase de protección		II
Tipo de protección	Frontal	IP65
Temperatura de Funcionamiento	° C	min -10 max 55
Humedad relativa ambiente en funcionamiento	A 25°C sin condensación	95%
Grado de ensuciamiento		2

Fuente: Desarrollado por los autores

Transformadores de corriente

Tabla 8: Características del transformador de corriente

Frecuencia	50 /60 hz
Tensión de aislamiento	10kv C.A.
Corriente térmica de cortocircuito I_n	60 I_n
Tensión más elevada para el material	0,72 KV C.A.
Clase térmica	B (130 °C)
Tipo de encapsulado	Plástico VO auto extingible
Factor de seguridad	$F_R 5$
Bornes secundarios	Si
Terminales secundarios	IP 20
Fijación en carril DIN	TC5 y TC6
Normas	
IEC 44 – 1, B52627	

Fuente: Desarrollado por los autores

Elección de un transformador de corriente

- **Tipo de instalación:** si es de interior o intemperie. Se deberá tener en cuenta la altitud para alturas superiores a 1.000 metros sobre el nivel del mar.
- **Nivel de aislamiento:** definido por tensión máxima permanente admisible de servicio U_m en kV.

- **Relación de transformación nominal:** las relaciones de transformación nominal deberán ser normalizadas, tal y como quedan indicadas en la norma IEC.
- **Potencia nominal:** según la carga a conectar en el secundario se adoptará uno de los valores de potencia de precisión especificados en la norma. Conviene no sobredimensionar excesivamente la potencia del transformador. Si el secundario tiene una carga insuficiente, se puede intercalar una resistencia para compensar.
- **Número de secundarios:** si se desea realizar medida y protección a partir de un mismo transformador, serán necesarios tantos secundarios como usos se deseen obtener del mismo.

Aplicaciones de LabVIEW

National Instrument manifiesta que, Labview tiene su mayor aplicación en sistemas de medición, como monitoreo de procesos y aplicaciones de control, un ejemplo de esto son los sistemas de monitoreo en transportación. Es muy utilizado en procesamiento digital de señales, procesamiento en tiempo real de aplicaciones biomédicas, manipulación de imágenes y audio, diseño de filtros digitales, generación de señales, visión artificial, automatización en general, entre otros.

Un VI (instrumento virtual)

Un instrumento virtual o VI es representado por los componentes de un proyecto virtual de labview, al abrir un proyecto nuevo o uno creado anteriormente. Un VI está formado por los siguientes componentes principales:

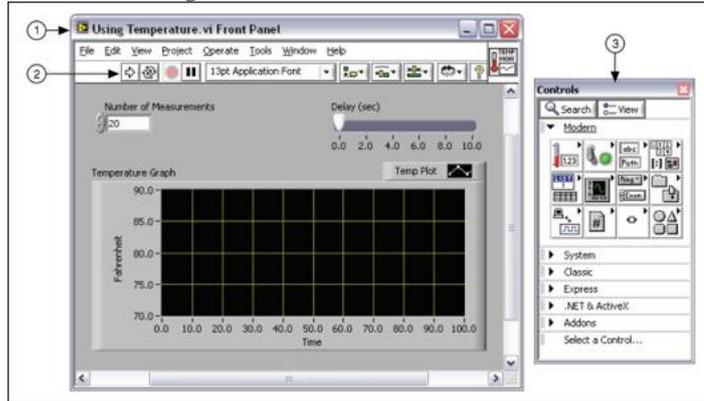
- Panel frontal
- Diagrama de bloques

Panel frontal

Un instrumento real tiene un panel frontal donde están sus botones, pantallas, pulsadores, controladores, etc. y una circuitería interna. El interfaz del usuario interactivo de un VI se denomina panel frontal, ya que él simula el tablero de un instrumento físico.

Los controles simulan instrumentos de entradas de equipos y suministra datos al diagrama de bloques del VI, estos pueden ser botones, botones de empuje, marcadores y otros componentes de entrada como se muestra en la figura 26.

Figura 26: Panel frontal de LabView

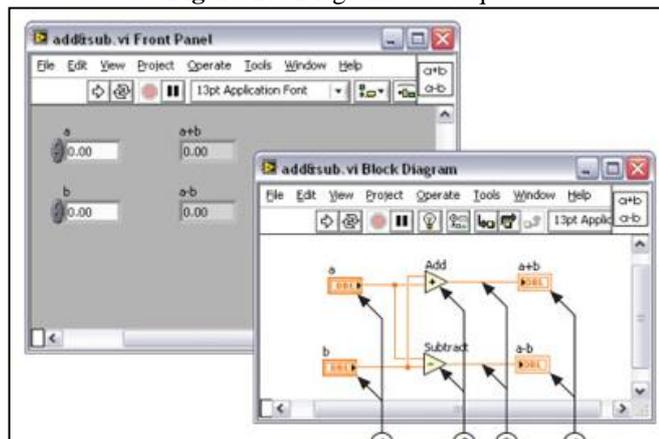


Fuente: Tomada del National Instruments Corporation

Diagrama de bloques

El diagrama de bloques constituye el código fuente del VI y es su parte complementaria, en donde los objetos del panel frontal aparecen como terminales. Los VIs son jerárquicos y modulares y pueden usarse como programas principales, o como subprogramas dentro de otros programas. En la figura 27 se puede ver una programación hecha en el diagrama de bloques para la adquisición de imágenes y procesamiento de las mismas.

Figura 27: Diagrama de bloque

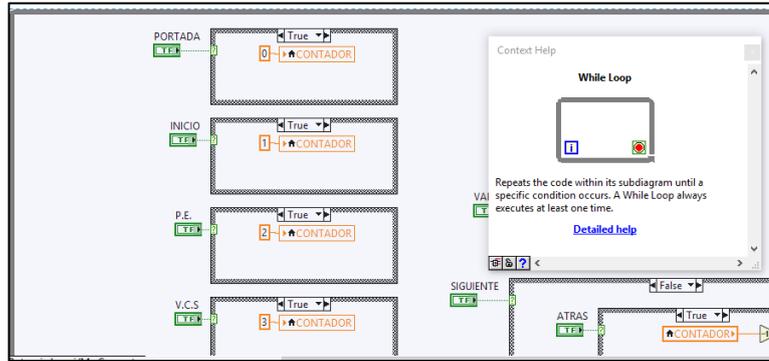


Fuente: Tomada del National Instruments Corporation

Estructura While Loop

La estructura While nos permite que toda la secuencia que se encuentra dentro de esta se repitan una cantidad de veces cuando esta sea verdadera, esto se ejecutara las funciones que se encuentren dentro del cuadro del ciclo ver figura 28.

Figura 28: Estructura While Loop



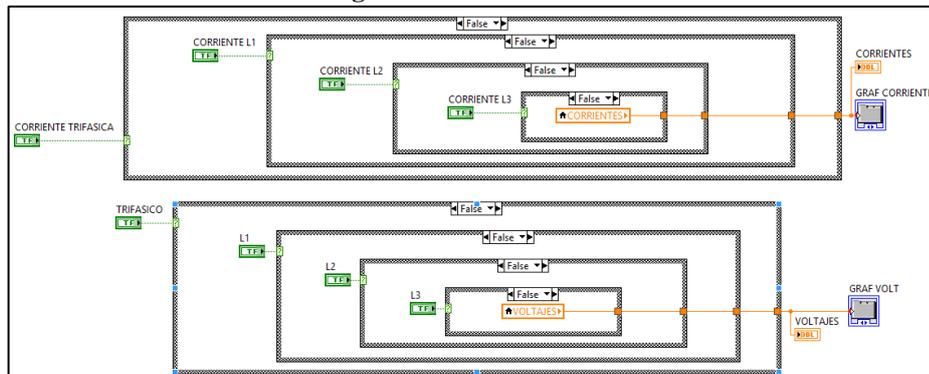
Fuente: Tomada del National Instruments Corporation

Estructura Case

Este tipo de estructura existe dos sub diagramas booleanas false y true en las que determinas las condiciones para que se ejecute por ende nos permite hacer varias portadas como es el inicio el enlaces de pantallas como es el siguiente y el retroceso de las portadas, ver figura 29.

Como es factible también las lecturas de la corriente, el voltaje los cuales imparte los valores de léídos del medidor de energía SENTRO PAC3200.

Figura 29: Estructura Case

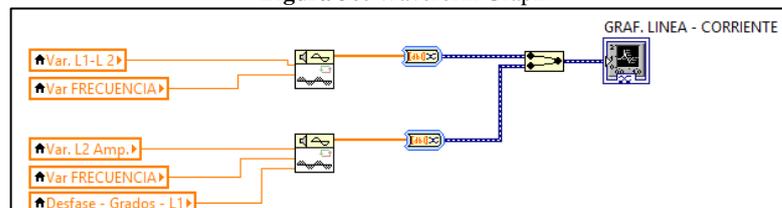


Fuente: Tomada del National Instruments Corporation

Gráfica Waveform Graph

De acuerdo a los datos léídos de voltaje, corriente es posible visualizar por medio de este bloque Waveform Graph, que es un indicador numérico de los valores de los parámetros extraídos por el medidor de energía de voltaje entre L1-L2, L2-L3, L1-L3 y L1-N, L2-N, L3-N ver figura 30.

Figura 30: Waveform Graph

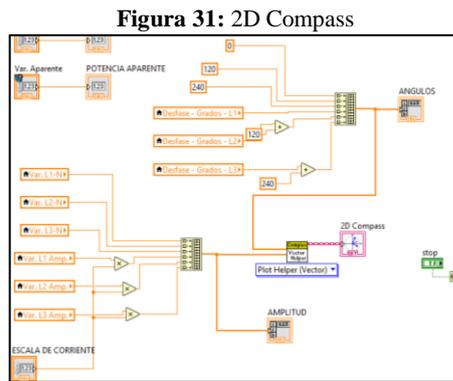


Fuente: Tomada del National Instruments Corporation

Para la gráfica del factor de potencia se lo realizo con el mismo bloque Waveform Graph realizando una comparación matemática lo cual se lee el factor de potencia para lo cual se necesita para poder lo corregirlo u optimizar.

Gráfica fasorial 2D COMPASS

Este nos permite crear gráficos ver figura 31, en forma de vectores con el valor de magnitud del voltaje y corriente con sus respectivo desfases de 0, 120 y 240 grados, este tipo permite que este vector inicie desde el centro de la circunferencia.

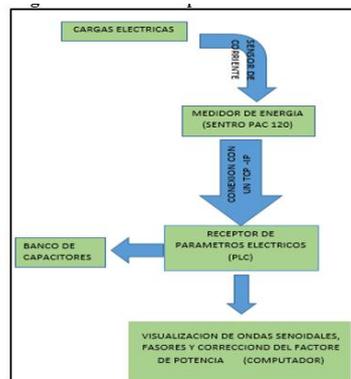


Fuente: Tomada del National Instruments Corporation

Esquema del módulo

En la siguiente figura se muestra de forma esquemática el orden del funcionamiento del módulo a implementar que permitirá interpretar de forma ágil, y veraz el desarrollo de la programación y la secuencia la cual este funciona ver figura 32.

Figura 32: Grafico esquemático del módulo



Fuente: Elaborado por autores

11. DESARROLLO DE LA PROPUESTA (ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS)

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Para el desarrollo del módulo se hizo una adquisición de equipos del laboratorio de máquinas eléctricas, en este caso un computador (características: altek s/n: 5805130600596, Windows 7; procesador AMDE 350D with rateon TM HD graphics 1.6 GHZ memoria RAM 4.00 GB) y un PLC S-7 1200 los mismo que fueron de gran ayuda para la instalación del programa, ya que nos permite visualizar la operación del módulo.

Para el proceso de construcción del módulo de manera secuencial se procede a describir en las siguientes etapas.

Etapas 1 (Programación)

Por medio de la comunicación del PLC S-7 1200, el sentron PAC 3200 (características citadas en la metodología) y el computador (instalado software LabView) través de un puerto de comunicación ethernet todos estos equipos conectados hacia un switch quien nos permite la interacción logrando así la visualización de los parámetros eléctricos de cada una de las cargas en el monitor como se aprecia en el anexo 9 y 10.

Etapas 2 (Estructura)

El acoplamiento de los diferentes equipos ya sea de control y potencia se sitúan en una base metálico, como se aprecia en el anexo 8, y todo este conjunto se empotran en una estructura construida por perfil rectangular ASTM 500 como base para el módulo como se visualiza en el anexo 7.

Etapas 3 (conexión)

Para la conexión de los equipos de control y potencia se debe tener en cuenta el data sheet de cada uno de los equipos acorde a los parámetros eléctricos que necesitan ser alimentados, logrando así un correcto funcionamiento sobre dichos componentes de manera segura y confiable, sin causar ningún tipo de daño, se puede visualizar en el anexo 9 y 10 del diagrama unifilar y multifilar.

Para ello sea ha realizado el correcto dimensionamiento de los conductores por la corriente que cada uno de ellos debe soportar, los cuales se han implementado tres tipos: control, potencia y alimentación.

De acuerdo a las cargas implementadas se ha determinado los diferentes componentes o equipos que van interactuar con las cargas tales como contactores, breakers y reles térmicos por cada uno de ellos van a circular intensidades diferentes.

Etapa 4 (acabado final)

La conexión y empotramiento de los equipos ya sea de control, potencia y programación se puede apreciar en el anexo 11.

Análisis Carga Inductiva

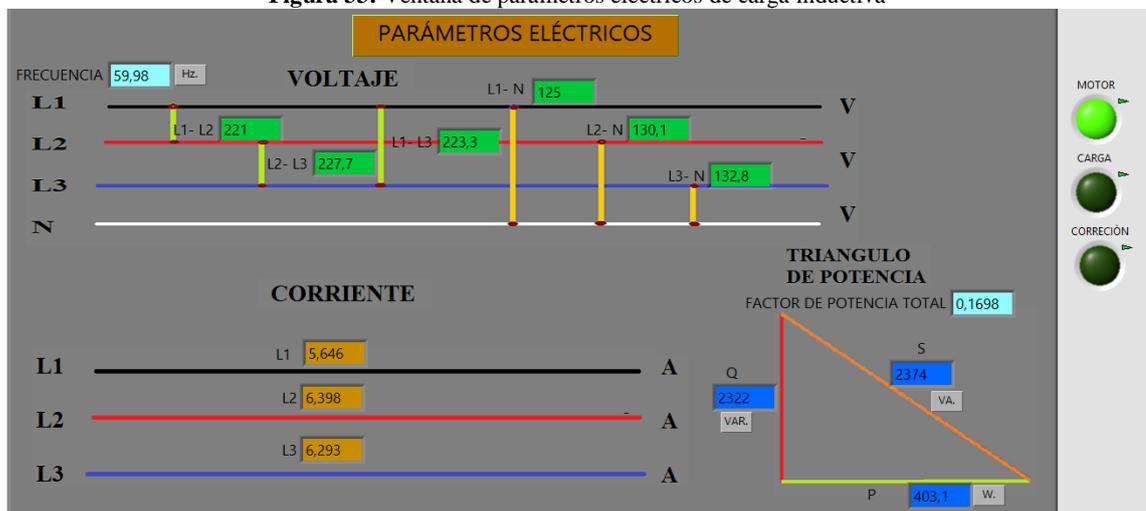
La implementación del módulo es de gran importancia, ya que permitirá el desarrollo de prácticas de corrección de factor de potencia, en el laboratorio de máquinas eléctricas de la universidad, que contribuirá a que se realice análisis del comportamiento de los parámetros eléctricos acorde a las cargas eléctricas instaladas.

En las siguientes graficas se presenta el desarrollo y operación de cada una de las cargas, tomando las medidas de seguridad correspondientes al funcionamiento de cada una de ellas lo que permitirá el desarrollo de las actividades con éxito. Para ello se presenta una síntesis de análisis de cómo se va dando la operación de las cargas como se muestran a continuación.

Carga inductiva

- Los parámetros eléctricos de la carga inductiva donde se representa los valores de tensión, corriente, triangulo de potencias y su factor de potencia ver figura 33.
- Cada uno de estos parametros seran analizados con el objetivo de interpretarlos.

Figura 33: Ventana de parámetros eléctricos de carga inductiva



Fuente: Elaborado por autores

Triangulo de potencia

En la siguiente Tabla 9 se anota los valores de voltaje, corriente, potencias y el factor de potencia.

Tabla 9: Parámetros eléctricos de carga inductiva

Mediciones de carga inductiva			Conexión	Potencia HP	fp	I (A)	Eff (%)
			D	5	0.83	13.9	85
Voltaje [V]	Corriente [A]	Potencia activa [W]	Potencia reactiva [VAR]	Potencia aparente [VA]	Factor de potencia α	Grado de desfase	
L1-N=125	IL1=5.64	403.1	2322	2374	L1=0.28	73.70°	
L2-N=130.1	IL2=6.39				L2=0.04	87.17°	
L3-N=132.8	IL3=6.28				L3=0.18	79.38°	

Fuente: Elaborado por autores

En este punto se realiza los cálculos demostrando que los datos que da el módulo con las formulas.

Potencia Activa

$$P_{3\phi} = VxIx \cos \alpha$$

$$P_{3\phi} = P_1 + P_2 + P_3$$

$$P_{3\phi} = (125.6 \times 5.64 \times 0.28) + (130.1 \times 6.39 \times 0.04) + (132.8 \times 6.28 \times 0.18)$$

$$P_{3\phi} = 381.05W$$

El valor de la potencia activa 403.1W del módulo y el valor calculado son de 381.05 W estos valores pueden cambiar de acuerdo al momento de tomar el valor del módulo ya que es el valor de consumo de la potencia aprovechada.

Potencia aparente

$$S_{3\phi} = VxI$$

$$S_{3\phi} = S_1 + S_2 + S_3$$

$$S_{3\phi} = (125 \times 5.64) + (130.1 \times 6.39) + (132.8 \times 6.28)$$

$$S_{3\phi} = 2372.69 VA$$

El valor de la potencia aparente 2374 VA del módulo y el valor calculado son de 2372.69 W, el resultado de esto pueden variar debido al consumo de energía.

Potencia reactiva

Para el cálculo de potencia reactiva se lo puede desarrollar de dos formas, la primera puede ser con el teorema de Pitágoras o con la fórmula de la potencia.

$$Q_{3\phi} = VxIx\text{sen}\theta$$

$$Q_{3\phi} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q = (125.6 \times 5.64 \times 0.95) + (130.1 \times 6.39 \times 0.99) + (132.8 \times 6.28 \times 0.98)$$

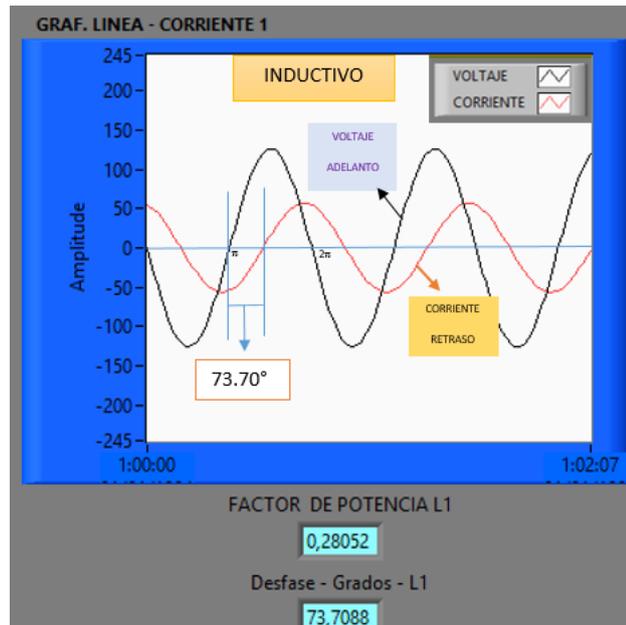
$$Q = 2311 \text{ VAR}$$

El resultado tiene una diferencia mínima que pueden variar acorde al momento de la toma de datos del módulo, es así que al momento del cálculo de la potencia reactiva es de 2311 VAR y del módulo es de 2322 VAR.

Representación senoidal

- En la carga inductiva existe un desfase de 73.70° de voltaje en relación con la corriente.
- La onda senoidal en aparecer en primer lugar es la de voltaje seguido por la de corriente, ver figura 34.

Figura 34: Diagrama senoidal de carga inductiva



Fuente: Elaborado por autores

Cálculo de ángulo de desfase

- En ángulo de desfase se da por el ángulo que forma el voltaje y la corriente como se ilustra en la figura 34.
- En este punto se realizara el cálculo del ángulo de desfase de la carga inductiva.
- La fórmula a utilizar será de coseno del ángulo formado para cada una de las líneas.

$$\cos\theta = \frac{\text{potencia activa}}{\text{potencia aparente}}$$

$$\cos\theta = \frac{403.1}{2374}$$

$$\cos\theta = 0.1697$$

- El resultado del factor de potencia es de 0.1697 este valor es de la toma de los datos del módulo esto puede cambiar debido al instante de la toma de datos.
- En el siguiente cálculo se determina el factor de potencia a través del cálculo de la potencia activa y la potencia aparente.

$$\cos\theta = \frac{\text{potencia activa}}{\text{potencia aparente}}$$

$$\cos\theta = \frac{381.05}{2372.69}$$

$$\cos\theta = 0.1605$$

Como se puede observar existe una mínima diferencia entre los datos esto también se debe al desbalance que existe en la red, como también al momento de toma de datos.

En este punto se calcula el ángulo de desfase de cada una de las líneas.

Línea 1

$$\cos\theta_1 = 0.28$$

$$\theta_1 = \cos^{-1}0.28 = 73.73^\circ$$

Línea 2

$$\cos\theta_2 = 0.04$$

$$\theta_2 = \cos^{-1}0.04 = 87.19^\circ$$

Línea 3

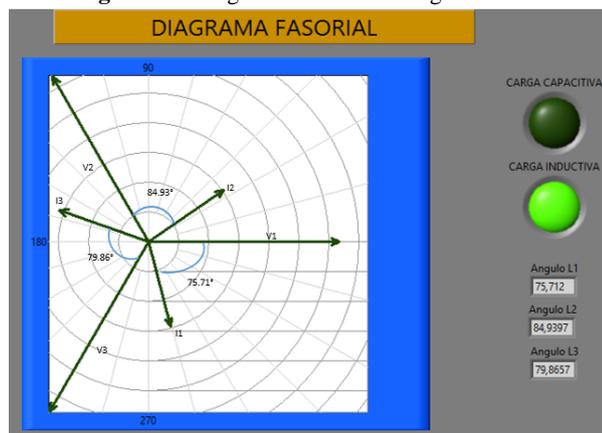
$$\cos\theta_3 = 0.18$$

$$\theta_3 = \cos^{-1}0.18 = 79.39^\circ$$

Representación fasorial

- En la figura 35 se visualiza las magnitudes de voltaje y corriente de las 3 líneas.
- Con respecto al voltaje 1 y corriente 1, se puede visualizar que están desplazados 73.70° , acorde a los datos tomados por parte del módulo.

Figura 35: Diagrama fasorial de carga inductiva



Fuente: Elaborado por autores

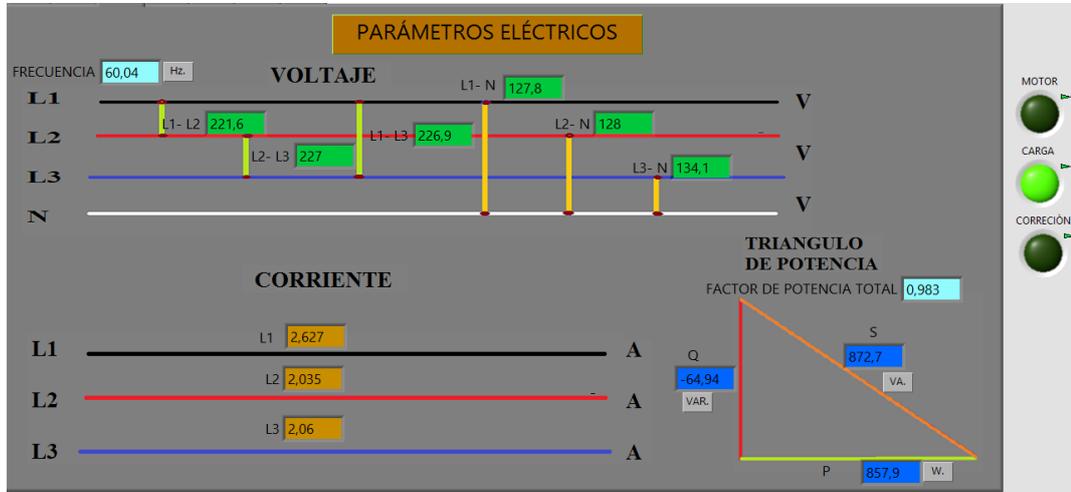
Análisis Carga Resistiva

Para la interpretación de resultados de la carga resistiva se procede analizar los datos de entrada de la carga tales como: voltaje, corriente y triangulo de potencia.

