



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

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA EL ANÁLISIS DE CORRECCIÓN DEL
FACTOR DE POTENCIA EN UNA RED TRIFÁSICA CON CARGAS
DESEQUILIBRADAS**

Proyecto de titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros Electromecánicos

Autores:

Azogue Pilicita Henry Danilo

Ramírez Albán Joselyn Fernanda

Tutor Académico:

Ing. Jefferson Alberto Porras Reyes M.Sc

LATACUNGA – ECUADOR

2022