Carga resistiva

En la siguiente figura 36 se presenta el encendido de las cargas resistivas, la misma que está conformada por 6 focos, 2 por cada línea teniendo una potencia de 150 watts cada una de ellas. El análisis de la carga resistiva establece que se aprovecha en su totalidad la potencia activa puesto que no existen pérdidas o esta es menos la potencia reactiva.

Figura 36: Ventana de parámetros eléctricos de carga resistiva



Fuente: Elaborado por autores

Triángulo de potencia

En la tabla 10 se aprecian los valores tomados los mismos que hacen referencia al comportamiento que tiene la carga resistiva; los valores de voltaje son entre líneas como también el factor de potencia con su respectivo grado de desfase, con un factor de potencia de 0.983, este valor indicado permite deducir que la potencia activa se aprovecha casi en su totalidad y que la perdida es muy poca en relación con las otras cargas.

Tabla 10: Parámetros eléctricos de carga resistiva

Mediciones de carga resistiva			# Focos incandescentes		Potencia watts c/u		# de focos por línea	
			6		150		2	
Voltaje [V]	Corriente [A]	Potencia activa [W]	Potencia reactiva [VAR]	Potencia aparente[VA]	Factor de potencia α	Grado de desfase		
L1-N=127.8	IL1=2.62	857.9	-64.94	872.7	L1=0.96	15.46°		
L2-N=128	IL2=2.03				L2=0.99	6.17°		
L3-N=134.1	IL3=2.06				L3=0.99	6.32°		

Fuente: Elaborado por autores

Para la interpretación de los valores se realiza los cálculos correspondientes en relación con la potencia.

Potencia activa

$$P_{3\phi} = VxIxcos\theta$$

$$P_{3\phi} = P1_{3\phi} + P2_{3\phi} + P3_{3\phi}$$

$$P_{3\phi} = (127.8x2.62x0.96) + (128x2.03x0.99) + (134.1x2.06x0.99)$$

$$P_{3\phi} = 852.16 W$$

El resultado del cálculo es de 852.16 W, este resultado comparando con el módulo que es de 857.9 W se debe al momento de la toma de dato debio que es en tiempo real y esta puede variar.

Potencia aparente

$$S_{3\phi} = VxI$$

$$S_{3\phi} = S_1 + S_2 + S_3$$

$$s_{3\phi} = (127.8x2.62) + (128x2.03) + (134.1x2.06)$$

$$s_{3\phi} = 870.92 VA$$

Estos resultado se debe al tiempo tomado de resultados por ello es que el modulo dan un valor de 872.7 VA mientras que en el calculo es de 870.92 VA, existiendo un diferencia sin embargo es cercana a los valores que con el transcurrir del tiempo llega a ser acordes.

Potencia reactiva

$$Q_{3\phi} = VxIxsen\theta$$

$$Q_{3\phi} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_{3\phi} = (127.8x2.62x0.26) + (128x2.03x0.10) + (134.1x2.06x0.11)$$

$$Q_{3\phi} = 143.42 VAR$$

El resultado de la potencia reactiva es de 143.42 VAR, como se puede apreciar el resultado del valor del módulo es de -64.94 VAR para ello se realiza la división para 1000 tanto para el calculado y dato del módulo, como se aprecia en la siguiente ecuación:

$$Q = 143.42/1000$$

$$Q = 0.1434 \text{ KVAR}$$

$$Q = 64.94/1000$$

$$Q = 0.6494 \text{ KVAR}$$

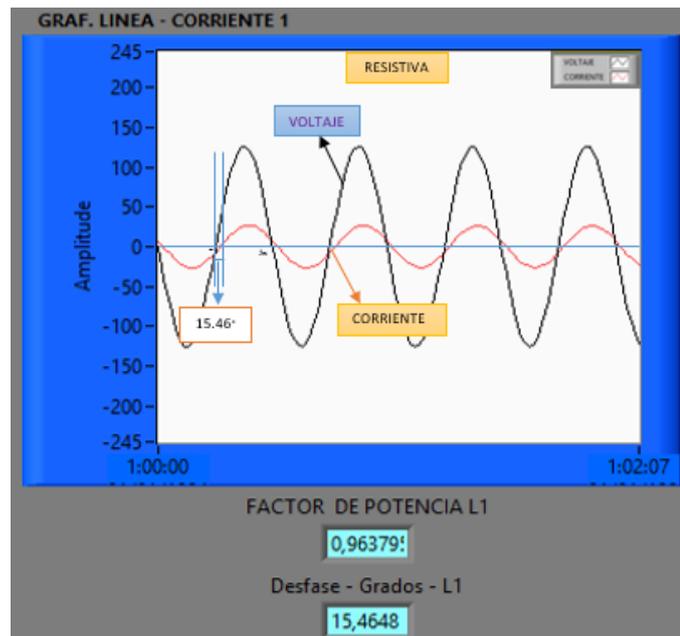
El resultado de 0.6494 KVAR, es igual a la toma de mediciones del sentron pac que es de 0.1 KVAR, este se debe a que el analizador de energía aproxima a su inmediato superior. El signo negativo de la potencia reactiva se debe a que esta es una carga capacitiva.

El resultado tiene una mínima variación puesto que pueden variar acorde al momento de la toma de datos del módulo, es así que al momento del cálculo de la potencia reactiva es de 143.42 VAR.

Representación senoidal

- La onda senoidal en aparecer en primer lugar es la de voltaje seguido por la de corriente.
- Existe un desfase de 6° (ver figura 37) de voltaje en relación con la corriente es muy pequeña puesto que en una carga resistiva las dos ondas senoidales de corriente como de voltaje se sobreponen, esto se debe que la potencia activa es casi aprovechada por su totalidad.

Figura 37: Diagrama senoidal de carga resistiva



Fuente: Elaborado por autores

Cálculo de ángulo de desfase

- En ángulo de desfase se da por el ángulo que forma el voltaje y la corriente como se ilustra en la figura 37 es mínima debido a una carga resistiva.
- En este punto se realizará el cálculo del ángulo de desfase de la carga.
- La fórmula a utilizar será de coseno del ángulo formado para cada una de las líneas.
- Como también el factor de potencia total.

$$\cos\theta = \frac{\text{potencia activa}}{\text{potencia aparente}}$$

$$\cos\theta = \frac{857.9}{872.7}$$

$$\cos\theta = 0.98$$

El resultado del factor de potencia es de 0.98 este valor es de la toma de los datos del módulo.

El siguiente cálculo es de los valores calculado de la potencia activa y la potencia aparente.

$$\cos\theta = \frac{\text{potencia activa}}{\text{potencia aparente}}$$

$$\cos\theta = \frac{852.16}{870.92}$$

$$\cos\theta = 0.97$$

Como se puede observar existe una mínima diferencia de datos esto también se debe al desbalance que existe en la red, como también al momento de toma de datos.

En este punto se calcula el ángulo de desfase de cada una de las líneas.

Línea 1

$$\cos\theta_1 = 0.9637$$

$$\theta_1 = \cos^{-1}0.9637 = 16.26^\circ$$

Línea 2

$$\cos\theta_2 = 0.9941$$

$$\theta_2 = \cos^{-1}0.9941 = 6.22^\circ$$

Línea 3

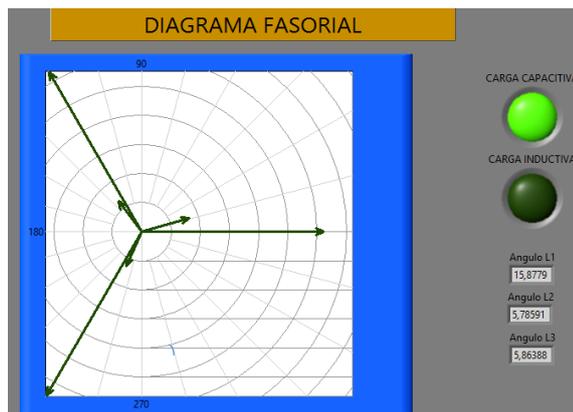
$$\cos\theta_3 = 0.9939$$

$$\theta_3 = \cos^{-1}0.9939 = 6.33^\circ$$

Representación fasorial

- Todos estos valores se representan en forma fasorial respecto al grado de desfase que tiene entre el voltaje y la corriente, ver figura38.

Figura 38: Diagrama fasorial de carga resistiva

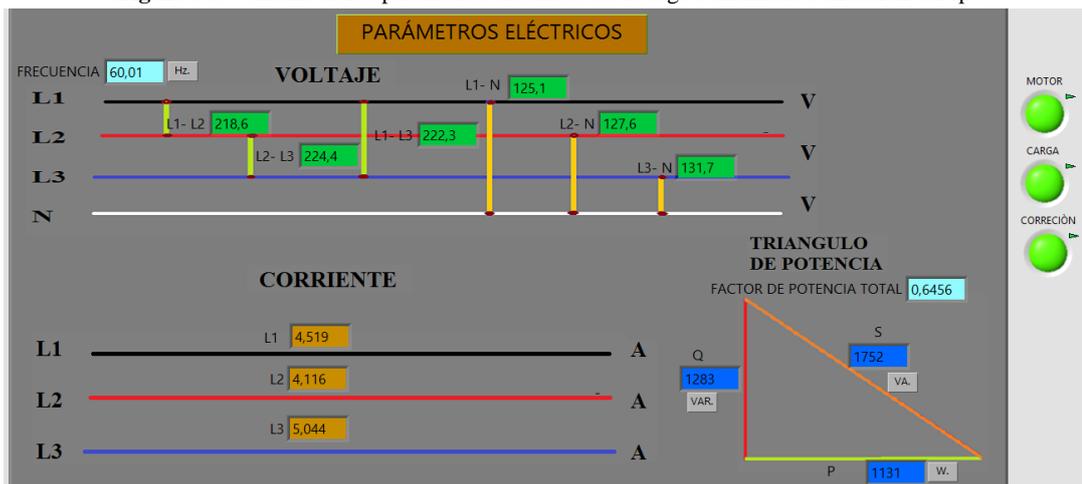


Fuente: Elaborado por autores

Análisis Carga Combinada

Para el análisis de la corrección del factor de potencia se realizó la combinación de las cargas entre la carga resistiva y la carga inductiva dando valores diferentes como se ilustra en la siguiente tabla donde su factor de potencia total es 0.46, En la figura 39 se ilustra los parámetros eléctricos.

Figura 39: Ventana de los parámetros eléctricos de la caga combinada corrección del fp.



Fuente: Elaborado por autores

En la tabla 11 se aprecian los parámetros eléctricos, los mismos que hacen referencia al comportamiento que tiene la carga combinada y su corrección del factor de potencia de 0.46; mejorando su factor de potencia a 0.6456 estos valores permiten deducir que la potencia activa se aprovecha para ello se utiliza los capacitores que permiten corregir, tratando de reducir la potencia reactiva.

Tabla 11: Medición de potencia de combina

Mediciones de carga combinada corrección FP						
Voltaje [V]	Corriente [A]	Potencia activa [W]	Potencia reactiva [VAR]	Potencia aparente[VA]	Factor de potencia α	Grado de desfase
L1-N=125.1	IL1=4.519	1131	1283	1752	L1=0.74	41.84
L2-N=127.6	IL2=4.116				L2=0.55	56.58
L3-N=131.7	IL3=5.044				L3=0.65	48.97

Fuente: Elaborado por autores

Para la interpretación de los valores se realiza los cálculos correspondientes en relación con la potencia.

Potencia activa

$$P_{3\phi} = VxIxcos\theta$$

$$P_{3\phi} = P1_{3\phi} + P2_{3\phi} + P3_{3\phi}$$

$$P_{3\phi} = (125.1 \times 4.519 \times 0.74) + (127.6 \times 4.116 \times 0.55) + (131.7 \times 5.044 \times 0.65)$$

$$P_{3\phi} = 1137.74 \text{ W}$$

El valor de la potencia activa es de 1130 W con respecto a lo calculado es de 1120.29 esta diferencia es considerable puesto este puede cambiar con el transcurrir del tiempo.

Potencia aparente

$$S_{3\phi} = V \times I$$

$$S_{3\phi} = S_1 + S_2 + S_3$$

$$S_{3\phi} = (125.1 \times 4.519) + (127.6 \times 4.11) + (131.7 \times 5.044)$$

$$S_{3\phi} = 1752.93 \text{ VA}$$

Como se puede apreciar existe una similitud entre lo calculado 1718.30 VA con respecto al valor tomado de módulo 1720 VA.

Potencia reactiva

$$Q_{3\phi} = V \times I \times \sin\theta$$

$$Q_{3\phi} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_{3\phi} = (125.1 \times 4.519 \times 0.66) + (127.6 \times 4.116 \times 0.83) + (131.7 \times 5.044 \times 0.75)$$

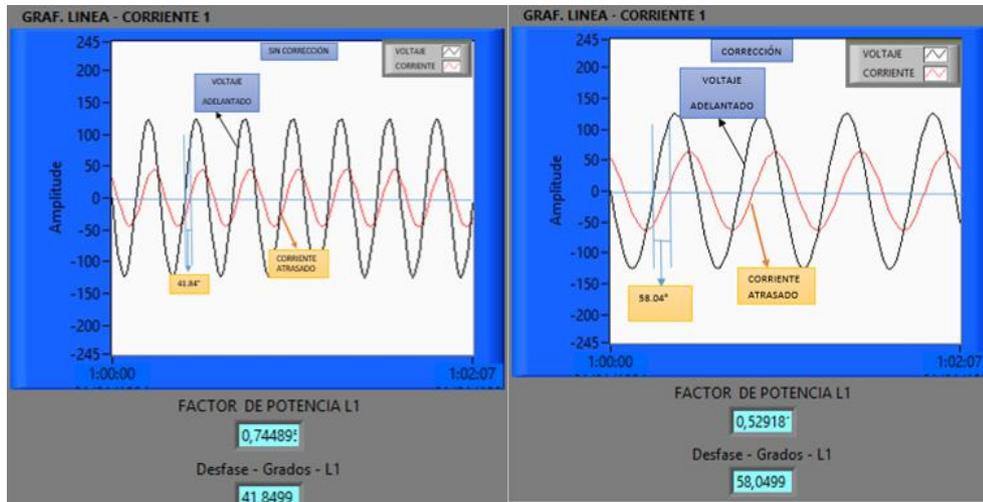
$$Q_{3\phi} = 1303.77 \text{ VAR}$$

Se puede apreciar que existe una reducción de potencia reactiva lo cual indica que se está aprovechando la potencia activa lo cual es el objetivo, con ello se trata de mejorar la calidad de energía.

Representación senoidal

En esta carga combinada se puede apreciar que existe una corrección de voltaje como también de corriente esto se lo aprecia en la figura 40, en donde el grado de desfase es menor lo cual se requiere.

Figura 40: Diagrama senoidal de la carga combinada y corrección del fp.



Fuente: Elaborado por autores

Calculo de ángulo de desfase

- En ángulo de desfase se da por el ángulo que forma el voltaje y la corriente como se ilustra en la figura 37 es minima debido a una carga resistiva.
- En este punto se realizara el cálculo del ángulo de desfase de la carga.
- La fórmula a utilizar será de coseno del ángulo formado para cada una de las líneas.
- Como también el factor de potencia total.

$$\cos\theta = \frac{\text{potencia activa}}{\text{potencia aparente}}$$

$$\cos\theta = \frac{1131}{1752}$$

$$\cos\theta = 0.645$$

El resultado del factor de potencia es de 0.645 este valor es de la toma de los datos del módulo.

En el siguiente cálculo se determina el factor de potencia con la potencia activa y la potencia aparente.

$$\cos\theta = \frac{\text{potencia activa}}{\text{potencia aparente}}$$

$$\cos\theta = \frac{1137.74}{1752.93}$$

$$\cos\theta = 0.649$$

Como se puede observar los valores tienen una mínima diferencia de datos esto también se debe al desbalance que existe en la red, como también al momento de toma de datos.

En este punto se calcula el ángulo de desfase de cada una de las líneas.

Línea 1

$$\cos\theta_1 = 0.74$$

$$\theta_1 = \cos^{-1}0.74 = 42.26^\circ$$

Línea 2

$$\cos\theta_2 = 0.55$$

$$\theta_2 = \cos^{-1}0.55 = 56.63^\circ$$

Línea 3

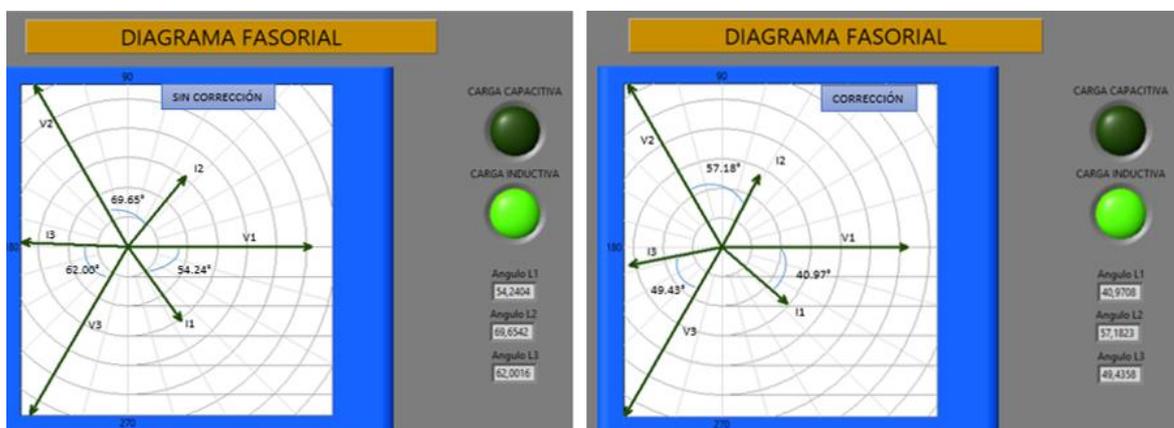
$$\cos\theta_3 = 0.65$$

$$\theta_3 = \cos^{-1}0.65 = 49.45^\circ$$

Representación fasorial

De forma fasorial se la puede apreciar que el ángulo entre la corriente y voltaje se reduce ver figura 41.

Figura 41: Diagrama fasorial: a) antes de corrección y b) después de su corrección

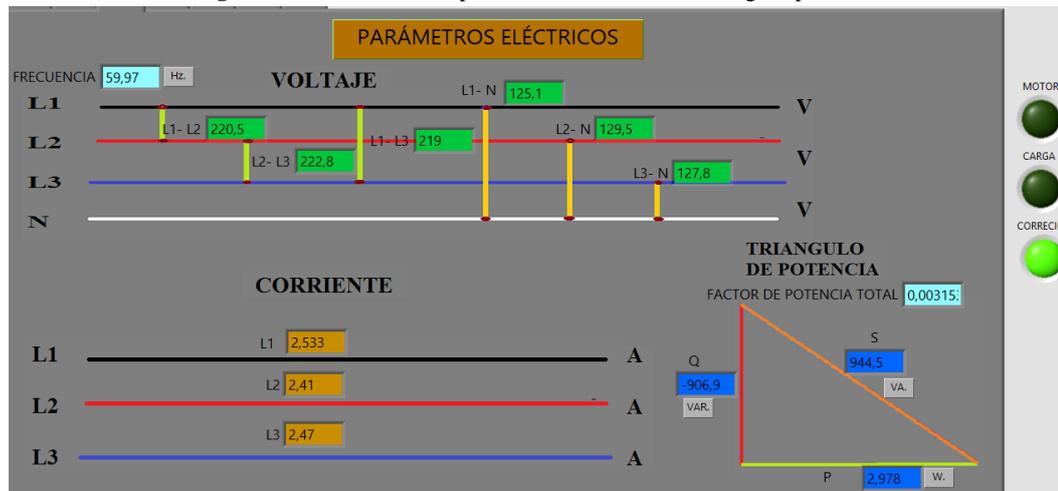


Fuente: Elaborado por autores

Análisis Carga Capacitiva

Para el análisis de la carga capacitiva se desarrolla la toma de datos los cuales serán analizados y calculados con el objetivo de analizar y comprobar su comportamiento.

Figura 42: Ventana de los parámetros eléctricos de la carga capacitiva.



Fuente: Elaborado por autores

En la tabla 12 se aprecian los parámetros eléctricos, los mismos que hacen referencia al comportamiento que tiene la carga capacitiva y su factor de potencia de 0.048 la total.

Tabla 12: Medición de potencia de capacitiva

Mediciones de carga combinada corrección FP						
Voltaje [V]	Corriente [A]	Potencia activa [W]	Potencia reactiva [VAR]	Potencia aparente[VA]	Factor de potencia α	Grado de desfase
L1-N=126.2	IL1=2.54	0.86	947.1	980.6	L1=0.11	83.36
L2-N=131.5	IL2=2.47				L2=0.034	88.03
L3-N=133.2	IL3=2.50				L3=0.080	85.39

Fuente: Elaborado por autores

Para la interpretación de los valores se realiza los cálculos correspondientes en relación con la potencia.

Potencia activa

$$P_{3\phi} = V \times I \times \cos\theta$$

$$P_{3\phi} = P_{1\phi} + P_{2\phi} + P_{3\phi}$$

$$P_{3\phi} = (126.2 \times 2.54 \times 0.11) + (131.5 \times 2.47 \times 0.034) + (133.2 \times 2.50 \times 0.080)$$

$$P_{3\phi} = 71.64 W$$

El valor de la potencia activa es de 0.86 W con respecto a lo calculado es de 71.64 esta diferencia es considerable puesto este puede cambiar con el transcurrir del tiempo.

Potencia aparente

$$S_{3\phi} = VxI$$

$$S_{3\phi} = S_{13\phi} + S_{23\phi} + S_{33\phi}$$

$$S_{3\phi} = (126.2 \times 2.54) + (131.5 \times 2.47) + (133.2 \times 2.50)$$

$$S_{3\phi} = 978.35 VA$$

Como se puede apreciar existe una similitud entre lo calculado 978.35 VA con respecto al valor tomado de módulo 980.6 VA.

Potencia reactiva

$$Q_{3\phi} = VxIx\text{sen}\theta$$

$$Q_{3\phi} = Q_{13\phi} + Q_{23\phi} + Q_{33\phi}$$

$$P_{3\phi} = (126.2 \times 2.54 \times 0.99) + (131.5 \times 2.47 \times 0.9994) + (133.2 \times 2.50 \times 0.9967)$$

$$Q_{3\phi} = 968.56 VAR$$

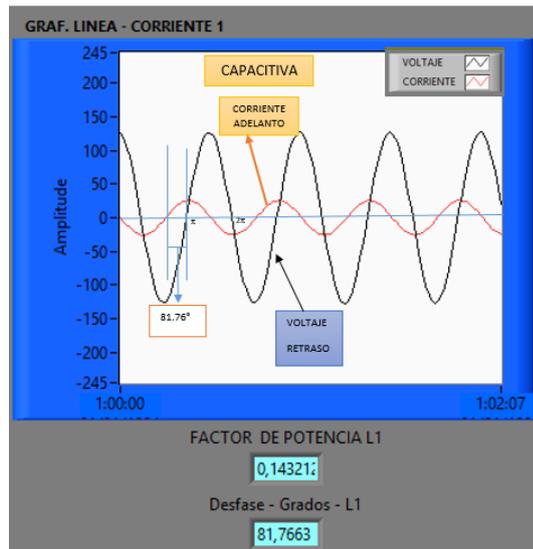
Se puede apreciar que existe un incremento de potencia reactiva lo cual indica que se está desaprovechando energía, la corrección se lo está realizando al red de alimentación se visualiza que el voltaje se retrasa con respecto a la corriente.

Representación senoidal

En esta carga capacitiva se puede apreciar que existe un desfase de voltaje entre la corriente esto se lo aprecia en la figura 43.

- La corriente se adelanta respecto a la voltaje
- Existe un ángulo de desfase entre la corriente y el voltaje.

Figura 43: Diagrama senoidal de la carga capacitiva.



Fuente: Elaborado por autores

Cálculo de ángulo de desfase

- En ángulo de desfase se da por el ángulo que forma el voltaje y la corriente como se ilustra en la figura 37 es mínima debido a una carga resistiva.
- En este punto se realizara el cálculo del ángulo de desfase de la carga.
- La fórmula a utilizar será de coseno del ángulo formado para cada una de las líneas.
- Como también el factor de potencia total.

$$\cos\theta = \frac{\text{potencia activa}}{\text{potencia aparente}}$$

$$\cos\theta = \frac{0.86}{980.6}$$

$$\cos\theta = 0.008$$

El resultado del factor de potencia es de 0.008 este valor es de la toma de los datos del módulo.

En el siguiente cálculo se determina el factor de potencia con la potencia activa y la potencia aparente estos a calculados previamente.

$$\cos\theta = \frac{\text{potencia activa}}{\text{potencia aparente}}$$

$$\cos\theta = \frac{71.64}{978.35}$$

$$\cos\theta = 0.073$$

Como se puede observar los valores tienen una mínima diferencia de datos esto también se debe al desbalance que existe en la red.

En este punto se calcula el ángulo de desfase de cada una de las líneas.

Línea 1

$$\cos\theta_1 = 0.11$$

$$\theta_1 = \cos^{-1}0.11 = 83.68^\circ$$

Línea 2

$$\cos\theta_2 = 0.034$$

$$\theta_2 = \cos^{-1}0.034 = 88.05^\circ$$

Línea 3

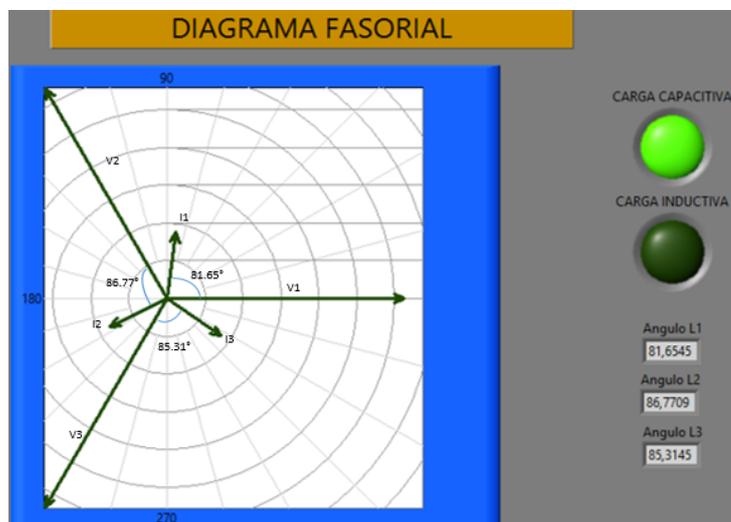
$$\cos\theta_3 = 0.080$$

$$\theta_3 = \cos^{-1}0.080 = 85.41^\circ$$

Representación fasorial

De forma fasorial se la puede apreciar que el ángulo entre la corriente y voltaje se reduce ver figura 44.

Figura 44: Diagrama fasorial de carga capacitiva



Fuente: Elaborado por autores

Teoría del error

Para el análisis de los resultados utilizamos la teoría del error ya que nos permite determinar con más seguridad datos obtenidos sobre cualquier medida llegando así a ser más confiable dicho resultado con la utilización de las siguientes ecuaciones. Esto conlleva al desarrollo de pasos que nos ayudan a determinar un margen de error con respecto a diferentes equipos en esta caso a equipos de medición eléctrica haciendo énfasis a mediciones de voltaje.

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 \dots + X_n}{N}$$

Ecuación [29]

Ecuación del promedio.

$$e = \frac{|X_1 - \bar{X}| + |X_2 - \bar{X}| + |X_3 - \bar{X}| + \dots + |X_n - \bar{X}|}{N}$$

Ecuación [30]

Ecuación del error absoluto

$$E = \frac{e}{\bar{X}}$$

Ecuación [31]

Ecuación del error relativo

$$E\% = E \times 100$$

Ecuación [32]

Ecuación del error porcentual

Tabla 13: Medición de línea a neutro de carga inductiva

L1 - N		
# DE MEDICIONES	FLUKE	MODULO
1	126,9	125,6
2	126,3	125,4
3	125,5	125,7
4	125,5	125,4
5	125,4	125,2
6	125,4	126
7	125,9	125,6
8	125	125
9	125,1	125,8
10	124,8	125,4
X	125,58	125,51
e	2,84217E-15	-1,84741E-14
E	2,26324E-17	-1,47192E-16
E%	2,26324E-15	-1,47192E-14
error	1,000557724	0,999442586
	-0,00055772448410463	0,000557414
	-0,055772448	0,05574136

Fuente: Elaborado por autores

Tabla 14: Medición de L1-L2 de carga inductiva

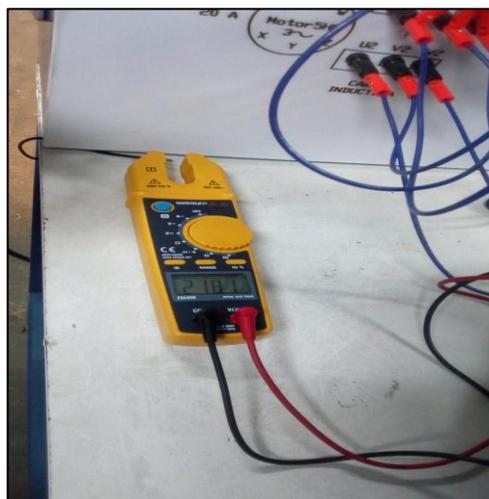
L1 - L2		
# DE MEDICIONES	FLUKE	MODULO
1	217,5	219,1
2	217,6	218,9
3	217,7	218
4	217,8	219,2
5	217,3	218,8
6	217,9	219,1
7	217,7	218,7
8	217,6	219,8
9	217,8	219,2
10	217,9	219,3
X	217,68	219,01
e	2,27374E-14	8,52651E-15
E	1,04453E-16	3,89321E-17
E%	1,04453E-14	3,89321E-15
error	0,993927218	1,006109886
	0,006072782	-0,006109886
	0,607278206	(0,610988612)

Fuente: Elaborado por autores

El resultado obtenido en relación al promedio de las 2 mediciones de cada una de las tablas, nos da un valor que no llega a superar el 1%, definiendo que es un promedio muy razonable, estableciendo que el margen de error es mínimo en comparación con los 2 equipos.

En la figura 42 se indica el equipo de medición.

Figura 45: Equipo de medición



Fuente: Elaborado por autores

Cálculo desequilibrio de tensión e intensidad

Desequilibrios de tensión: son producidos cuando en un sistema trifásico existen diferencias entre los valores de voltaje.

- El desequilibrio en tensión no debe superar el 3%.

Desequilibrios de corriente: se producen cuando por las tres fases de un sistema trifásico no circulan las mismas intensidades.

- El desequilibrio en corriente no debe pasar del 10%

$$D\% = \frac{I_m - I_{ed}}{I_{ed}} \times 100$$

Ecuación [33]

Donde:

D% = Desequilibrio

I_m = Corriente/tensión máxima de las 3 líneas.

I_{ed} = Corriente /tensión media.

Mediciones de carga inductiva			Conexión	Potencia HP	fp	I (A)	Eff (%)
			D	5	0.83	13.9	85
Voltaje [V]	Corriente [A]	Potencia activa [W]	Potencia reactiva [VAR]	Potencia aparente [VA]	Factor de potencia α	Grado de desfase	
L1- N=127.6	IL1=5.586	398.3	2262	2315	L1=0.24	76.10°	
L2- N=127.2	IL2=6.185				L2=0.07	85.52°	
L3- N=130.6	IL3=6.232				L3=0.20	78.30°	

$$D\% = \frac{6.23 - 6.001}{6.001} \times 100$$

$$D\% = 3.81\%$$

$3.81\% < 10\% \cong NO EXISTE DESEQUILIBRIO DE CORRIENTE$

$$D\% = \frac{130.6 - 128.46}{128.46} \times 100$$

$$D\% = 1.66\%$$

$1.66\% < 3\% \cong NO EXISTE DESEQUILIBRIO DE TENSION$

12. IMPACTOS

En este párrafo se manifiesta el impacto técnico, económico y social del proyecto en la sociedad del Diseño y construcción de del módulo didáctico que otorgará ña visualización de las ondas senoidales de las cargas capacitiva inductivas y resistivas, lo cual permitirá la interpretación y análisis del comportamiento de los parámetros eléctrico lo que se intentara que sea esta factible el proyecto.

Impacto tecnológico

La incorporación del módulo didáctico para la interpretación y análisis de las cargas eléctricas, complementará la enseñanza teórica y práctica para los estudiantes de la universidad los cuales se demostrará, el desarrollo de las práctica contribuirán a la determinación de lo importante que es realizar una corrección de factor de potencia los cuales permitirán tener en cuenta el índice de calidad de energía según normada por la regulación de energía CONELEC

Impacto económico

Con el prototipo didáctico se podrá medir los parámetros eléctricos de cada una de las cargas implementadas como también se visualizará el antes y después de la corrección del factor de potencia, el objetivo de esté modulo será que los estudiantes de la facultad de CIYA en especial

de la carrera de Ingeniería Electromecánica, analicen el comportamiento de los parámetros eléctricos y el cuanto contribuye al ahorro económico de la buena utilización de la energía eléctrica

Impacto social

El módulo didáctico que permite visualizar el comportamiento de las ondas senoidales de las cargas resistivas, capacitivas e inductivas lo cual analiza y corrige el efecto del factor de potencia e interpretar las cargas lo cual percute a varios análisis similares a las cargas comunes tanto industriales como residenciales con esto conlleva que los estudiantes puedan desarrollar prácticas en el laboratorio de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicada siendo ellos los más beneficiados puesto que los parámetros son en tiempo real de los parámetros eléctricos de las diferentes cargas implementadas esto conlleva que los docentes puedan realizar de manera práctica las clases de acuerdo a la temática desarrollada con el pensum académico de la especialidad.

Impacto ambiental

La energía eléctrica es generada por el movimiento de las turbinas que son producidas por la velocidad y la fuerza del agua, lo cual es capaz de transformar una energía mecánica en energía eléctrica, para ello se realizan diferentes etapas para la distribución de la energía eléctrica que son por las siguientes: generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía.

Las empresas de comercialización de energía eléctrica deben entregar fiabilidad, calidad, y continuidad de la misma que sean capaces de abastecer a la población, por ende existen entes que regulan estos parámetros que se cumplan como son: ARCONEL (Agencia de Control y Regulación de Electricidad) está encargada de regular y controlar las actividades, CENACE (Centro Nacional de Control de la Energía) son los miembros de generación donde opera el SNI (Sistema Nacional Interconectado) donde se realiza el monitoreo del abastecimiento.

Por ello es importante cumplir con las normativas de regulación y control de energía la cual permita tener una buena calidad de la misma puesto que se cumpliría con el rango o porcentaje de energía que debe ser acorde a un 0.92 de factor de potencia como se encuentra normado.

13. PRESUPUESTO

Para el desarrollo del diseño e implementación del módulo se realizó un cuadro donde se avala los precios para la construcción del módulo donde se detallan los equipos, materiales entre otros, los mismos que nos ayudan a determinar un presupuesto estimado para la construcción del módulo didáctico.

El mismo que cumplirá con la finalidad de desarrollar prácticas que contribuyan la teoría revisada previamente en clases llevándolo así a la práctica con esto se consigue equipar a los Laboratorios de Máquinas Eléctricas de la Facultad de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Tabla 15. Precios estimados para los materiales empleados

ACTIVOS FIJOS				
RECURSOS				
Equipos y maquinaria	Cantidad	Unidad	V. Unitario \$	V. Total \$
Motor 5 HP	1	UND	400	400
Borneras	1	UND	36	36
Cable flexible #12	40	MTS	0,43	17,5
Tubo estructural cuadrado ASTM A-500 25mmX1,2mm(espesor)	2	UND	6	12
Pintura acrílica azul	0.5	LTS	8,93	4,46
Materiales y suministros (electrodos, tornillos, varios)	1	UND	20	20
Transporte y salida de campo (compra de materiales)	1	UND	50	50
Material Bibliográfico y fotocopias. (impresiones)	1	UND	30	30
Mano de obra	1	UND	560	560
Gastos Varios	1	UND	20	20
TOTAL EQUIPOS Y MAQUINARIA				1149,96
Muebles y Enseres	Cantidad	Unidad	V. Unitario \$	V. Total \$
Madera aglomerado blanca 15mm	2	UND	80	160
TOTAL MUEBLES Y ENSERES				160
Equipos tecnológicos	Cantidad	Unidad	V. Unitario \$	V. Total \$
Medidor de energía sentron PAC 3200	1	UND	620	620
Focos Incandescentes de 100 watt	6	UND	2	12
Tranformador de corriente TC	3	UND	15	45
TOTAL EQUIPOS TECNOLOGICOS				677
Útiles y Suministros de Oficina	Cantidad	Unidad	V. Unitario \$	V. Total \$
Material Bibliográfico y fotocopias. (impresiones)	1	UND	80	80
TOTAL UTILES Y SUMINISTROS DE OFICINA				80
CAPITAL DE TRABAJO				
Cuenta	Cantidad	Unidad	V. Unitario \$	V. Total \$
Transporte y salida de campo (compra de materiales)	1	UND	50	50
Ingeniería	1	UND	400	400
TOTAL CAPITAL DE TRABAJO				450

PRESUPUESTO	SUBTOTAL
Activos fijos	1691.46
Capital de trabajo	450
Subtotal	2141.46
Imprevistos (10%)	214.14
TOTAL	2355.60

Fuente: Elaborado por autores

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Realizando el esquema de proceso de corrección del factor de potencia con relación a la conexión del plc, medidor de energía y computador ha permitido determinar el lenguaje de programación con el LabView.

Para el desarrollo del proceso de corrección del factor de potencia se realizó los cálculos experimentales para el dimensionamiento de los capacitores que permitió la corrección del factor de potencia acorde a las cargas implementadas al módulo.

Para la corrección del factor de potencia la conexión de los capacitores influye de manera relevante ya que su configuración sea en delta o estrella depende del paso de corriente por cada bobina siendo la configuración estrella la más adecuada.

Para la determinación de los datos calculados a la vez comparados con los medidos a través del módulo se produce un error porcentual ya que la toma de datos es en tiempo real y estos pueden variar, entre más cercana sea la toma de datos menor será el error.

Recomendaciones

Para prevenir choques eléctricos en los terminales de la carga inductiva sería favorable realizar la conexión estrella - triangulo de manera automática mediante una programación individual que realice este tipo de cambio de conexión ahorrándonos tiempo a la hora de realizar la práctica.

Para el accionamiento automático de la corrección del factor de potencia se podría implementar un banco de capacitores automático que a medida que se presente un aumento de carga compense la potencia reactiva sin dejar que ningún tipo de carga afecte al sistema.

Para el accionamiento automático del banco de capacitores se debe implementar más carga inductiva lo que permitirá que la corrección de factor de potencia, realizando así un nuevo dimensionamiento del cableado y protección eléctrica.

Antes de realizar una intervención en el módulo verifique que los condensadores estén descargados

15. BIBLIOGRAFÍA

1. Calos, Campos Avella Juan, ppg 28. (2010). *Correccion del Factor de Potencia y Control de la demanda*. Colombia.
2. Carlos, G. (2014). *Correccion de factor de potencia con bancos de capacitores distribuido en la industria maquiladora*. Guanajuato.
3. Construccion, C. E. (06 de 04 de 2011). *Norma Ecuatoriana de Construccion* . Recuperado el 20 de 06 de 2018, de Tableros : <https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/09/NECINSTALACIONESELECTROMECHANICAS2013.pdf>
4. Electricidad, C. N. (1996). *Regulacion NO CONELEC - 004/01*. Quito Ecuador.
5. Enrique, Gomez Morales,pag33. (2009). *Compensacion de potencia reactiva*. Mexico.
6. Fernando, Arias Roman Luis, pag 24. (2000). *Programa Digital Para el Pronostico de Carga Electrica Espacial*. Quito.
7. Garza Correa Carlos Alberto, M. H. (2015). *Analisis de Factibilidad Técnica y Economica de Correccion de Factor de Potencia Con Bancos de Capacitores Distribuidos en Valeo Sistemas Electricos Sde R.L de C.V*. España.
8. González Rodríguez, P. (2016). ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA EN LOS ALIMENTADORES DE 23 KV DE LA ESTACIÓN DE CAAGUAZÚ. Coronel Oviedo .
9. Guillermo, T. S. (2016). *Diseño e implentacion de un terfaz para el control y obtencion de datos del controlador generador electrico*. Ibarra.

10. Hernandez Diaz, E. G. (Mayo 2017). *Labview como herramienta de programacion de sistemas de desarrollo de Instrumentos Virtuales para Ingenieria Eelectronica*. Tachira: Universidad Nacional Experimental del Tachira.
11. Hincapie, Marin, pag 27. (2012). *Diseño y simulacion del sistema de automatizacion y control del porceso de floculacion para una planta de tratamiento de agua potable utilizando protocolo de comunicacion canopen*. Zamora Chinchipe.
12. Instruments, National, pag 13. (2018). *National Instruments Corporation*. Recuperado el 18 de Enero de 2018, de www.ni.com/getting-started/labview-basics/esa/environment#frontPanel
13. Ismael, Araujo Velasco Saúl. (2012). *Implementacion de un sismeta de control de estacionamiento para el parqueadero*. Quito.
14. José, Garriós pag 26. (2011). *Introduccion a la Electricidad*. España.
15. Leonardo, C. A. (2009). *Rediseño E implementacion de los Sistemas Electricos Interiores Y exteriores*. Quito.
16. Londoño Ocampo Oscar David, R. G. (2013). *Manual para la simulacion de circuitos de corriente alterna Senoidal Haciendo uso del Software Multisim 11.0*. Pereira.
17. Mario, Renzetti, pag 23. (2011). *Notas sobre Electricidad*. Mexico.
18. Moisés, C. D. (2015). *Diseño y Construccion de un Tablero de Control Automatico para la Correccion de Factor de Potencia*. Quito.
19. Nägele, Nicole, pag 4. (2013). Factores de Potencia Calidad de la energia electrica: problemas y soluciones. *ABB Discrete Automation and Motion*, 4.
20. praticas, F. (2017). *Fisica Practicas*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2017, de <https://www.fisicapractica.com/corriente-alterna-senoidal.php>
21. Raúl, R. C. (2014). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO ENERGÉTICO EN EL CAMPUS RODRÍGUEZ LARA – ESPE EXTENSIÓN*. Latacunga.
22. Ricardo, A. L. (2015). *DIseño y cosntruccion de un tablero de control automatico para la correccion del factor de potencia, empleando un modulo DCRA*. QUITO.

23. Rodolfo, Z. C. (2013). *Diseño e implementación de un módulo didáctico para corregir el factor de potencia*.
24. RTR pag 7. (2016). RTR Tarifa. *RTR energía*, 164.
25. Ruelas Gómez , R. (s.f.). *www.ruelsa.com*. Recuperado el 11 de 12 de 2018, de https://www.ruelsa.com/notas/rt/rt126_factordepotencia.pdf?fbclid=IwAR3-a3EsO_qAcAIC6sSwXncOdGeTkMxqyRmCQJW8NYcrkh82fWEHHCSp90k
26. Samuel, Ramirez Castaño; pag 44. (2004). *Redes de Distribución de Energía*. Manizales: Centro de Publicaciones Universidad Nacional de Colombia.
27. SIEMENS, EPCOS BY, pag 1. (2015). *Ingeniería Integral para la Calidad de Energía*. 67.
28. Stanley, M. D. (2011). *Transformadores de corriente TC*. Soyapango.
29. tico, M. (Mayo de 2014). *Motor tico*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2017
30. trifásico, M. E. (10 de 2017). *Catálogo Técnico W 22 MARCA Weg*. (Weg) Recuperado el 07 de 2018, de <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-w22-motor-trifasico-tecnico-mercado-latinoamericano-50024297-catalogo-espanol.pdf>
31. Velásquez Moreira, P. (2016). ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE CONDENSADORES PARA LA MEJORA DEL FACTOR DE POTENCIA EN UNA INDUSTRIA DE RECICLAJE DE PLASTICOS . GUAYAQUIL .

ANEXOS

A. Bloque de programación de corrección del Factor de Potencia.

PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

Main [OB1]

Main Propiedades

General

Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB	Idioma	KOP
--------	------	--------	---	------	----	--------	-----

Numeraçión Automático

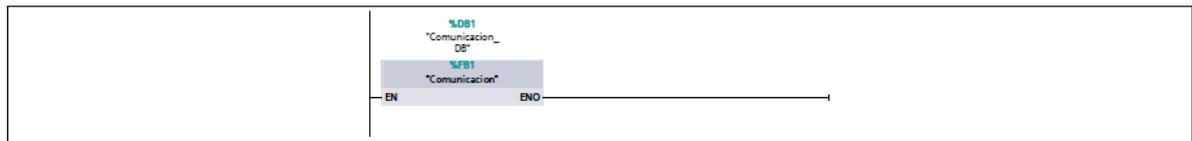
Información

Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario		Familia	
--------	------------------------------	-------	--	------------	--	---------	--

Versión	0.1	ID personalizada	
---------	-----	------------------	--

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Supervisión	Comentario
Temp				
Constant				

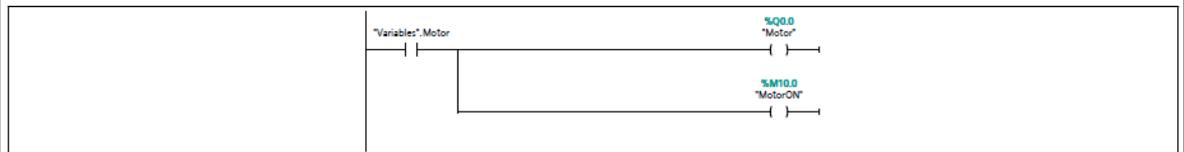
Segmento 1:



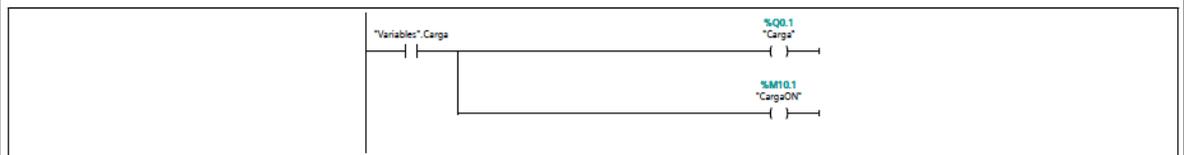
Segmento 2:



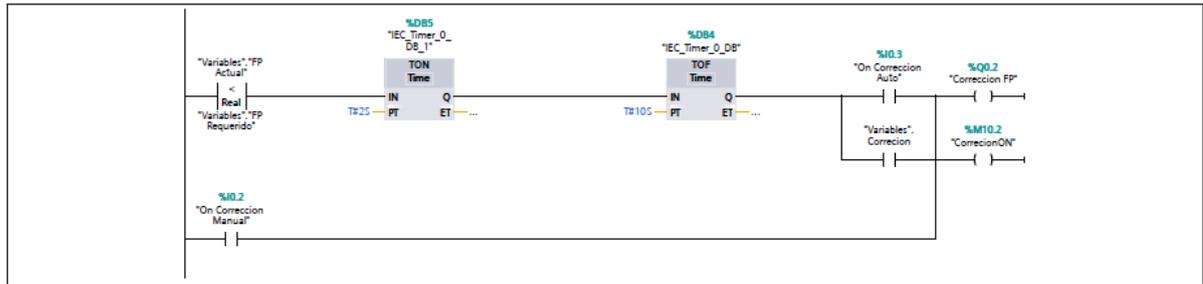
Segmento 3:



Segmento 4:



Segmento 5:



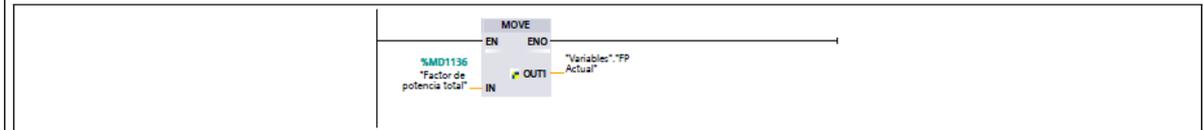
Segmento 6:



Totally Integrated Automation Portal



Segmento 7:



Segmento 8:



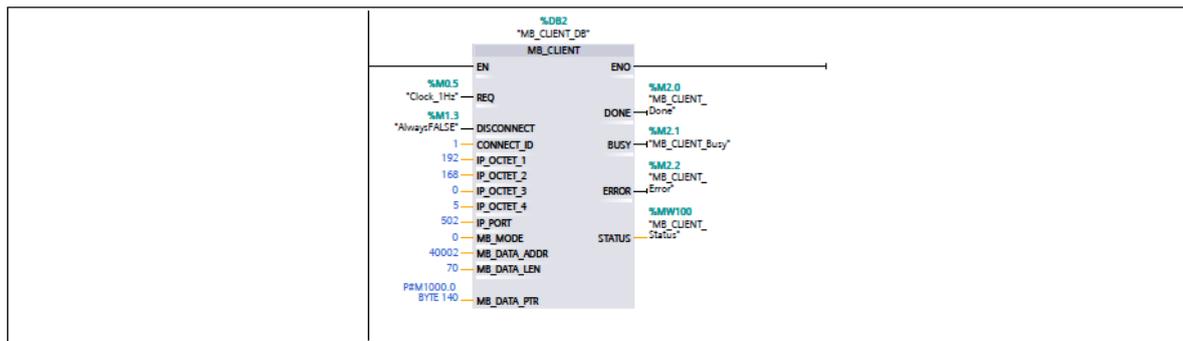
PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

Comunicacion [FB1]

Comunicacion Propiedades									
General									
Nombre	Comunicacion	Número	1	Tipo	FB	Idioma	KOP		
Numeración	Automático								
Información									
Título		Autor		Comentario		Familia			
Versión	0.1	ID personalizada							
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia	Accesible desde HMI/OPC UA	Escribible desde HMI/OPC UA	Visible en HMI Engineering	Valor de ajuste	Supervisión	Comentario
Input									
Output									
InOut									
Static									
Temp									
Constant									

Segmento 1:





Segmento 2:



PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

Variables [DB3]

Variables Propiedades									
General									
Nombre	Variables	Número	3	Tipo	DB	Idioma	DB		
Numeración	Automático								
Información									
Título		Autor		Comentario		Familia			
Versión	0.1	ID personalizada							
Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia	Accesible desde HMI/OPC UA	Escribible desde HMI/OPC UA	Visible en HMI Engineering	Valor de ajuste	Supervisión	Comentario
▼ Static									
FP Requerido	Real	0.0	False	True	True	True	False		
FP Actual	Real	0.0	False	True	True	True	False		
Marcha HMI	Real	0.0	False	True	True	True	False		
Motor	Bool	false	False	True	True	True	False		
Carga	Bool	false	False	True	True	True	False		
Correccion	Bool	false	False	True	True	True	False		
Aux1	Bool	false	False	True	True	True	False		
Aux2	Bool	false	False	True	True	True	False		
Aux3	Bool	false	False	True	True	True	False		
Aux4	Bool	false	False	True	True	True	False		
Aux5	Bool	false	False	True	True	True	False		
Aux6	Bool	false	False	True	True	True	False		
Aux7	Bool	false	False	True	True	True	False		

PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

Recibe Marchas [FC1]

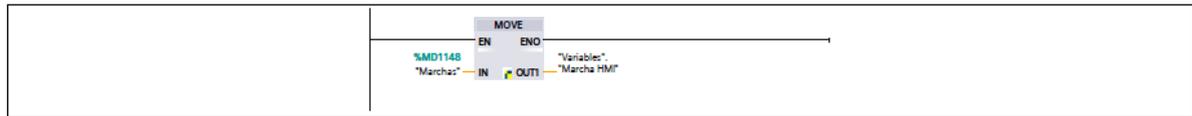
Recibe Marchas Propiedades

General							
Nombre	Recibe Marchas	Número	1	Tipo	FC	Idioma	KOP
Numeración	Automático						

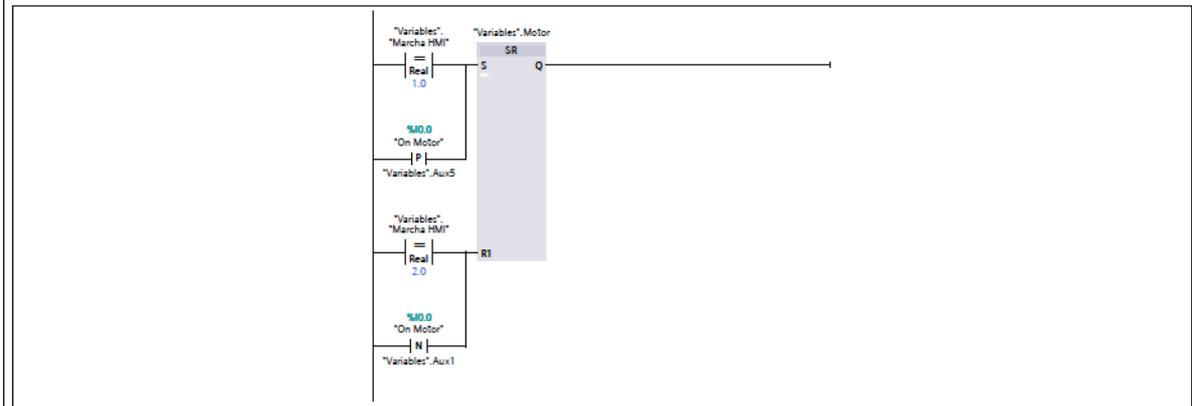
Información							
Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Supervisión	Comentario
Input				
Output				
InOut				
Temp				
Constant				
Return				
Recibe Marchas	Void			

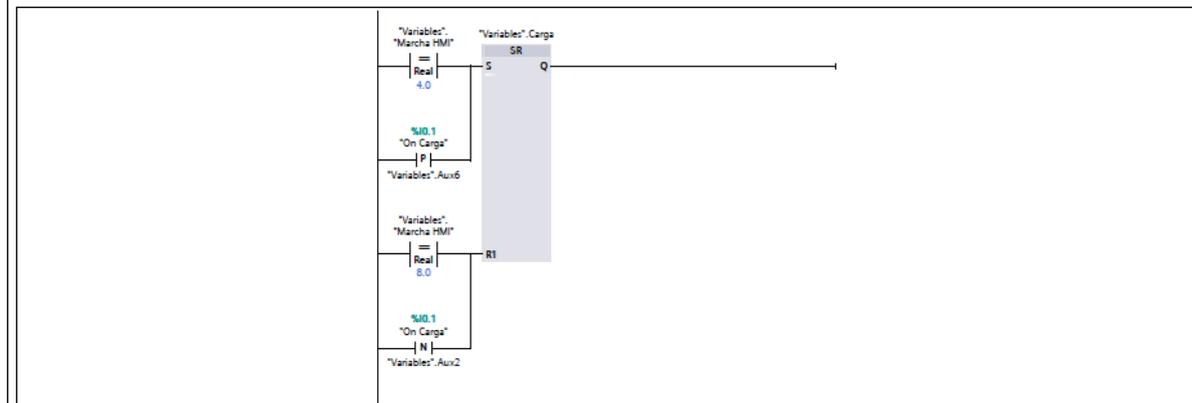
Segmento 1:



Segmento 2:



Segmento 3:



Segmento 4:

B. Variables estandar para la programación de corrección del Factor de Potencia.

PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Variables PLC / Tabla de variables estándar [40]

Variables PLC

Variables PLC								
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia	Accesible desde HMI/OPC UA	Escribible desde HMI/OPC UA	Visible en HMI Engineering	Supervisión	Comentario
<input type="checkbox"/> Clock_Byte	Byte	%M80	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> Clock_10Hz	Bool	%M0.0	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> Clock_5Hz	Bool	%M0.1	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> Clock_2.5Hz	Bool	%M0.2	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> Clock_2Hz	Bool	%M0.3	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> Clock_1.25Hz	Bool	%M0.4	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> Clock_1Hz	Bool	%M0.5	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> Clock_0.625Hz	Bool	%M0.6	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> Clock_0.5Hz	Bool	%M0.7	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> System_Byte	Byte	%M81	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> FirstScan	Bool	%M1.0	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> DiagStatusUpdate	Bool	%M1.1	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> AlwaysTRUE	Bool	%M1.2	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> AlwaysFALSE	Bool	%M1.3	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> MB_CLIENT_Done	Bool	%M2.0	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> MB_CLIENT_Busy	Bool	%M2.1	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> MB_CLIENT_Error	Bool	%M2.2	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> MB_CLIENT_Status	Word	%MW100	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> Tag_2	Bool	%M3.0	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> Motor	Bool	%Q0.0	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> Carga	Bool	%Q0.1	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> Correccion FP	Bool	%Q0.2	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> Clock_1.25Hz	Bool	%M0.4	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> Clock_1Hz	Bool	%M0.5	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> Clock_0.625Hz	Bool	%M0.6	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> Clock_0.5Hz	Bool	%M0.7	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> System_Byte	Byte	%M81	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> FirstScan	Bool	%M1.0	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> DiagStatusUpdate	Bool	%M1.1	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> AlwaysTRUE	Bool	%M1.2	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> AlwaysFALSE	Bool	%M1.3	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> MB_CLIENT_Done	Bool	%M2.0	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> MB_CLIENT_Busy	Bool	%M2.1	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> MB_CLIENT_Error	Bool	%M2.2	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> MB_CLIENT_Status	Word	%MW100	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> Tag_2	Bool	%M3.0	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> Motor	Bool	%Q0.0	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> Carga	Bool	%Q0.1	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> Correccion FP	Bool	%Q0.2	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> On Motor	Bool	%I0.0	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> On Carga	Bool	%I0.1	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> On Correccion Manual	Bool	%I0.2	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/> On Correccion Auto	Bool	%I0.3	False	True	True	True		

C. Variables de programación de corrección del Factor de Potencia.

PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Variables PLC / Tabla de variables_1 [41]

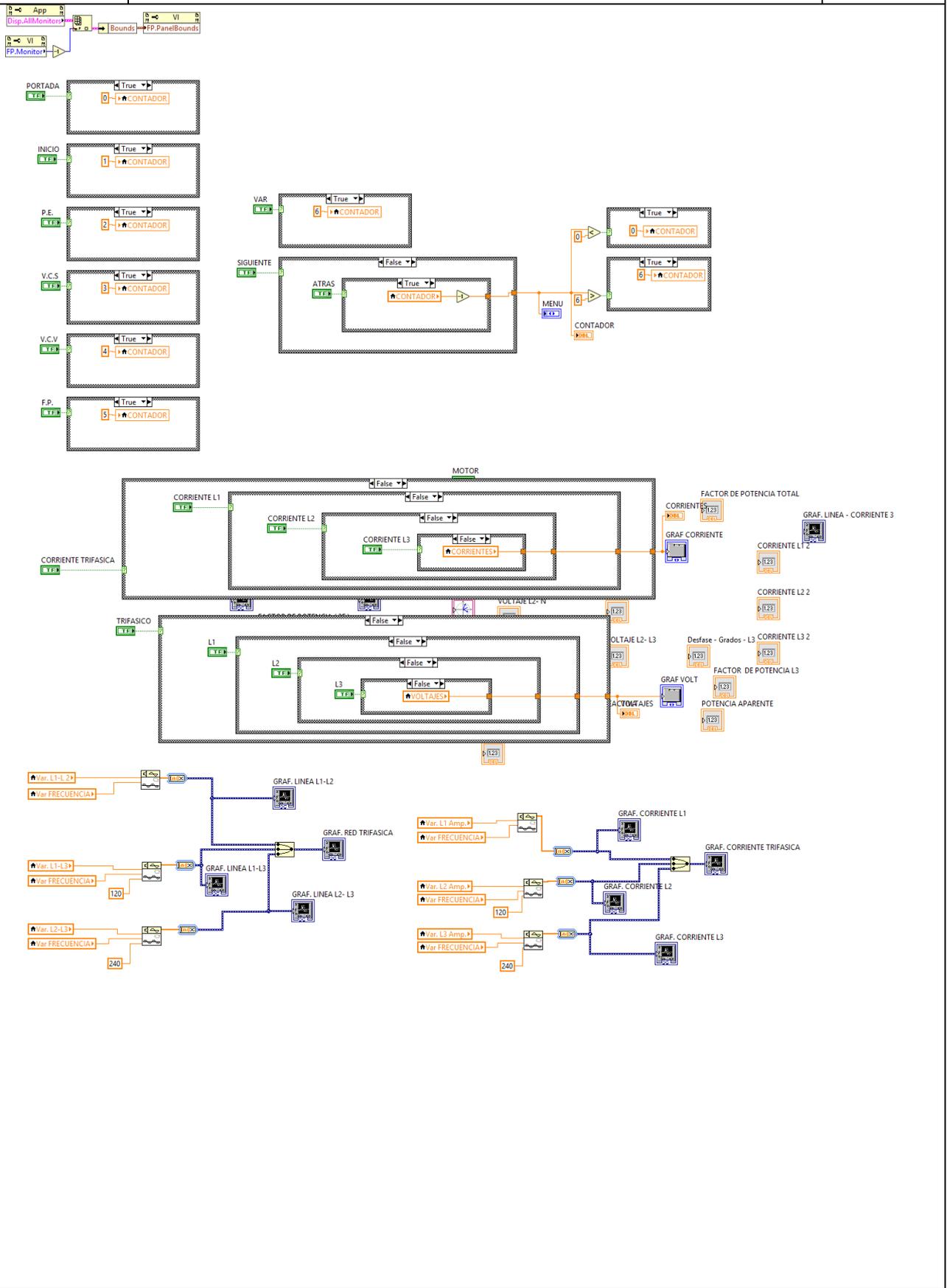
Variables PLC

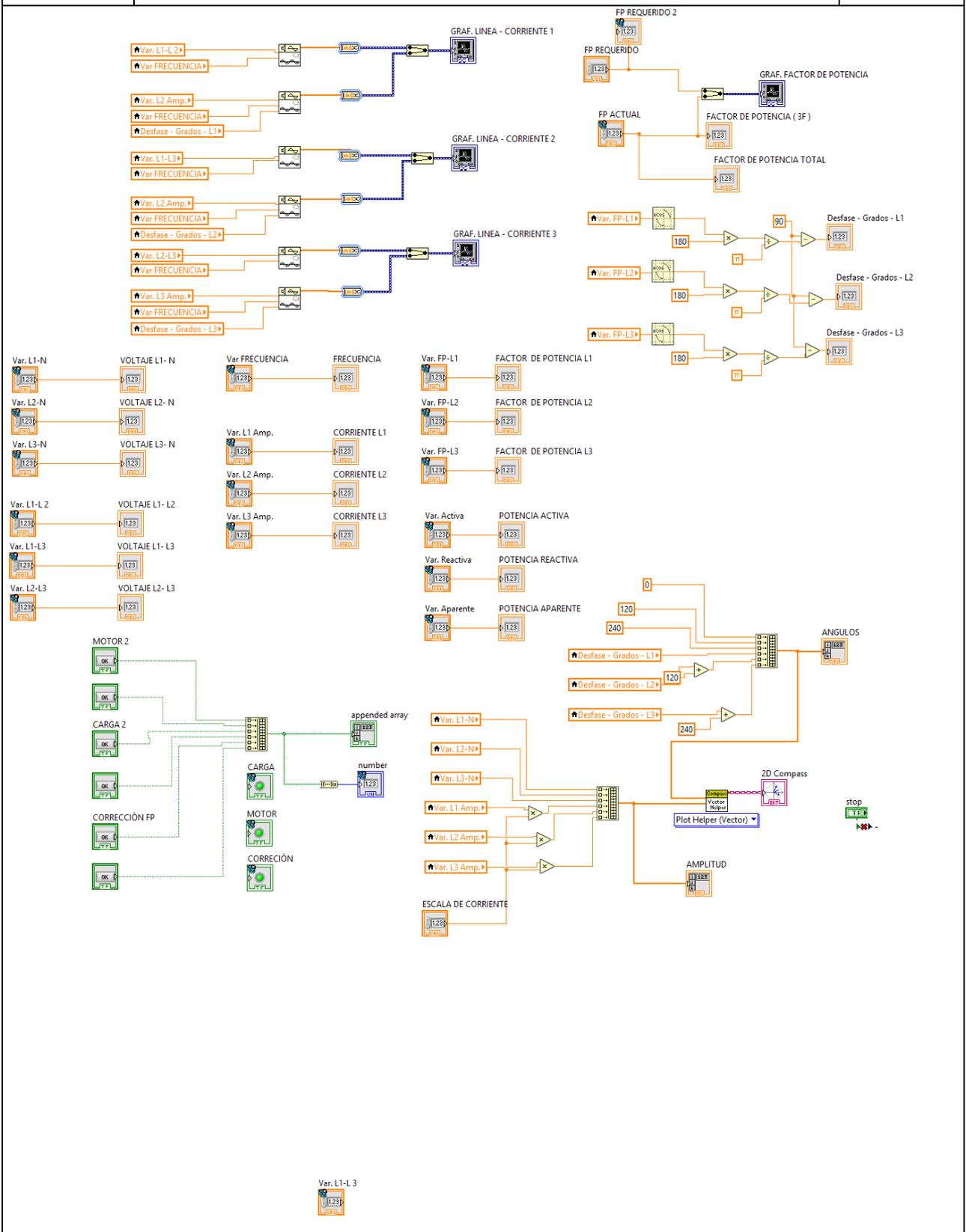
Variables PLC									
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia	Accesible desde HMI/OPC UA	Escritable desde HMI/OPC UA	Visible en HMI Engineering	Supervisión	Comentario	
<input type="checkbox"/>	Tensión UL1-N	Real	%MD1000	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Tensión UL2-N	Real	%MD1004	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Tensión UL3-N	Real	%MD1008	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Tensión UL1-L2	Real	%MD1012	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Tensión UL2-L3	Real	%MD1016	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Tensión UL3-L1	Real	%MD1020	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Corriente L1	Real	%MD1024	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Corriente L2	Real	%MD1028	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Corriente L3	Real	%MD1032	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Potencia aparente L1	Real	%MD1036	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Potencia aparente L2	Real	%MD1040	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Potencia aparente L3	Real	%MD1044	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Potencia activa L1	Real	%MD1048	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Potencia activa L2	Real	%MD1052	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Potencia activa L3	Real	%MD1056	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Potencia reactiva L1	Real	%MD1060	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Potencia reactiva L2	Real	%MD1064	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Potencia reactiva L3	Real	%MD1068	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Factor de potencia L1	Real	%MD1072	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Factor de potencia L2	Real	%MD1076	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Factor de potencia L3	Real	%MD1080	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	THD-R en tensión L1	Real	%MD1084	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	THD-R en tensión L2	Real	%MD1088	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	THD-R en corriente L3	Real	%MD1104	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Frecuencia	Real	%MD1108	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Tensión media UL-N	Real	%MD1112	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Tensión media UL-L	Real	%MD1116	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Corriente media	Real	%MD1120	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Potencia aparente total	Real	%MD1124	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Potencia activa total	Real	%MD1128	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Potencia reactiva total	Real	%MD1132	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Factor de potencia total	Real	%MD1136	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Tag_36	Real	%MD1140	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	FP Requerido	Real	%MD1144	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	Marchas	Real	%MD1148	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	MotorON	Bool	%M10.0	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	CargaON	Bool	%M10.1	False	True	True	True		
<input type="checkbox"/>	CorreccionON	Bool	%M10.2	False	True	True	True		

PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Tablas de observación y forzado permanente

Tabla de observación_1

Nombre	Dirección	Formato visualización	Valor de forzado	Comentario
"Tensión UL1-N"	%MD1000	Número en coma flo- tante		
"Tensión UL2-N"	%MD1004	Número en coma flo- tante		
"Tensión UL3-N"	%MD1008	Número en coma flo- tante		
"Tensión UL1-L2"	%MD1012	Número en coma flo- tante		
"Tensión UL2-L3"	%MD1016	Número en coma flo- tante		
"Tensión UL3-L1"	%MD1020	Número en coma flo- tante		
"Corriente L1"	%MD1024	Número en coma flo- tante		
"Corriente L2"	%MD1028	Número en coma flo- tante		
"Corriente L3"	%MD1032	Número en coma flo- tante		
"Potencia aparente L1"	%MD1036	Número en coma flo- tante		
"Potencia aparente L2"	%MD1040	Número en coma flo- tante		
"Potencia aparente L3"	%MD1044	Número en coma flo- tante		
"Potencia activa L1"	%MD1048	Número en coma flo- tante		
"Potencia activa L2"	%MD1052	Número en coma flo- tante		
"Potencia activa L3"	%MD1056	Número en coma flo- tante		
"Potencia reactiva L1"	%MD1060	Número en coma flo- tante		
"Potencia reactiva L2"	%MD1064	Número en coma flo- tante		
"Potencia reactiva L3"	%MD1068	Número en coma flo- tante		
"Factor de potencia L1"	%MD1072	Número en coma flo- tante		
"Factor de potencia L2"	%MD1076	Número en coma flo- tante		
"Factor de potencia L3"	%MD1080	Número en coma flo- tante		
"THD-R en tensión L1"	%MD1084	Número en coma flo- tante		
"THD-R en tensión L2"	%MD1088	Número en coma flo- tante		
"THD-R en tensión L3"	%MD1092	Número en coma flo- tante		
"THD-R en corriente L1"	%MD1096	Número en coma flo- tante		
"THD-R en corriente L2"	%MD1100	Número en coma flo- tante		
"THD-R en corriente L3"	%MD1104	Número en coma flo- tante		
"Frecuencia"	%MD1108	Número en coma flo- tante		
"Tensión media UL-N"	%MD1112	Número en coma flo- tante		
"Tensión media UL-L"	%MD1116	Número en coma flo- tante		
"Corriente media"	%MD1120	Número en coma flo- tante		
"Potencia aparente total"	%MD1124	Número en coma flo- tante		
"Potencia activa total"	%MD1128	Número en coma flo- tante		
"Potencia reactiva total"	%MD1132	Número en coma flo- tante		
"Factor de potencia total"	%MD1136	Número en coma flo- tante		
"Tag_36"	%MD1140	Número en coma flo- tante		
"FP Requerido"	%MD1144	Número en coma flo- tante		

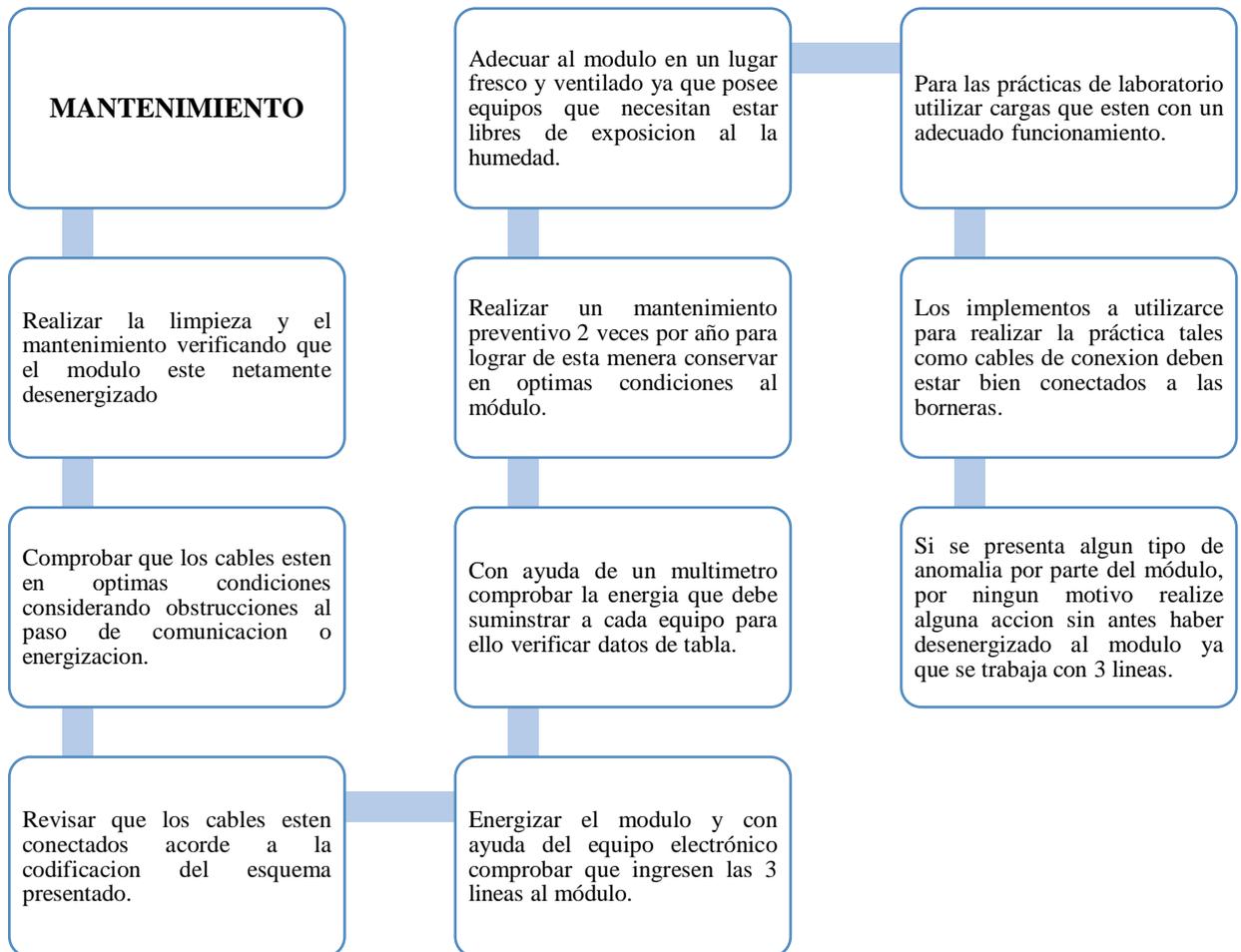




El presente manual contiene instrucciones importantes para una correcta operación del módulo, ya sea funcionamiento y seguridad. Por favor lea el manual de instrucciones y advertencias atentamente antes de operar el módulo.

Tenga en cuenta todas las instrucciones en lo que respecta a equipos de control y operación tal como se indica en el manual.

A. Información sobre el mantenimiento



B. Riesgo de alto choque eléctrico

Por ningún motivo toque un conductor eléctrico si no está seguro de su desenergización.



Asegure que los terminales de los conductores estén bien conectados y de forma correcta.



No realice ningún tipo de mantenimiento si el módulo está energizado.



RIESGO DE CHOQUE ELÉCTRICO

Por más baja que sea la intensidad de corriente con la cual este trabajando siempre utilice herramientas con mango aislante.



Si las conexiones internas del equipo son muy reducidas tenga cuidado de realizar un puente eléctrico que puede ser perjudicial para el operador.



C. Riesgo de atrapamiento

No realice mantenimiento con el módulo encendido



RIESGO DE ATRAPAMIENTO

Procurar no trabajar con ropa muy holgada si el módulo contiene un motor.



Evitar realizar contacto con conductores en mal estado.



D. Funciones y utilización del equipo**Indicadores del medidor de energía****F1 Esc.**

Tecla que nos brinda la facilidad de regresar a la pantalla anterior.

F2 y F3 desplazar

Con estas teclas podemos desplazarnos de manera que suba o baje acorde a las necesidades del usuario.

F4 Menú

Esta opción nos permite desglosar una serie de magnitudes eléctricas a visualizar, logrando así manipular las variables que nosotros necesitemos operar.

E. Instrucciones de manejoEncendido y operación

- Alimentar el módulo a una red trifásica de 220 V.
- Encender el módulo mediante el accionamiento del breaker Q0 el cual permite la energización del módulo
- Asegúrese que esté conectado la alimentación de manera correcta al módulo.
- Encienda el módulo a través de los breakers (Q0 = energización del módulo; Q1 = energización del motor; Q2= energización carga resistiva; Q3= energización carga capacitiva; Q4= energización del Sentron PAC).
- En la parte inferior del monitor se encuentran 4 selectores que comprende al encendido de todo el módulo con sus respectivas cargas. Accione energización del módulo para encender el computador y el Sentron PAC.
- Accionar Q4 para lectura de magnitudes eléctricas en Sentron PAC 3200.
- Encender el computador para posterior utilización del software LabView 2018, lo cual permitirá la visualización de las señales senoidales de la carga.
- Para ejecutar el programa LabView Abrir la carpeta “Factor de potencia”, dar doble clic en “Factor de potencia – Project LabView”, en la ventana que se despliega dar clic en “VI.vi”.
- Al abrir el programa de LabView ejecutarlo dando clic en la parte superior de la barra de herramientas en el icono de RUM 
- Verifique que exista la comunicación con el CPU (conexión Ethernet) observado que ingresen las 3 fases de alimentación en el programa como también en el analizador de energía.
- Para realizar la conexión de las cargas se debe hacerlo en modo desenergizado.
- Para la operación de la carga inductiva verifique la conexión (delta o estrella) de la carga a realizar la práctica, con cables en buen estado.
- Revisar que los terminales de conexión del motor no estén en contacto.
- Encender el motor de 5Hp (accionando el breaker Q1).

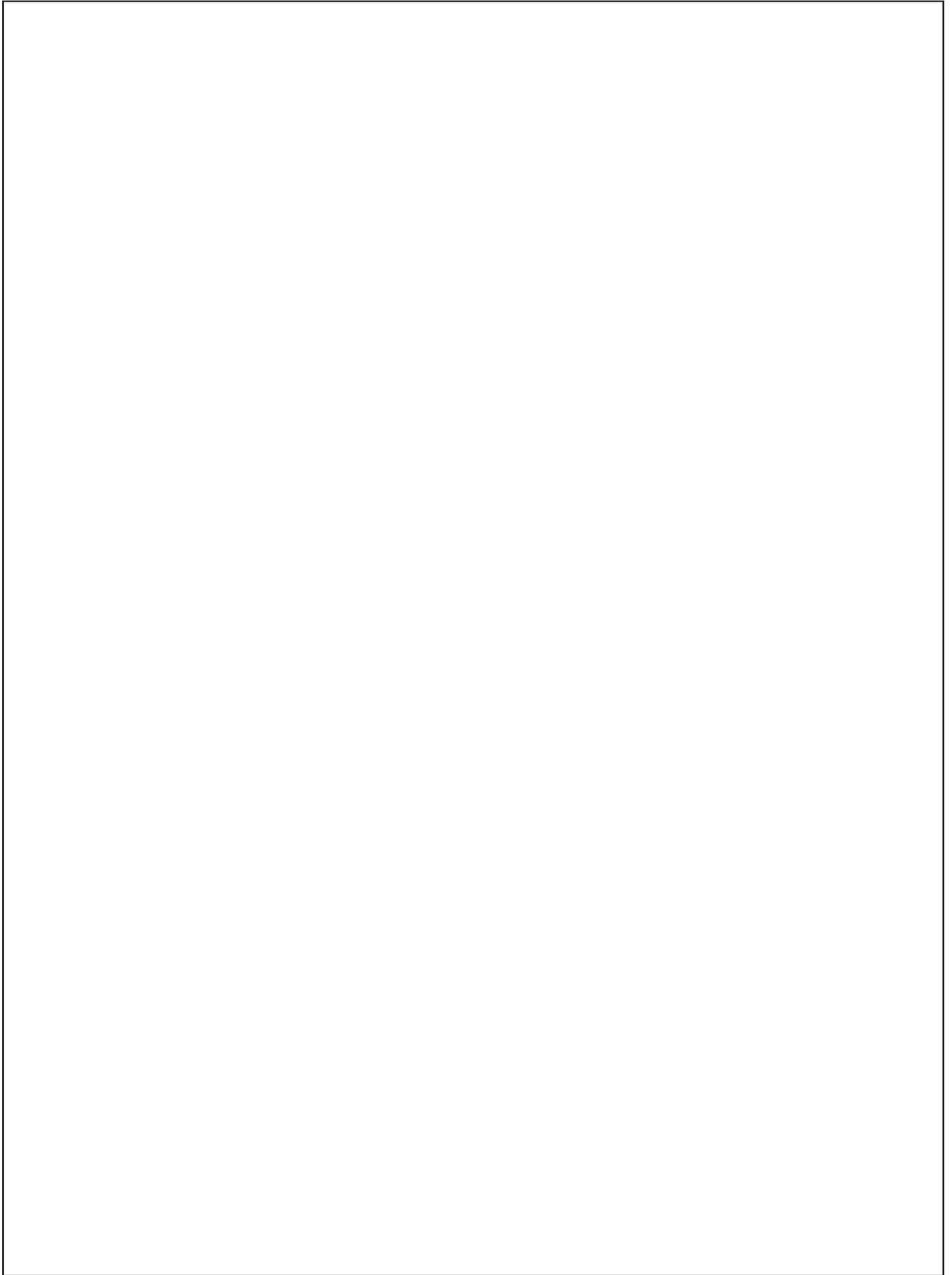
- Mediante el selector del motor accionarlo de manera manual o virtual (LabView).
- Realizar la conexión de la carga resistiva a cada línea.
- Encender la carga resistiva (accionando el breaker Q2).
- Mediante el selector de la carga accionarlo de manera manual o virtual (LabView).
- En el programa dar clic en “siguiente” paulatinamente para visualizar los parámetros eléctricos.
- Accionar el selector de manera manual para la energización de los capacitores y corrección del factor de potencia.

Desenergización del módulo

- Una vez realizado las prácticas se debe apagar el módulo desenergizando de manera secuencial.
- De manera manual desenergizar los capacitores.
- De manera manual o automática desenergizar la carga resistiva.
- De manera manual o automática desenergizar la carga inductiva.
- En el programa Dar clic en “PARAR”, cerrar programa y apagar el computador.
- Desenergizar el modulo mediante el selector de energización.
- Para retirar la alimentación del módulo primero apagar Q4 – Q3 – Q2 - Q1 – Q0.
- Retirar cable de alimentación del módulo.

Recomendación general

- Antes de realizar una intervención en el módulo verifique que los condensadores estén descargados





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

PRÁCTICA DE LABORATORIO

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA		

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Maquinas eléctricas	DURACIÓN (HORAS)
01	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Carga inductiva conexión del motor	

1 OBJETIVOS

- Visualizar el comportamiento de los parámetros eléctricos de la carga monofásica y trifásica.
- Comprobar los desfases correspondientes en retraso e interpretación del triángulo de potencia.
- Obtener los materiales necesario para el desarrollo de la practica
- Chequear el manual de operación
- Realizar la simulación en tiempo real

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. INTRODUCCIÓN

Los motores trifásicos son motores en los que el bobinado inductor colocado en el estator, está formado por tres bobinados independientes desplazados 120° eléctricos entre sí y alimentados por un sistema trifásico de corriente alterna.

Los motores trifásicos asíncronos los podemos encontrar de dos clases:

La primera clase es la que tiene el rotor bobinado.

Y la segunda clase la que tiene el rotor en cortocircuito o también conocido rotor de jaula de ardilla, por su forma parecida a una jaula.

Todo circuito bobinado trifásico se puede conectar bien en estrella o bien en triángulo:

En la conexión en estrella todos los finales de bobina se conectan en un punto común y se alimentan por los otros extremos libres.

Por el contrario en la conexión en triángulo cada final de bobina se conecta al principio de la fase siguiente, alimentando el sistema por los puntos de unión.

En la conexión estrella, la intensidad que recorre cada fase coincide con la intensidad de línea, mientras que la tensión que se aplica a cada fase es (raíz de 3) menor que la tensión de línea.

Por el contrario en la conexión en triángulo la intensidad que recorre cada fase es (Raíz de 3) menor que la intensidad de línea, mientras que la tensión a la que queda sometida cada fase coincide con la tensión de línea.

2.2. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

Fuente de alimentación de 220V
Cables de toda medida
Multímetro digital
Papel y lápiz

2.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD

Realizar las conexiones de las cargas sin energización.

2.4. TRABAJO PREPARATORIO

¿Qué es una carga balanceada y desbalanceada?

¿Qué es el factor de potencia?

¿Cómo se conforma el triángulo de potencia y sus respectivas definiciones?

¿Cómo conectar los motores en estrella y triángulo?

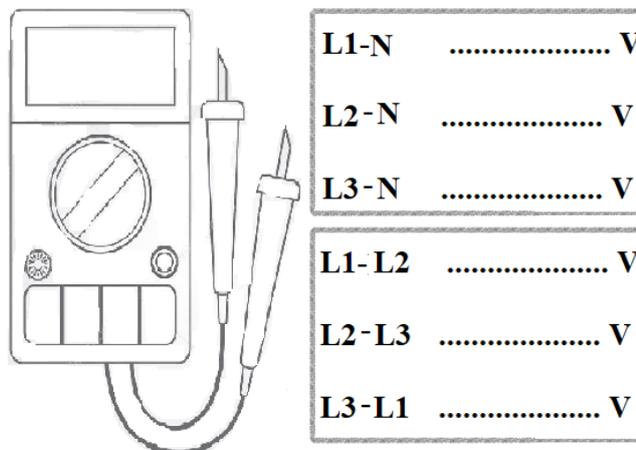
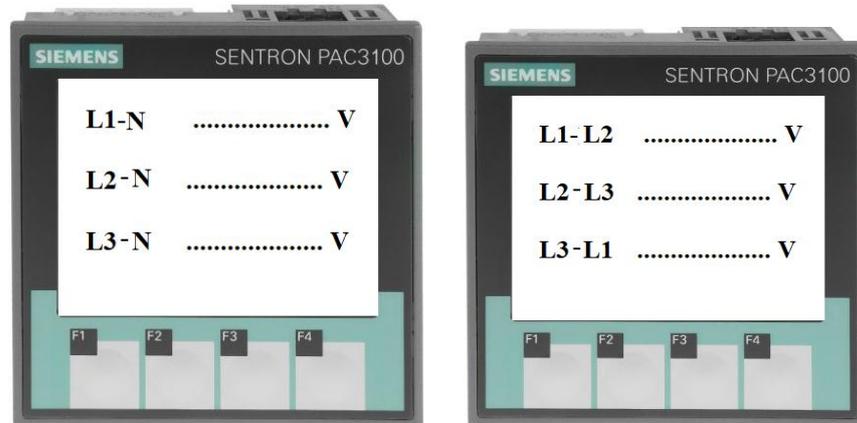
¿Qué es la potencia activa, reactiva y aparente?

Determinar las fórmulas de cada una de las potencias

2.4.1. ACTIVIDADES A DESARROLLAR

- Encender el módulo mediante el accionamiento del breaker Q0 el cual permite la energización del módulo.
- Accione el selector de energización para su operación (habilitación de energía al cpu y Sentron PAC).
- Accionar Q4 para lectura de magnitudes eléctricas en Sentron PAC 3200.
- Encender el computador para posterior utilización del software LabView 2018, lo cual permitirá la visualización de las señales senoidales de la carga.
- Para ejecutar el programa LabView Abrir la carpeta “Factor de potencia”, dar doble clic en “Factor de potencia – Project LabView”, en la ventana que se despliega dar clic en “VI.vi”.
- Al abrir el programa de LabView ejecutarlo dando clic en la parte superior de la barra de herramientas en el icono de RUM 
- Realizar la conexión del motor trifásico como se observa en el esquema de conexión (delta o estrella)

- Revisar que los terminales de conexión del motor no estén en contacto
- Encender el motor de 5Hp (accionando el breaker Q1)
- Mediante el selector del motor accionarlo de manera manual o virtual (LabView).
- De forma virtual dar clic en “siguiente” paulatinamente para visualizar los parámetros eléctricos.
- Visualizar y anotar los datos obtenidos con el analizador de energía (para la tensión de línea a línea presionar F3) y con el multímetro medir los datos señalados.



- Anotar los parámetros eléctricos que se reflejan en el programa en la tabla 1.

Tabla #1.

Magnitud	Lectura	
Lectura de Voltaje		
L1 – N		V
L2 – N		V
L3 – N		V
Lectura de Corriente		
Corriente Fase L1		A
Corriente Fase L2		A
Corriente Fase L3		A

Lectura de Potencia		
Potencia Aparente [S]		KVA
Potencia Reactiva [Q]		KVAR
Potencia Activa [P]		KW
Lectura de coseno del ángulo fp (a través de la opción "siguiente" anotar los datos de la pantalla voltaje –corriente senoidal)		Grados de desfase (°)
L1		
L2		
L3		

2.4.2. METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

Para realizar el cálculo de las potencias (sumar las 3 líneas: tensión, corriente y fp) utilizar los datos obtenidos de la tabla # 1, con las siguientes formulas:

Calculo de potencia activa

$$P_{3\phi} = VxIx \cos \alpha \quad \text{Ec. 1}$$

$$P_{3\phi} = P_1 + P_2 + P_3$$

Calculo de potencia aparente

$$S_{3\phi} = VxI \quad \text{Ec. 2}$$

$$S_{3\phi} = S_1 + S_2 + S_3$$

Calculo de potencia reactiva

$$Q_{3\phi} = VxI \text{sen} \theta \quad \text{Ec. 3}$$

$$Q_{3\phi} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Para el desarrollo del cálculo del desbalance se utiliza la siguiente formula tanto para corriente y de voltaje considerando que el porcentaje según la normativa no debe sobre pasar un 3% (tensión) y 10% (intensidad).

$$D\% = \frac{Im - Ied}{Ied} \times 100 \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

D% = Desequilibrio

Im = Corriente/tensión máxima de las 3 líneas.

Ied = Corriente /tensión media.

INFORME DE PRÁCTICA

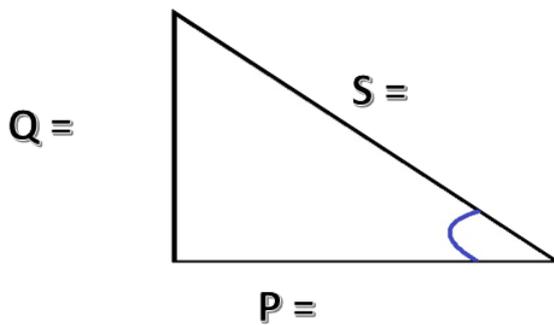
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. ANALISIS DE RESULTADOS

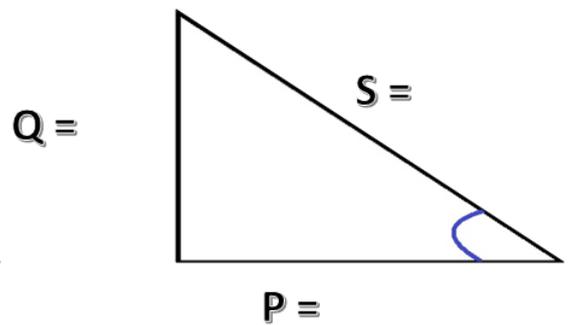
- Mediante los datos de la tabla # 1 y las ecuaciones de las potencias realizar los cálculos, comparar los resultados obtenidos con los calculados (en la siguiente tabla) y determinar su respectivo análisis.

Cálculo de las potencias			
Parámetros	LabView		Calculados
P. activa		KW	KW
P. reactiva		KVAR	KVAR
P. aparente		KVA	KVA

Datos teóricos (LabView)



Datos experimentales calculados



- Interprete y realice un análisis sobre los resultados obtenidos con respecto a las potencias.
- Con los datos obtenidos del programa realice el cálculo del desbalance con la ecuación 4 y determine si los resultados de la tensión e intensidad están dentro del rango establecido.
- Dibujar de forma fasorial el voltaje y corriente en el siguiente recuadro y sus respectivos ángulos. (presione siguiente hasta ubicarse en la pantalla de diagrama fasorial).

3.2. CUESTIONARIO		
<ul style="list-style-type: none">• ¿Cuáles son las causas de un desbalance en la red trifásica?• Determine su análisis con respecto a los datos calculados y los del módulo• ¿Cómo se determina una carga inductiva de manera fasorial?		

5	CONCLUSIONES

6	RECOMENDACIONES

7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
<ul style="list-style-type: none">• https://www.electricaplicada.com/factor-de-potencia-importante-corregirlo/• https://sites.google.com/site/maquinaselectricascarlos/clients/--cargas-inductivas-capacitivas-y-resistivas• http://www.contaval.es/tag/carga-inductiva/• Londoño Ocampo Oscar David, R. G. (2013). Manual para la simulacion de circuitos de corriente alterna Senoidal Haciendo uso del Software Multisim 11.0. Pereira.	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

PRÁCTICA DE LABORATORIO

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA		

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Maquinas eléctricas	DURACIÓN (HORAS)
01	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Carga combinada (resistiva e inductiva)	

1	OBJETIVOS
	<ul style="list-style-type: none">— Visualizar el comportamiento de los parámetros eléctricos de la carga monofásica y trifásica.— Comprobar los desfases correspondientes en retraso e interpretación del triángulo de potencia.— Obtener los materiales necesario para el desarrollo de la practica— Chequear el manual de operación— Realizar la simulación en tiempo real

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
	<h3>2.1. INTRODUCCIÓN</h3> <p>Partiendo del principio de la conservación de la energía, los equipos y dispositivos que utilizan energía eléctrica tienen la función de transformarla en otro tipo, por lo que encontraremos aparatos eléctricos (cargas) que convierten la energía eléctrica en otro tipo de energía como puede ser: energía calorífica (resistencias), luminosa (lámparas), mecánica (motores), magnética (electroimanes), campo eléctrico (capacitores).</p> <p>Carga resistiva</p> <p>Convierte la energía eléctrica en calorífica. La resistencia depende de la tensión y de la corriente. Como expresión matemática es cierta, pero como concepto puede estar lejos de la realidad, ya que la resistencia depende principalmente del material y de sus características físicas</p> <p>Carga inductiva</p> <p>La potencia, que toma la carga en el primer medio ciclo de la fuente de corriente alterna, la convierte en campo magnético variable que, de acuerdo con las leyes de Faraday y Lenz, producen una tensión en la</p>

bobina que se opone a la fuente que la produce. De tal forma que en el siguiente medio ciclo regresa la potencia a la fuente. Al igual que en el capacitor, la inductancia (bobina) toma potencia de la fuente, la usa y posteriormente la regresa y no la consume.

2.2. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

Fuente de alimentación de 220V

Cables de toda medida

Multímetro digital

Papel y lápiz

2.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD

Realizar las conexiones de las cargas sin energización.

2.4. TRABAJO PREPARATORIO

¿Qué es una carga balanceada y desbalanceada?

¿Qué es el factor de potencia?

¿Cómo se conforma el triángulo de potencia y sus respectivas definiciones?

¿Cómo conectar los motores en estrella y triángulo?

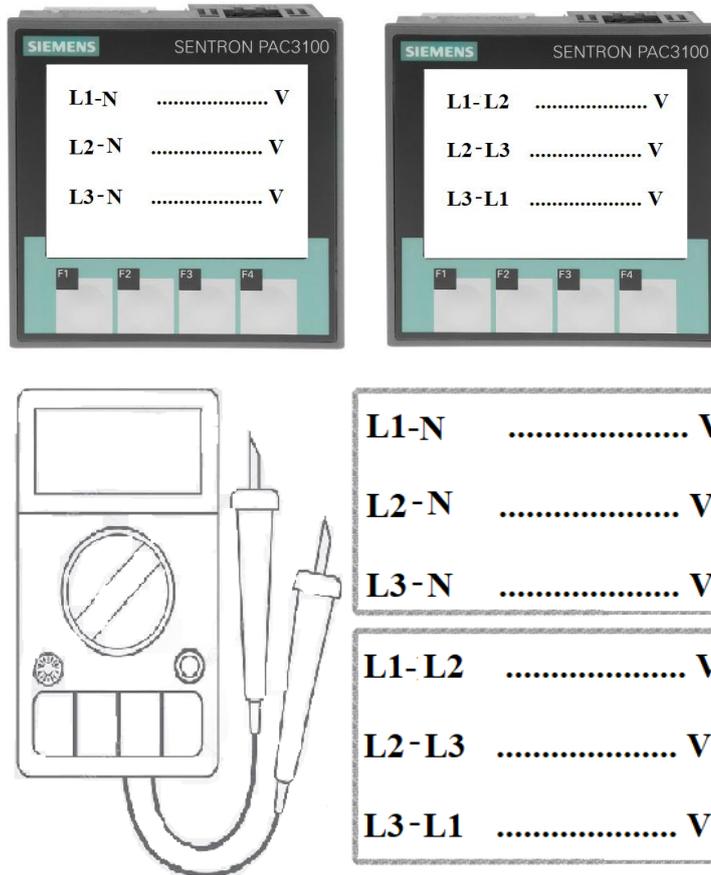
¿Qué es la potencia activa, reactiva y aparente?

Determinar las fórmulas de cada una de las potencias

2.4.1. ACTIVIDADES A DESARROLLAR

- Encender el módulo mediante el accionamiento del breaker Q0 el cual permite la energización del módulo.
- Accione el selector de energización para su operación (habilitación de energía al cpu y Sentron PAC).
- Accionar Q4 para lectura de magnitudes eléctricas en Sentron PAC 3200.
- Encender el computador para posterior utilización del software LabView 2018, lo cual permitirá la visualización de las señales senoidales de la carga.
- Para ejecutar el programa LabView Abrir la carpeta “Factor de potencia”, dar doble clic en “Factor de potencia – Project LabView”, en la ventana que se despliega dar clic en “VI.vi”.
- Al abrir el programa de LabView ejecutarlo dando clic en la parte superior de la barra de herramientas en el icono de RUM 
- Realizar la conexión del motor trifásico como se observa en el esquema de conexión (delta o estrella)
- Revisar que los terminales de conexión del motor no estén en contacto
- Encender el motor de 5Hp (accionando el breaker Q1)
- Mediante el selector del motor accionarlo de manera manual o virtual (LabView).
- Realizar la conexión de la carga resistiva a cada línea
- Encender la carga resistiva (accionando el breaker Q2)
- Mediante el selector de la carga accionarlo de manera manual o automática (LabView).

- En el programa dar clic en “siguiente” paulatinamente para visualizar los parámetros eléctricos.
- Visualizar y anotar los datos obtenidos con el analizador de energía (para la tensión de línea a línea presionar F3) y con el multímetro medir los datos señalados.



- Anotar los parámetros eléctricos que se reflejan en el programa en la tabla 1.

Tabla #1.

Magnitud	Lectura	
Lectura de Voltaje		
L1 – N		A
L2 – N		A
L3 – N		A
Lectura de Corriente		
Corriente Fase L1		KVA
Corriente Fase L2		KVAR
Corriente Fase L3		KW
Lectura de Potencia		
Potencia Aparente [S]		KVA
Potencia Reactiva [Q]		KVAR

Potencia Activa [P]		KW
Lectura de coseno del ángulo fp (a través de la opción "siguiente" anotar los datos de la pantalla voltaje –corriente senoidal)		Grados de desfase (°)
L1		
L2		
L3		

2.4.2. METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

Para realizar el cálculo de las potencias (sumar las 3 líneas: tensión, corriente y fp) utilizar los datos obtenidos de la tabla # 1, con las siguientes formulas:

Calculo de potencia activa

$$P_{3\phi} = VxIx \text{ COS } \alpha \quad \text{Ec. 1}$$

$$P_{3\phi} = P_1 + P_2 + P_3$$

Calculo de potencia aparente

$$S_{3\phi} = VxI \quad \text{Ec. 2}$$

$$S_{3\phi} = S_1 + S_2 + S_3$$

Calculo de potencia reactiva

$$Q_{3\phi} = VxIx \text{ sen } \theta \quad \text{Ec. 3}$$

$$Q_{3\phi} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Para el desarrollo del cálculo del desbalance se utiliza la siguiente formula tanto para corriente y de voltaje considerando que el porcentaje según la normativa no debe sobre pasar un 3% (tensión) y 10% (intensidad).

$$D\% = \frac{Im - Ied}{Ied} \times 100 \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

D% = Desequilibrio

Im = Corriente/tensión máxima de las 3 líneas.

Ied = Corriente /tensión media.

INFORME DE PRÁCTICA

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

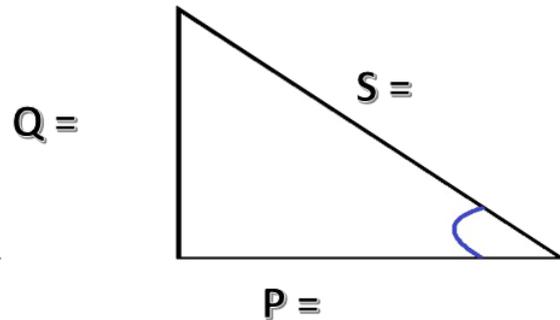
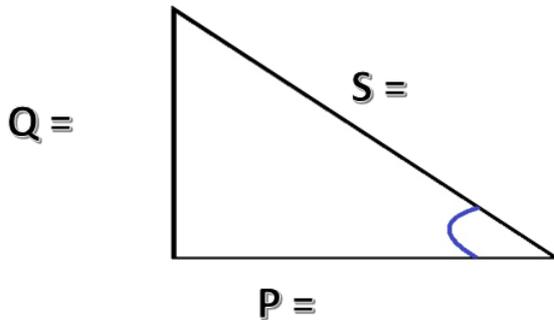
3.3. ANALISIS DE RESULTADOS

- Mediante los datos de la tabla # 1 y las ecuaciones de las potencias realizar los cálculos, comparar los resultados obtenidos con los calculados (en la siguiente tabla) y determinar su respectivo análisis.

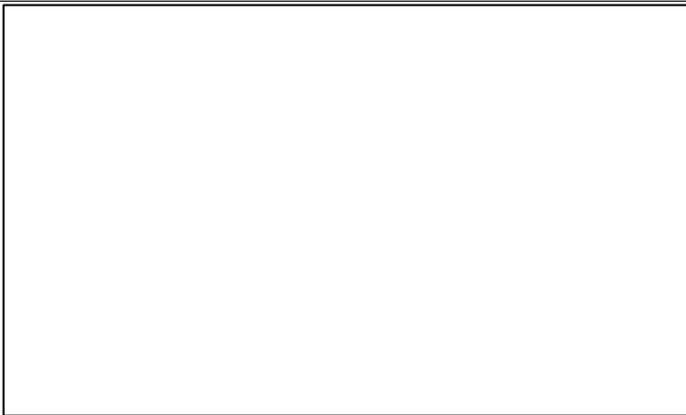
Cálculo de las potencias			
Parámetros	LabView		Calculados
P. activa		KW	KW
P. reactiva		KVAR	KVAR
P. aparente		KVA	KVA

Datos teóricos (LabView)

Datos experimentales (calculados)



- Interprete y realice un análisis sobre los resultados obtenidos con respecto a las potencias.
- Con los datos obtenidos del programa realice el cálculo del desbalance con la ecuación 4 y determine si los resultados de la tensión e intensidad están dentro del rango establecido.
- Dibujar de forma fasorial el voltaje y corriente en el siguiente recuadro y sus respectivos ángulos. (presione siguiente hasta ubicarse en la pantalla de diagrama fasorial).



3.4. CUESTIONARIO

- ¿Cuáles son las causas de un desbalance en la red trifásica?
- Determine su análisis con respecto a los datos calculados y los del módulo
- ¿Cómo se determina una carga inductiva de manera fasorial?

5	CONCLUSIONES

6	RECOMENDACIONES

7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
<ul style="list-style-type: none">• https://www.electricaplicada.com/factor-de-potencia-importante-corregirlo/• https://sites.google.com/site/maquinaselectricascarlos/clients/--cargas-inductivas-capacitivas-y-resistivas• http://www.contaval.es/tag/carga-inductiva/• Londoño Ocampo Oscar David, R. G. (2013). Manual para la simulacion de circuitos de corriente alterna Senoidal Haciendo uso del Software Multisim 11.0. Pereira.	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

PRÁCTICA DE LABORATORIO

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA		

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Maquinas eléctricas	DURACIÓN (HORAS)
01	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Corrección del factor de potencia a carga combinada	

1	OBJETIVOS
	<ul style="list-style-type: none">— Visualizar el comportamiento de los parámetros eléctricos de la carga monofásica y trifásica.— Comprobar los desfases correspondientes en retraso e interpretación del triángulo de potencia.— Obtener los materiales necesario para el desarrollo de la practica— Chequear el manual de operación— Realizar la simulación en tiempo real

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
	<p>2.5. INTRODUCCIÓN</p> <p>Se define el Factor de Potencia (fp) de un circuito de corriente alterna, como la relación entre las potencias activa y aparente. Si las corrientes y tensiones son perfectamente senoidales, FP y $\cos \psi$ coinciden, siendo $\cos \psi$ el coseno del ángulo que forman los fasores de corriente y tensión, el que es determinado por la impedancia equivalente del sistema eléctrico.</p> <p>A partir de esto, se puede entender el FP como una medida de la capacidad de una carga de absorber potencia activa. Por esta razón, en cargas puramente resistivas, $FP = 1$; y en elementos inductivos y capacitivos ideales sin resistencia, $FP = 0$. Suele decirse que el FP está adelantado o atrasado, lo que tiene el siguiente significado:</p> <ul style="list-style-type: none">• FP adelantado: la corriente se adelanta con respecto a la tensión, lo que implica carga capacitiva, siendo la potencia reactiva negativa.• FP atrasado: la corriente se retrasa con respecto a la tensión, lo que implica carga inductiva, resultando una potencia reactiva positiva

El factor de potencia es la relación de la corriente y el voltaje en los sistemas de distribución eléctrica de AC. En condiciones ideales, la corriente y la tensión están “en fase” y el factor de potencia es “100%”. Si hay cargas inductivas (motores), puede ocurrir un factor de potencia inferior al 100% (normalmente del 80 al 90%).

El bajo factor de potencia, en términos eléctricos, hace que fluya una corriente más intensa en las líneas de distribución de energía para entregar una cantidad determinada de kilovatios a una carga eléctrica.

Mejorar el Factor de potencia puede maximizar la capacidad de transporte de corriente, mejorar el voltaje de los equipos, reducir las pérdidas de energía y reducir las facturas de electricidad. La forma más sencilla de mejorar el factor de potencia es agregar condensadores de corrección F.P al sistema eléctrico.

2.6. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

Fuente de alimentación de 220V
Cables de toda medida
Multímetro digital
Papel y lápiz

2.7. MEDIDAS DE SEGURIDAD

Realizar las conexiones de las cargas sin energización.

2.8. TRABAJO PREPARATORIO

¿Qué es una carga balanceada y desbalanceada?

¿Qué es el factor de potencia?

¿Cómo se conforma el triángulo de potencia y sus respectivas definiciones?

¿Cómo conectar los motores en estrella y triángulo?

¿Qué es la potencia activa, reactiva y aparente?

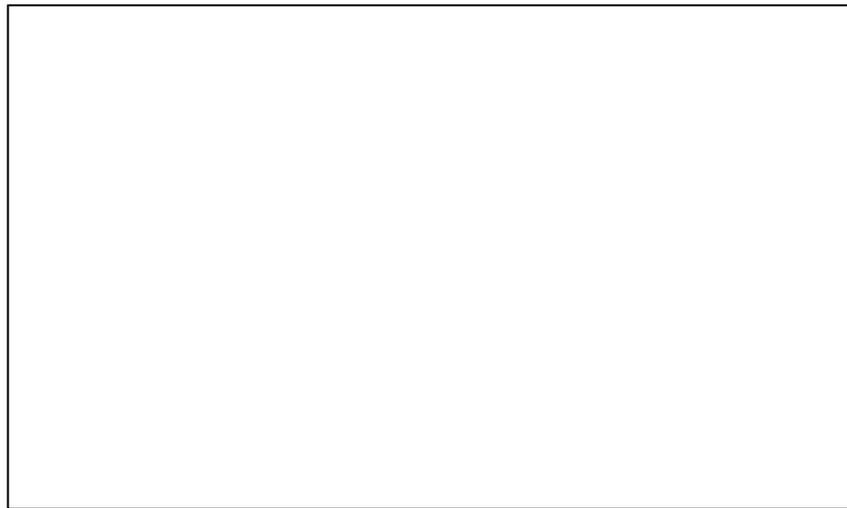
Determinar las fórmulas de cada una de las potencias

2.8.1. ACTIVIDADES A DESARROLLAR

- Encender el módulo mediante el accionamiento del breaker Q0 el cual permite la energización del módulo.
- Accione el selector de energización para su operación (habilitación de energía al cpu y Sentron PAC).
- Accionar Q4 para lectura de magnitudes eléctricas en Sentron PAC 3200.
- Encender el computador para posterior utilización del software LabView 2018, lo cual permitirá la visualización de las señales senoidales de la carga.
- Para ejecutar el programa LabView Abrir la carpeta “Factor de potencia”, dar doble clic en “Factor de potencia – Project LabView”, en la ventana que se despliega dar clic en “VI.vi”.
- Al abrir el programa de LabView ejecutarlo dando clic en la parte superior de la barra de herramientas en el icono de RUM 
- Realizar la conexión del motor trifásico como se observa en el esquema de conexión (delta o

estrella)

- Revisar que los terminales de conexión del motor no estén en contacto
- Encender el motor de 5Hp (accionando el breaker Q1)
- Mediante el selector del motor accionarlo de manera manual o virtual (LabView).
- Realizar la conexión de la carga resistiva a cada línea
- Encender la carga resistiva (accionando el breaker Q2)
- Mediante el selector de la carga accionarlo de manera manual o automática (LabView).
- En el programa dar clic en “siguiente” paulatinamente para visualizar los parámetros eléctricos.
- Mediante el icono “siguiente” ubíquese en el “diagrama fasorial – triángulo de potencia” y dibuje el triángulo expuesto en el plano sobre el siguiente recuadro con sus respectivas medidas.

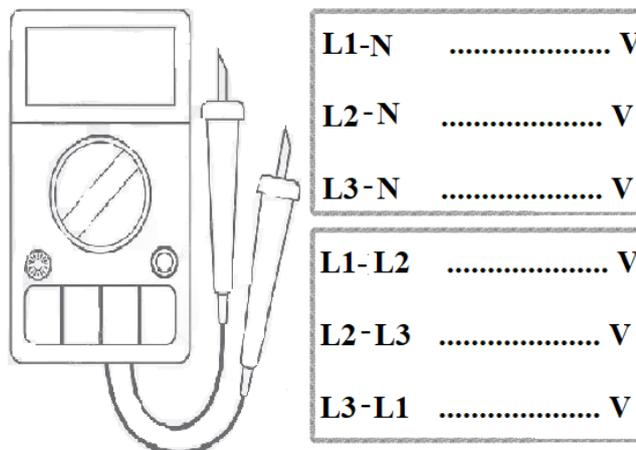
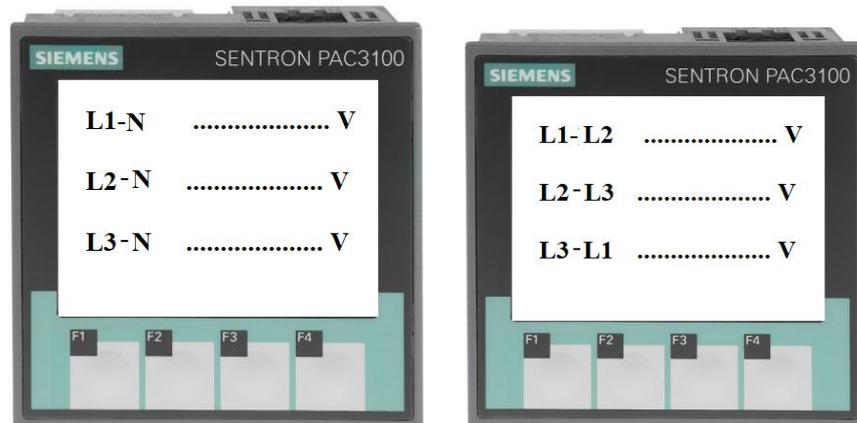


- Accionar el selector de manera manual para la energización de los capacitores y corrección del factor de potencia.
- Una vez accionado los capacitores, dibujar el nuevo triángulo expuesto en la misma ventana sobre el siguiente recuadro con sus respectivas medidas.



- Analice los resultados sobre el primer y segundo triángulo de potencias. Y exponga su opinión sobre la corrección del factor de potencia.
- Visualizar y anotar los datos obtenidos con el analizador de energía (para la tensión de línea a línea

presionar F3) y con el multímetro medir los datos señalados.



— Anotar los parámetros eléctricos que se reflejan en el programa en la tabla 1.

Tabla #1.

Magnitud	Lectura	
Lectura de Voltaje		
L1 – N		V
L2 – N		V
L3 – N		V
Lectura de Corriente		
Corriente Fase L1		A
Corriente Fase L2		A

Corriente Fase L3		A
Lectura de Potencia		
Potencia Aparente [S]		KVA
Potencia Reactiva [Q]		KVAR
Potencia Activa [P]		KW
Lectura de coseno del ángulo fp (a través de la opción "siguiente" anotar los datos de la pantalla voltaje –corriente senoidal)		Grados de desfase (°)
L1		
L2		
L3		

2.8.2. METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

Para realizar el cálculo de las potencias (sumar las 3 líneas: tensión, corriente y fp) utilizar los datos obtenidos de la tabla # 1, con las siguientes formulas:

Calculo de potencia activa

$$P_{3\phi} = VxIx \text{ COS } \alpha \quad \text{Ec. 1}$$

$$P_{3\phi} = P_1 + P_2 + P_3$$

Calculo de potencia aparente

$$S_{3\phi} = VxI \quad \text{Ec. 2}$$

$$S_{3\phi} = S_1 + S_2 + S_3$$

Calculo de potencia reactiva

$$Q_{3\phi} = VxIx \text{ sen } \theta \quad \text{Ec. 3}$$

$$Q_{3\phi} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Para el desarrollo del cálculo del desbalance se utiliza la siguiente formula tanto para corriente y de voltaje considerando que el porcentaje según la normativa no debe sobre pasar un 3% (tensión) y 10% (intensidad).

$$D\% = \frac{I_{m-Ied}}{I_{ed}} \times 100 \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

D% = Desequilibrio

Im = Corriente/tensión máxima de las 3 líneas.

Ied = Corriente /tensión media.

INFORME DE PRÁCTICA

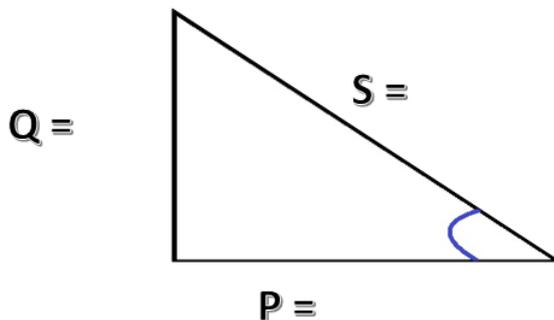
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.5. ANALISIS DE RESULTADOS

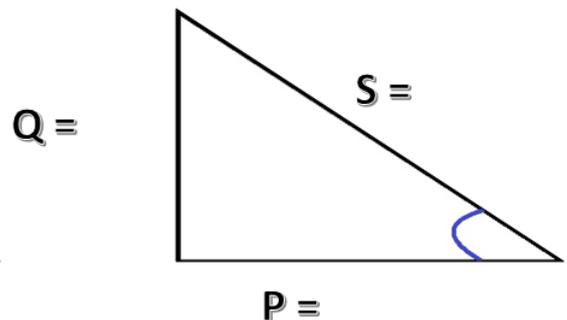
- Mediante los datos de la tabla # 1 y las ecuaciones de las potencias realizar los cálculos, comparar los resultados obtenidos con los calculados (en la siguiente tabla) y determinar su respectivo análisis.

Cálculo de las potencias			
Parámetros	LabView		Calculados
P. activa		KW	KW
P. reactiva		KVAR	KVAR
P. aparente		KVA	KVA

Datos teóricos LabView



Datos experimentales calculados



- Interprete y realice un análisis sobre los resultados obtenidos con respecto a las potencias.
- Con los datos obtenidos del programa realice el cálculo del desbalance con la ecuación 4 y determine si los resultados de la tensión e intensidad están dentro del rango establecido.
- Dibujar de forma fasorial el voltaje y corriente en el siguiente recuadro y sus respectivos ángulos. (presione siguiente hasta ubicarse en la pantalla de diagrama fasorial).



3.6. CUESTIONARIO

- ¿Cuáles son las causas de un desbalance en la red trifásica?
- Determine su análisis con respecto a los datos calculados y los del módulo
- ¿Cómo se determina una carga inductiva de manera fasorial?
- Analice el factor de potencia el antes y después de accionar el banco de capacitores.

5	CONCLUSIONES

6	RECOMENDACIONES

7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
<ul style="list-style-type: none">• https://www.electricaplicada.com/factor-de-potencia-importante-corregirlo/• https://sites.google.com/site/maquinaselectricascarlos/clients/--cargas-inductivas-capacitivas-y-resistivas• http://www.contaval.es/tag/carga-inductiva/• Londoño Ocampo Oscar David, R. G. (2013). Manual para la simulacion de circuitos de corriente alterna Senoidal Haciendo uso del Software Multisim 11.0. Pereira.	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

PRÁCTICA DE LABORATORIO EJEMPLO

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA	Ejemplo	Ejemplo

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Maquinas eléctricas	DURACIÓN (HORAS)
01	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Carga inductiva conexión del motor	xxx

1 OBJETIVOS

- Visualizar el comportamiento de los parámetros eléctricos de la carga monofásica y trifásica.
- Comprobar los desfases correspondientes en retraso e interpretación del triángulo de potencia.
- Obtener los materiales necesario para el desarrollo de la practica
- Chequear el manual de operación
- Realizar la simulación en tiempo real

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.5. INTRODUCCIÓN

Los motores trifásicos son motores en los que el bobinado inductor colocado en el estator, está formado por tres bobinados independientes desplazados 120° eléctricos entre sí y alimentados por un sistema trifásico de corriente alterna.

Los motores trifásicos asíncronos los podemos encontrar de dos clases:

La primera clase es la que tiene el rotor bobinado.

Y la segunda clase la que tiene el rotor en cortocircuito o también conocido rotor de jaula de ardilla, por su forma parecida a una jaula.

Todo circuito bobinado trifásico se puede conectar bien en estrella o bien en triángulo:

En la conexión en estrella todos los finales de bobina se conectan en un punto común y se alimentan por los otros extremos libres.

Por el contrario en la conexión en triángulo cada final de bobina se conecta al principio de la fase siguiente,

alimentando el sistema por los puntos de unión.

En la conexión estrella, la intensidad que recorre cada fase coincide con la intensidad de línea, mientras que la tensión que se aplica a cada fase es (raíz de 3) menor que la tensión de línea.

Por el contrario en la conexión en triángulo la intensidad que recorre cada fase es (Raíz de 3) menor que la intensidad de línea, mientras que la tensión a la que queda sometida cada fase coincide con la tensión de línea.

2.6. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

Fuente de alimentación de 220V
Cables de toda medida
Multímetro digital
Papel y lápiz

2.7. MEDIDAS DE SEGURIDAD

Realizar las conexiones de las cargas sin energización.

2.8. TRABAJO PREPARATORIO

¿Qué es una carga balanceada y desbalanceada?

¿Qué es el factor de potencia?

¿Cómo se conforma el triángulo de potencia y sus respectivas definiciones?

¿Cómo conectar los motores en estrella y triángulo?

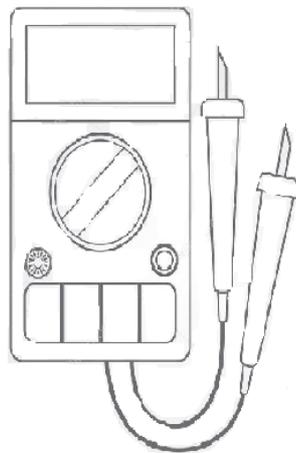
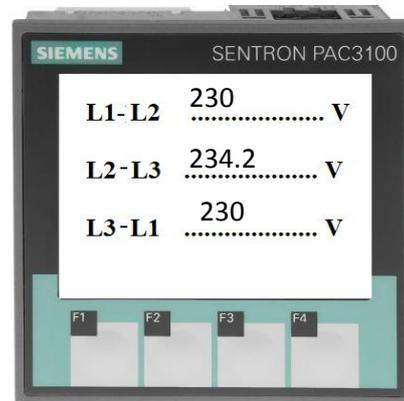
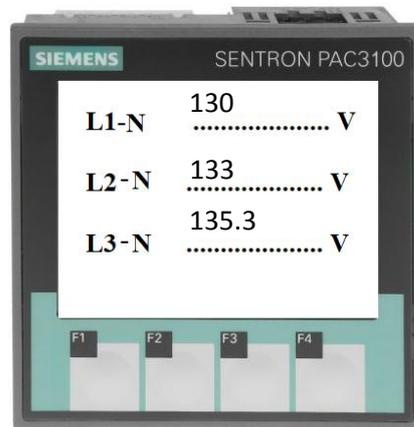
¿Qué es la potencia activa, reactiva y aparente?

Determinar las fórmulas de cada una de las potencias

2.8.1. ACTIVIDADES A DESARROLLAR

- Encender el módulo mediante el accionamiento del breaker Q0 el cual permite la energización del módulo.
- Accione el selector de energización para su operación (habilitación de energía al cpu y Sentron PAC).
- Accionar Q4 para lectura de magnitudes eléctricas en Sentron PAC 3200.
- Encender el computador para posterior utilización del software LabView 2018, lo cual permitirá la visualización de las señales senoidales de la carga.
- Para ejecutar el programa LabView Abrir la carpeta “Factor de potencia”, dar doble clic en “Factor de potencia – Project LabView”, en la ventana que se despliega dar clic en “VI.vi”.
- Al abrir el programa de LabView ejecutarlo dando clic en la parte superior de la barra de herramientas en el icono de RUM 
- Realizar la conexión del motor trifásico como se observa en el esquema de conexión (delta o estrella)
- Revisar que los terminales de conexión del motor no estén en contacto

- Encender el motor de 5Hp (accionando el breaker Q1)
- Mediante el selector del motor accionarlo de manera manual o virtual (LabView).
- De forma virtual dar clic en “siguiente” paulatinamente para visualizar los parámetros eléctricos.
- Visualizar y anotar los datos obtenidos con el analizador de energía (para la tensión de línea a línea presionar F3) y con el multímetro medir los datos señalados.



L1-N	128.3	V
L2-N	129.4	V
L3-N	129.6	V

L1-L2	230	V
L2-L3	233.2	V
L3-L1	229.8	V

- Anotar los parámetros eléctricos que se reflejan en el programa en la tabla 1.

Tabla #1.

Magnitud	Lectura	
Lectura de Voltaje		
L1 – N	132.3	V
L2 – N	137.8	V
L3 – N	135.6	V
Lectura de Corriente		
Corriente Fase L1	6.235	A
Corriente Fase L2	6.965	A
Corriente Fase L3	6.203	A
Lectura de Potencia		

Potencia Aparente [S]	2625	VA
Potencia Reactiva [Q]	2534	VAR
Potencia Activa [P]	438.1	W
Lectura de coseno del ángulo fp (a través de la opción "siguiente" anotar los datos de la pantalla voltaje –corriente senoidal)		Grados de desfase (°)
L1	0.1523	64.82
L2	0.1444	65.79
L3	0.207	60.07

2.8.2. METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

Para realizar el cálculo de las potencias (sumar las 3 líneas: tensión, corriente y fp) utilizar los datos obtenidos de la tabla # 1, con las siguientes formulas:

Calculo de potencia activa

$$P_{3\phi} = VxIx \text{ COS } \alpha \quad \text{Ec. 1}$$

$$P_{3\phi} = P_1 + P_2 + P_3$$

$$P_{3\phi} = (132.3 \times 6.235 \times 0.1523) + (137.8 \times 6.965 \times 0.144) + (135.6 \times 6.205 \times 0.207)$$

$$P_{3\phi} = 43800 \text{ W}$$

Calculo de potencia aparente

$$S_{3\phi} = VxI \quad \text{Ec. 2}$$

$$S_{3\phi} = S_1 + S_2 + S_3$$

$$S_{3\phi} = (132.3 \times 6.235 \times 0.904) + (137.8 \times 6.965 \times 0.912) + (135.6 \times 6.205 \times 0.866)$$

$$S_{3\phi} = 2626 \text{ VA}$$

Calculo de potencia reactiva

$$Q_{3\phi} = VxIx \text{ sen } \theta \quad \text{Ec.3}$$

$$Q_{3\phi} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_{3\phi} = (132.3 \times 6.235 \times 0.904) + (137.8 \times 6.965 \times 0.912) + (135.6 \times 6.205 \times 0.866)$$

$$Q_{3\phi} = 2349 \text{ VAR}$$

Para el desarrollo del cálculo del desbalance se utiliza la siguiente formula tanto para corriente y de voltaje considerando que el porcentaje según la normativa no debe sobre pasar un 3% (tensión) y 10% (intensidad).

$$D\% = \frac{I_m - I_{ed}}{I_{ed}} \times 100 \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

D% = Desequilibrio

I_m = Corriente/tensión máxima de las 3 líneas.

I_{ed} = Corriente /tensión media.

Desbalance de voltaje

$$D\% = \frac{137.8 - 135.23}{135.23} \times 100$$

$$D\% = 1.90$$

Desbalance de corriente

$$D\% = \frac{6.965 - 6.43}{6.43} \times 100$$

$$D\% = 8.3203$$

INFORME DE PRÁCTICA

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

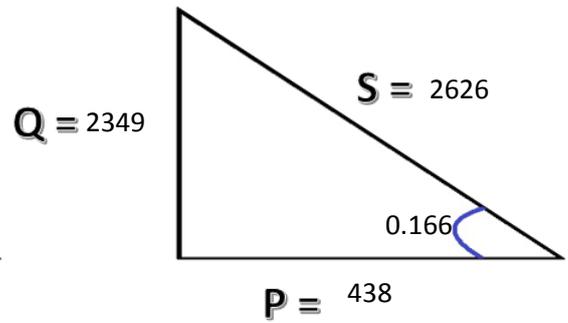
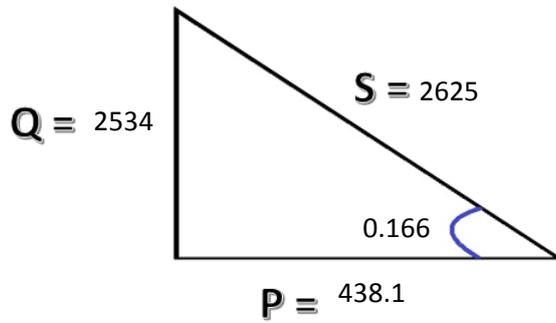
3.7. ANALISIS DE RESULTADOS

- Mediante los datos de la tabla # 1 y las ecuaciones de las potencias realizar los cálculos, comparar los resultados obtenidos con los calculados (en la siguiente tabla) y determinar su respectivo análisis.

Cálculo de las potencias				
Parámetros	LabView		Calculados	
P. activa	438.1	W	438	W
P. reactiva	2534	VAR	2349	VAR
P. aparente	2625	VA	2626	VA

Datos teóricos (LabView)

Datos experimentales calculados



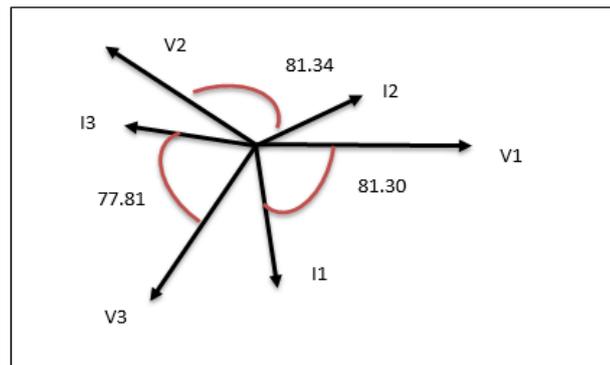
Analisis

Los resultados son similares su diferencia se debe al momento de toma de datos debido que labVIEW los da en tiempo real y estos pueden variar

- Interprete y realice un análisis sobre los resultados obtenidos con respecto a las potencias.
- Con los datos obtenidos del programa realice el cálculo del desbalance con la ecuación 4 y determine si los resultados de la tensión e intensidad están dentro del rango establecido.

Los valores se encuentra en los rangos permitido tanto el voltaje como la corriente puesto que el voltaje es de 1.90% y el valor de corriente es de 8.32%, respetando los parámetros que exige de #% de voltaje y de corriente del 10%

- Dibujar de forma fasorial el voltaje y corriente en el siguiente recuadro y sus respectivos ángulos. (presione siguiente hasta ubicarse en la pantalla de diagrama fasorial).



3.8. CUESTIONARIO

- ¿Cuáles son las causas de un desbalance en la red trifásica?
La mala distribución de carga eléctrica en la red trifásica para ello se sugiere un análisis para una nueva distribución de carga
- Determine su análisis con respecto a los datos calculados y los del módulo
Los valores pueden cambiar debió al instante de toma de datos puesto que labview da en tiempo reales
- ¿Cómo se determina una carga inductiva de manera fasorial?
Que el vector de la corriente debe estar en retraso por ello la corriente se encuentra en la parte de abajo versus la corriente.

5	CONCLUSIONES
<ul style="list-style-type: none"> • los valores pueden cambiar debido al instante de la toma de datos • los valores calculados tienen una diferencia versus a los tomados por el programa 	

6	RECOMENDACIONES
<ul style="list-style-type: none"> • para la realización de la práctica se debe hacerlo desenergizado • para realizar los cálculos es mejor realizarlos convirtiendo las unidades a kilo 	

7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
<ul style="list-style-type: none"> • https://www.electricaplicada.com/factor-de-potencia-importante-corregirlo/ • https://sites.google.com/site/maquinaselectricascarlos/clients/--cargas-inductivas-capacitivas-y-resistivas • http://www.contaval.es/tag/carga-inductiva/ • Londoño Ocampo Oscar David, R. G. (2013). Manual para la simulación de circuitos de corriente alterna Senoidal Haciendo uso del Software Multisim 11.0. Pereira. 	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

PRÁCTICA DE LABORATORIO

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA	Ejemplo	Ejemplo

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Maquinas eléctricas	DURACIÓN (HORAS)
01	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Carga combinada (resistiva e inductiva)	xxx

1 OBJETIVOS

- Visualizar el comportamiento de los parámetros eléctricos de la carga monofásica y trifásica.
- Comprobar los desfases correspondientes en retraso e interpretación del triángulo de potencia.
- Obtener los materiales necesario para el desarrollo de la practica
- Chequear el manual de operación
- Realizar la simulación en tiempo real

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.9. INTRODUCCIÓN

Partiendo del principio de la conservación de la energía, los equipos y dispositivos que utilizan energía eléctrica tienen la función de transformarla en otro tipo, por lo que encontraremos aparatos eléctricos (cargas) que convierten la energía eléctrica en otro tipo de energía como puede ser: energía calorífica (resistencias), luminosa (lámparas), mecánica (motores), magnética (electroimanes), campo eléctrico (capacitores).

Carga resistiva

Convierte la energía eléctrica en calorífica. La resistencia depende de la tensión y de la corriente. Como expresión matemática es cierta, pero como concepto puede estar lejos de la realidad, ya que la resistencia depende principalmente del material y de sus características físicas

Carga inductiva

La potencia, que toma la carga en el primer medio ciclo de la fuente de corriente alterna, la convierte en campo magnético variable que, de acuerdo con las leyes de Faraday y Lenz, producen una tensión en la bobina que se opone a la fuente que la produce. De tal forma que en el siguiente medio ciclo regresa la potencia a la fuente. Al igual que en el capacitor, la inductancia (bobina) toma potencia de la fuente, la usa y posteriormente la regresa y no la consume.

2.10. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Fuente de alimentación de 220V
- Cables de toda medida
- Multímetro digital

Papel y lápiz

2.11. MEDIDAS DE SEGURIDAD

Realizar las conexiones de las cargas sin energización.

2.12. TRABAJO PREPARATORIO

¿Qué es una carga balanceada y desbalanceada?

¿Qué es el factor de potencia?

¿Cómo se conforma el triángulo de potencia y sus respectivas definiciones?

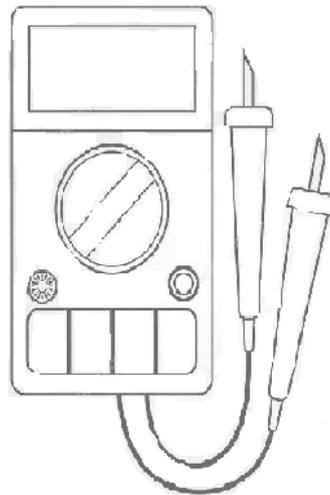
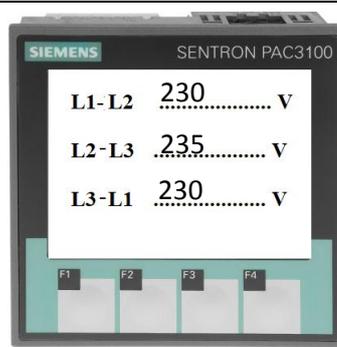
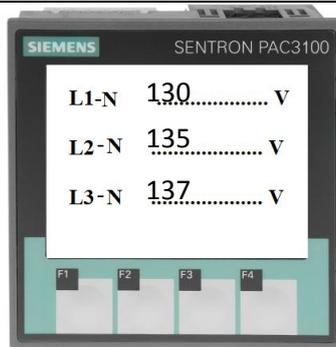
¿Cómo conectar los motores en estrella y triángulo?

¿Qué es la potencia activa, reactiva y aparente?

Determinar las fórmulas de cada una de las potencias

2.12.1. ACTIVIDADES A DESARROLLAR

- Encender el módulo mediante el accionamiento del breaker Q0 el cual permite la energización del módulo.
- Accione el selector de energización para su operación (habilitación de energía al cpu y Sentron PAC).
- Accionar Q4 para lectura de magnitudes eléctricas en Sentron PAC 3200.
- Encender el computador para posterior utilización del software LabView 2018, lo cual permitirá la visualización de las señales senoidales de la carga.
- Para ejecutar el programa LabView Abrir la carpeta “Factor de potencia”, dar doble clic en “Factor de potencia – Project LabView”, en la ventana que se despliega dar clic en “VI.vi”.
- Al abrir el programa de LabView ejecutarlo dando clic en la parte superior de la barra de herramientas en el icono de RUM 
- Realizar la conexión del motor trifásico como se observa en el esquema de conexión (delta o estrella)
- Revisar que los terminales de conexión del motor no estén en contacto
- Encender el motor de 5Hp (accionando el breaker Q1)
- Mediante el selector del motor accionarlo de manera manual o virtual (LabView).
- Realizar la conexión de la carga resistiva a cada línea
- Encender la carga resistiva (accionando el breaker Q2)
- Mediante el selector de la carga accionarlo de manera manual o automática (LabView).
- En el programa dar clic en “siguiente” paulatinamente para visualizar los parámetros eléctricos.
- Visualizar y anotar los datos obtenidos con el analizador de energía (para la tensión de línea a línea presionar F3) y con el multímetro medir los datos señalados.



L1-N	129.5	V
L2-N	130	V
L3-N	135.2	V

L1-L2	230	V
L2-L3	233.4	V
L3-L1	228.2	V

— Anotar los parámetros eléctricos que se reflejan en el programa en la tabla 1.

Tabla #1.

Magnitud	Lectura	
Lectura de Voltaje		
L1 – N	132	V
L2 – N	137.4	V
L3 – N	134.3	V
Lectura de Corriente		
Corriente Fase L1	6.724	A
Corriente Fase L2	7.361	A
Corriente Fase L3	6.617	A
Lectura de Potencia		
Potencia Aparente [S]	2788	VA
Potencia Reactiva [Q]	2428	VAR
Potencia Activa [P]	1238	W
Lectura de coseno del ángulo fp (a través de la opción “siguiente” anotar los datos de la pantalla voltaje –corriente senoidal)		Grados de desfase (°)

L1	0.4258	64.82
L2	0.4094	65.79
L3	0.4489	60.07

2.12.2. METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

Para realizar el cálculo de las potencias (sumar las 3 líneas: tensión, corriente y fp) utilizar los datos obtenidos de la tabla # 1, con las siguientes formulas:

Calculo de potencia activa

$$P_{3\phi} = VxIx \text{ COS } \alpha \quad \text{Ec. 1}$$

$$P_{3\phi} = P_1 + P_2 + P_3$$

$$P_{3\phi} = (132x6.724x0.425) + (137.4x7.361x0.409) + (134.3x6.617x0.4989)$$

$$P_{3\phi} = 1234 \text{ W}$$

Calculo de potencia aparente

$$S_{3\phi} = VxI \quad \text{Ec. 2}$$

$$S_{3\phi} = S_1 + S_2 + S_3$$

$$S_{3\phi} = (132x6.724) + (137.4x7.361) + (134.3x6.617)$$

$$S_{3\phi} = 2787 \text{ VA}$$

Calculo de potencia reactiva

$$Q_{3\phi} = VxIx \text{ sen } \theta \quad \text{Ec. 3}$$

$$Q_{3\phi} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_{3\phi} = (132x6.724x0.90) + (137.4x7.361x0.91) + (134.3x6.617x0.86)$$

$$Q_{3\phi} = 2482 \text{ VAR}$$

Para el desarrollo del cálculo del desbalance se utiliza la siguiente formula tanto para corriente y de voltaje considerando que el porcentaje según la normativa no debe sobre pasar un 3% (tensión) y 10% (intensidad).

$$D\% = \frac{I_m - I_{ed}}{I_{ed}} \times 100$$

Ec. 4

Donde:

D% = Desequilibrio

I_m = Corriente/tensión máxima de las 3 líneas.

I_{ed} = Corriente /tensión media.

Desbalance de voltaje

$$D\% = \frac{137.8 - 134.56}{134.56} \times 100$$

$$D\% = 1.90$$

Desbalance de corriente

$$D\% = \frac{7.361 - 6.900}{6.900} \times 100$$

$$D\% = 8.3203$$

INFORME DE PRÁCTICA

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

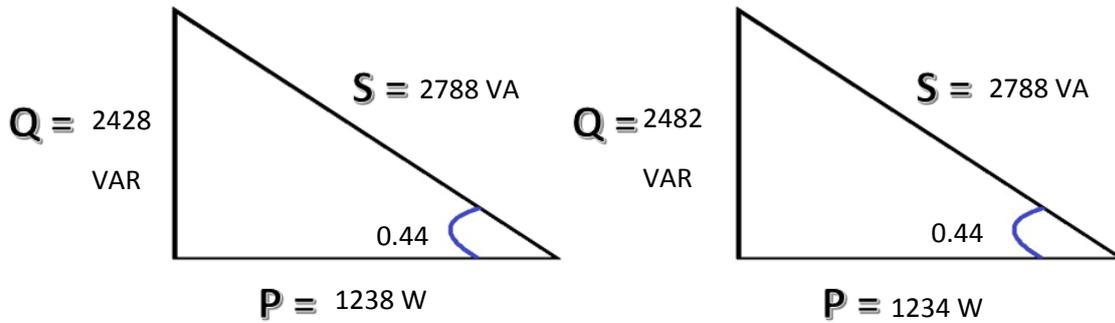
3.9. ANALISIS DE RESULTADOS

- Mediante los datos de la tabla # 1 y las ecuaciones de las potencias realizar los cálculos, comparar los resultados obtenidos con los calculados (en la siguiente tabla) y determinar su respectivo análisis.

Cálculo de las potencias				
Parámetros	LabView		Calculados	
P. activa	1238	W	1234	W
P. reactiva	2428	VAR	2482	VAR
P. aparente	2788	VA	2787	VA

Datos teóricos (LabView)

Datos experimentales (calculados)



- Interprete y realice un análisis sobre los resultados obtenidos con respecto a las potencias.

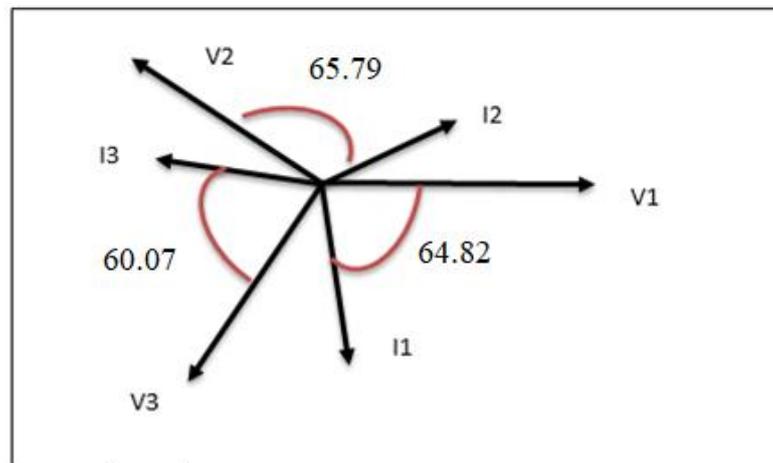
Análisis

Los resultados son similares su diferencia se debe al momento de toma de datos debido que labVIEW los da en tiempo real y estos pueden variar

- Con los datos obtenidos del programa realizado el cálculo del desbalance con la ecuación 4 y determine si los resultados de la tensión e intensidad están dentro del rango establecido.

Los valores se encuentra en los rangos permitido tanto el voltaje como la corriente puesto que el voltaje es de 1.90% y el valor de corriente es de 8.32%, respetando los parámetros que existe de #% de voltaje y de corriente del 10%

- Dibujar de forma fasorial el voltaje y corriente en el siguiente recuadro y sus respectivos ángulos. (presione siguiente hasta ubicarse en la pantalla de diagrama fasorial).



3.10. CUESTIONARIO

- ¿Cuáles son las causas de un desbalance en la red trifásica?
La mala distribución de carga eléctrica en la red trifásica para ello se sugiere un análisis para

una nueva distribución de carga

- Determine su análisis con respecto a los datos calculados y los del módulo
Los valores pueden cambiar debió al instante de toma de datos puesto que labview da en tiempo reales
- ¿Cómo se determina una carga inductiva de manera fasorial?
Que el vector de la corriente debe estar en retraso por ello la corriente se encuentra en la parte de abajo versus la corriente.

5 CONCLUSIONES

- los valores pueden cambiar debio al instante de la toma de datos
- los valores calculados tienen una diferencia versus a los tomados por el programa

6 RECOMENDACIONES

- para la realizacion de la practica se debe hacerlo desergenisado
- para realizar los calculos es mejor realizarlos convirtiendo las unidades a kilo

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- <https://www.electricaplicada.com/factor-de-potencia-importante-corregirlo/>
- <https://sites.google.com/site/maquinaselectricascarlos/clients/--cargas-inductivas-capacitivas-y-resistivas>
- <http://www.contaval.es/tag/carga-inductiva/>
- Londoño Ocampo Oscar David, R. G. (2013). Manual para la simulacion de circuitos de corriente alterna Senoidal Haciendo uso del Software Multisim 11.0. Pereira.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

PRÁCTICA DE LABORATORIO

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA		

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Maquinas eléctricas	DURACIÓN (HORAS)
01	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Corrección del factor de potencia a carga combinada	

1 OBJETIVOS

- Visualizar el comportamiento de los parámetros eléctricos de la carga monofásica y trifásica.
- Comprobar los desfases correspondientes en retraso e interpretación del triángulo de potencia.
- Obtener los materiales necesario para el desarrollo de la practica
- Chequear el manual de operación
- Realizar la simulación en tiempo real

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.13. INTRODUCCIÓN

Se define el Factor de Potencia (fp) de un circuito de corriente alterna, como la relación entre las potencias activa y aparente. Si las corrientes y tensiones son perfectamente senoidales, FP y $\cos \psi$ coinciden, siendo $\cos \psi$ el coseno del ángulo que forman los fasores de corriente y tensión, el que es determinado por la impedancia equivalente del sistema eléctrico.

A partir de esto, se puede entender el FP como una medida de la capacidad de una carga de absorber potencia activa. Por esta razón, en cargas puramente resistivas, $FP = 1$; y en elementos inductivos y capacitivos ideales sin resistencia, $FP = 0$. Suele decirse que el FP está adelantado o atrasado, lo que tiene el siguiente significado:

- FP adelantado: la corriente se adelanta con respecto a la tensión, lo que implica carga capacitiva, siendo la potencia reactiva negativa.
- FP atrasado: la corriente se retrasa con respecto a la tensión, lo que implica carga inductiva, resultando una potencia reactiva positiva

El factor de potencia es la relación de la corriente y el voltaje en los sistemas de distribución eléctrica de AC. En condiciones ideales, la corriente y la tensión están "en fase" y el factor de potencia es "100%". Si hay cargas inductivas (motores), puede ocurrir un factor de potencia inferior al 100% (normalmente del 80 al 90%).

El bajo factor de potencia, en términos eléctricos, hace que fluya una corriente más intensa en las líneas de distribución de energía para entregar una cantidad determinada de kilovatios a una carga eléctrica.

Mejorar el Factor de potencia puede maximizar la capacidad de transporte de corriente, mejorar el voltaje de los equipos, reducir las pérdidas de energía y reducir las facturas de electricidad. La forma más sencilla de mejorar el factor de potencia es agregar condensadores de corrección F.P al sistema eléctrico.

2.14. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

Fuente de alimentación de 220V
Cables de toda medida
Multímetro digital
Papel y lápiz

2.15. MEDIDAS DE SEGURIDAD

Realizar las conexiones de las cargas sin energización.

2.16. TRABAJO PREPARATORIO

¿Qué es una carga balanceada y desbalanceada?

¿Qué es el factor de potencia?

¿Cómo se conforma el triángulo de potencia y sus respectivas definiciones?

¿Cómo conectar los motores en estrella y triángulo?

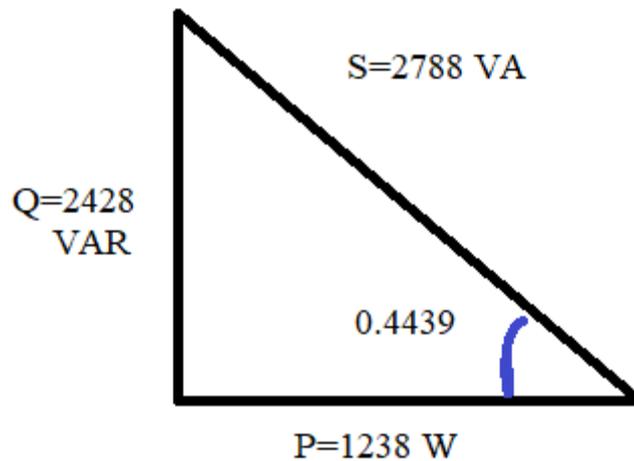
¿Qué es la potencia activa, reactiva y aparente?

Determinar las fórmulas de cada una de las potencias

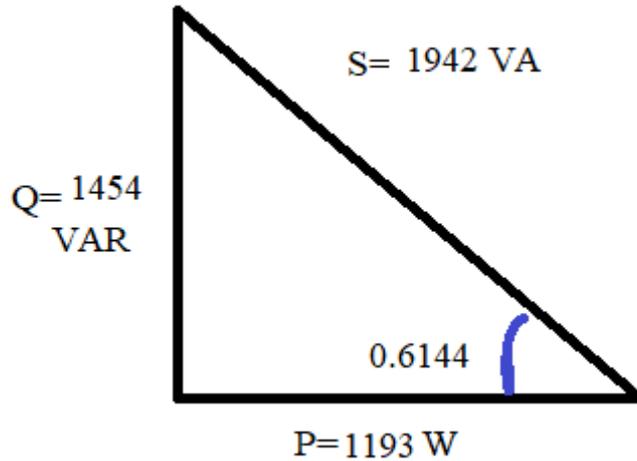
2.16.1. ACTIVIDADES A DESARROLLAR

- Encender el módulo mediante el accionamiento del breaker Q0 el cual permite la energización del módulo.
- Accione el selector de energización para su operación (habilitación de energía al cpu y Sentron PAC).
- Accionar Q4 para lectura de magnitudes eléctricas en Sentron PAC 3200.
- Encender el computador para posterior utilización del software LabView 2018, lo cual permitirá la visualización de las señales senoidales de la carga.
- Para ejecutar el programa LabView Abrir la carpeta “Factor de potencia”, dar doble clic en “Factor de potencia – Project LabView”, en la ventana que se despliega dar clic en “VI.vi”.
- Al abrir el programa de LabView ejecutarlo dando clic en la parte superior de la barra de herramientas en el icono de RUM 
- Realizar la conexión del motor trifásico como se observa en el esquema de conexión (delta o estrella)
- Revisar que los terminales de conexión del motor no estén en contacto
- Encender el motor de 5Hp (accionando el breaker Q1)
- Mediante el selector del motor accionarlo de manera manual o virtual (LabView).

- Realizar la conexión de la carga resistiva a cada línea
- Encender la carga resistiva (accionando el breaker Q2)
- Mediante el selector de la carga accionarlo de manera manual o virtual (LabView).
- En el programa dar clic en “siguiente” paulatinamente para visualizar los parámetros eléctricos.
- Mediante el icono “siguiente” ubíquese en el “diagrama fasorial – triángulo de potencia” y dibuje el triángulo expuesto en el plano sobre el siguiente recuadro con sus respectivas medidas.



- Accionar el selector de manera manual para la energización de los capacitores y corrección del factor de potencia.
- Una vez accionado los capacitores, dibujar el nuevo triángulo expuesto en la misma ventana sobre el siguiente recuadro con sus respectivas medidas.

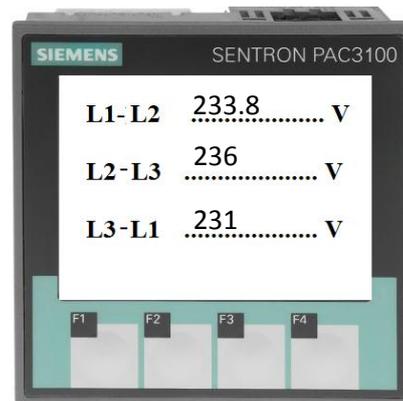
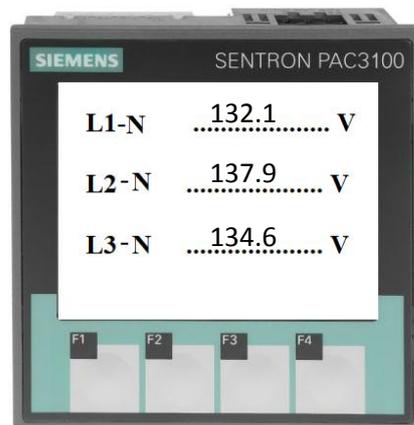


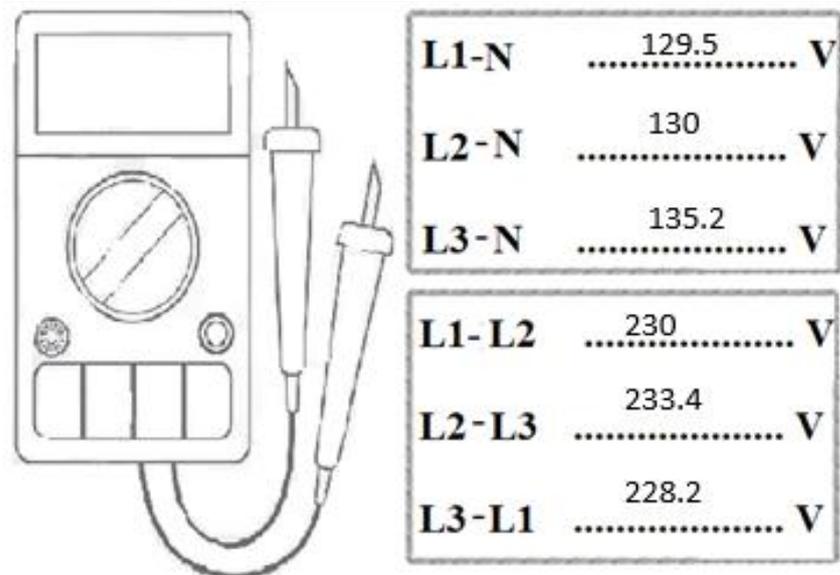
- Analice los resultados sobre el primer y segundo triangulo de potencias. Y exponga su opinión sobre la corrección del factor de potencia.

Existe una reducción de la potencia reactiva lo cual se requiere como objetivo para aprovechar la potencia activa así reduciendo el consumo excesivo de corriente.

Entre menor sea la potencia reactiva mayor será la potencia activa es decir mayor consumo útil.

- Visualizar y anotar los datos obtenidos con el analizador de energía (para la tensión de línea a línea presionar F3) y con el multímetro medir los datos señalados.





— Anotar los parámetros eléctricos que se reflejan en el programa en la tabla 1.

Tabla #1.

Magnitud	Lectura	
Lectura de Voltaje		
L1 – N	132.1	V
L2 – N	137.6	V
L3 – N	134.6	V
Lectura de Corriente		
Corriente Fase L1	4.66	A
Corriente Fase L2	5.236	A
Corriente Fase L3	4.503	A
Lectura de Potencia		
Potencia Aparente [S]	1942	VA
Potencia Reactiva [Q]	1454	VAR
Potencia Activa [P]	1193	W
Lectura de coseno del ángulo fp (a través de la opción "siguiente" anotar los datos de la pantalla voltaje –corriente senoidal)		Grados de desfase (°)
L1	0.5894	53.87
L2	0.5755	54.864
L3	0.6911	43.98

2.16.2. METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

Para realizar el cálculo de las potencias (sumar las 3 líneas: tensión, corriente y fp) utilizar los datos obtenidos de la tabla # 1, con las siguientes formulas:

Calculo de potencia activa

$$P_{3\phi} = VxIx \cos \alpha \quad \text{Ec. 1}$$

$$P_{3\phi} = P_1 + P_2 + P_3$$

$$P_{3\phi} = (132.1 \times 4.66 \times 0.58) + (137.9 \times 5.236 \times 0.57) + (134.6 \times 4.503 \times 0.69)$$

$$P_{3\phi} = 1186.81 \text{ W}$$

Calculo de potencia aparente

$$S_{3\phi} = VxI \quad \text{Ec. 2}$$

$$S_{3\phi} = S_1 + S_2 + S_3$$

$$S_{3\phi} = (132.1 \times 4.66) + (137.9 \times 5.236) + (134.6 \times 4.503)$$

$$S_{3\phi} = 1943.73 \text{ VA}$$

Calculo de potencia reactiva

$$Q_{3\phi} = VxIx \sin \theta \quad \text{Ec. 3}$$

$$Q_{3\phi} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_{3\phi} = (132.1 \times 4.66 \times 0.86) + (137.9 \times 5.236 \times 0.817) + (134.6 \times 4.503 \times 0.72)$$

$$Q_{3\phi} = 1550.65 \text{ VAR}$$

Para el desarrollo del cálculo del desbalance se utiliza la siguiente formula tanto para corriente y de voltaje considerando que el porcentaje según la normativa no debe sobre pasar un 3% (tensión) y 10% (intensidad).

$$D\% = \frac{I_m - I_{ed}}{I_{ed}} \times 100$$

Ec. 4

Donde:

D% = Desequilibrio

I_m = Corriente/tensión máxima de las 3 líneas.

I_{ed} = Corriente /tensión media.

Desbalance de voltaje

$$D\% = \frac{137.9 - 134.86}{134.86} \times 100$$

$$D\% = 2.25$$

Desbalance de corriente

$$D\% = \frac{5.236 - 4.7996}{4.7996} \times 100$$

$$D\% = 9.0924$$

INFORME DE PRÁCTICA

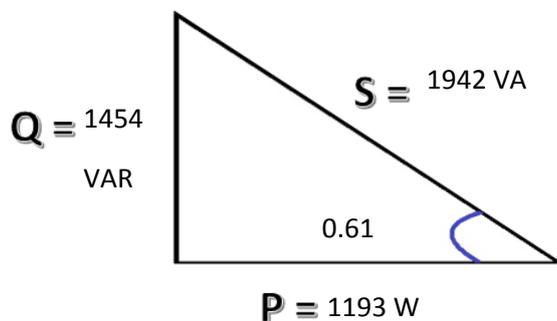
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.11. ANALISIS DE RESULTADOS

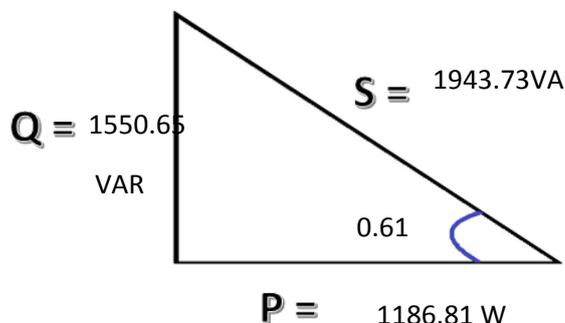
- Mediante los datos de la tabla # 1 y las ecuaciones de las potencias realizar los cálculos, comparar los resultados obtenidos con los calculados (en la siguiente tabla) y determinar su respectivo análisis.

Cálculo de las potencias				
Parámetros	LabView		Calculados	
P. activa	1193	W	1186.81	W
P. reactiva	1454	VAR	1550.65	VAR
P. aparente	1942	VA	1943.73	VA

Datos teóricos LabView



Datos experimentales calculados



- Interprete y realice un análisis sobre los resultados obtenidos con respecto a las potencias.

Análisis

En relación el cálculo con los datos y tomados del programa de Labview son similares esta diferencia se debe que el software toma los datos en tiempo real varían.

En relación con el factor de potencia son iguales lo cual permite saber que los cálculos están bien realizados.

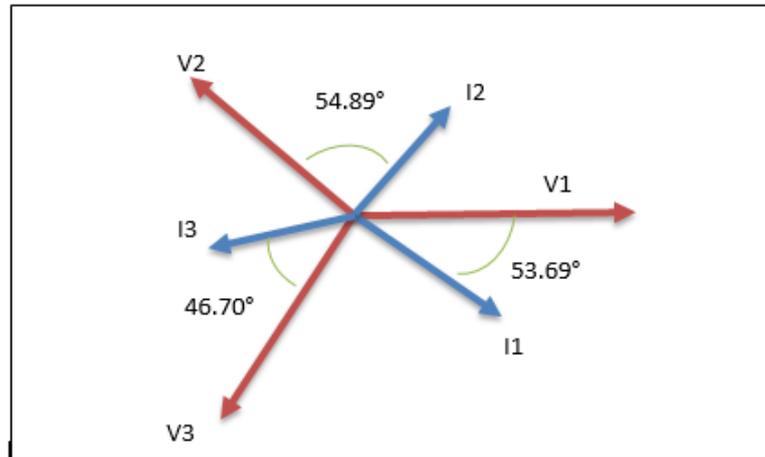
Lo que se requiere es si que la potencia sea mucho menor para así aprovechar la potencia activa lo cual sería lo ideal, recalcando que es necesaria la potencia reactiva puesto que esta genera el campo magnético lo cual requiere el motor para poder realizar el trabajo.

- Con los datos obtenidos del programa realizado el cálculo del desbalance con la ecuación 4 determine si los resultados de la tensión e intensidad están dentro del rango establecido.

Los valores se encuentran en los rangos permitidos tanto el voltaje como la corriente puesto que el voltaje es de 2.25% y el valor de corriente es de 9.09%, respetando los parámetros que existen de

3% de voltaje y de corriente del 10%

- Dibujar de forma fasorial el voltaje y corriente en el siguiente recuadro y sus respectivos ángulos. (presione siguiente hasta ubicarse en la pantalla de diagrama fasorial).



3.12. CUESTIONARIO

- ¿Cuáles son las causas de un desbalance en la red trifásica?
La mala distribución de carga eléctrica en la red trifásica para ello se sugiere un análisis para una nueva distribución de carga
- Determine su análisis con respecto a los datos calculados y los del módulo
Los valores pueden cambiar debido al instante de toma de datos puesto que Labview da en tiempo reales
- ¿Cómo se determina una carga inductiva de manera fasorial?
Que el vector de la corriente debe estar en retraso por ello la corriente se encuentra en la parte de abajo versus la corriente.
- Analice el factor de potencia el antes y después de accionar el banco de capacitores.

Al realizar la corrección de potencia en la carga combinada esto nos permite analizar el ángulo de desfase que existen entre el voltaje y la corriente lo cual es ideal que la corriente se sobreponga igual que al voltaje, como ya se mencionó anteriormente las causas de lo que produce este desfase por el campo magnético se la considera como la fuerza necesaria para poder producir un trabajo. Esto generado por el bobinado que existe internamente en el equipo que contenga bobinas

- Los valores pueden cambiar debido al instante de la toma de datos
- Los valores calculados tienen una diferencia versus a los tomados por el programa
- El accionamiento de los capacitores se visualiza que existe una reducción de corriente lo cual es propicio para el consumo de menor

6 RECOMENDACIONES

- Para la realización de la práctica se debe hacerlo desenergizado
- Para realizar los cálculos es mejor realizarlos convirtiendo las unidades a kilo
- Se puede implementar más carga inductiva lo cual permita una mayor visualización del comportamiento de las ondas senoidales.
- Si la práctica se lo implementa una carga diferente procurar que los límites de protección estén acordes para el funcionamiento.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anexo 6.	Tema: Fotografías de la construcción y la toma de datos, del módulo didáctico en tiempo real.	1 de 8
-----------------	--	---------------

- <https://www.electrificacion.com/factor-de-potencia-importante-corregirlo/>
- <https://sites.google.com/site/maquinaselectricascarlos/clients/--cargas-inductivas-capacitivas-y-resistivas>
- <http://www.contaval.es/tag/carga-inductiva/>
- Londoño Ocampo Oscar David, R. G. (2013). Manual para la simulación de circuitos de corriente alterna Senoidal Haciendo uso del Software Multisim 11.0. Pereira.

Preparación de la estructura del módulo de pruebas.



Instalación de los equipos para el módulo de prueba.

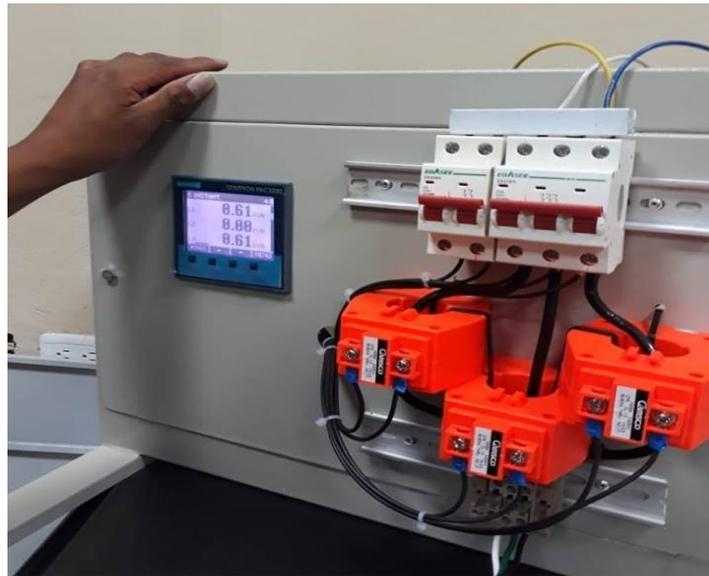


Anexo 6.

Tema: Fotografías de la construcción y la toma de datos, del módulo didáctico en tiempo real.

2 de 8

C. Encendido del módulo de pruebas en los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi



D. Pruebas con carga inductiva



Anexo 6.

Tema: Fotografías de la toma de datos, del módulo didáctico en tiempo real.

3 de 8

E. Estructura ya conformada para el módulo didáctico.



F. Base principal y secundaria lista para la instalación de los equipos.



Anexo 6.

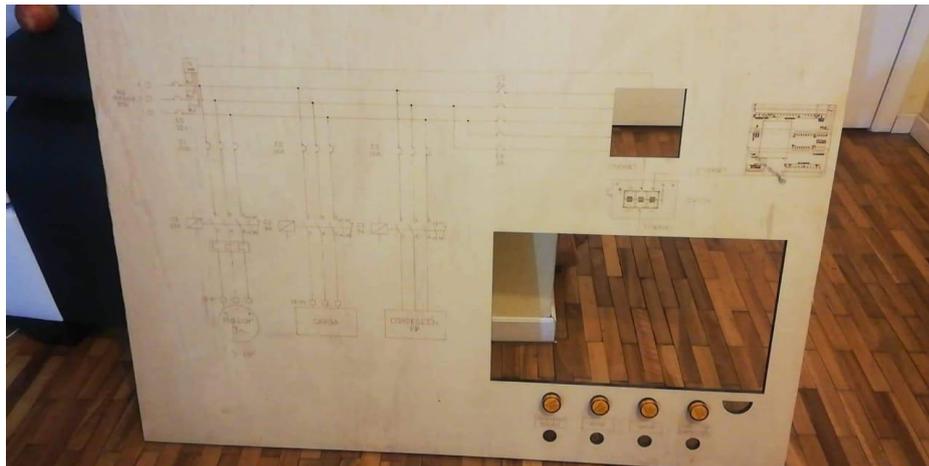
Tema: Fotografías de la construcción y la toma de datos, del módulo didáctico en tiempo real.

4 de 8

G. Equipos para la implementación en el módulo didáctico.



H. Diseño del esquema eléctrico a través de CNC y perforación de la plancha.



Anexo 6.

Tema: Fotografías de la construcción y la toma de datos, del módulo didáctico en tiempo real.

5 de 8

I. Módulo didáctico ensamblado.



J. Ajuste de los breakers



Anexo 6.

Tema: Fotografías de la construcción y la toma de datos, del módulo didáctico en tiempo real.

6 de 8

K. Conexión de los equipos de control.



L. Ajuste de los equipos del módulo didáctico



Anexo 6.

Tema: Fotografías de la construcción y la toma de datos, del módulo didáctico en tiempo real.

7 de 8

M. Marquillando los equipos de control y remplazo de cables.



N. Encendido del módulo didáctico para previas pruebas.



Anexo 6.

Tema: Fotografías de la construcción y la toma de datos, del módulo didáctico en tiempo real.

8 de 8

O. Pruebas del módulo con carga resistiva



P. Pruebas y medición de carga inductiva

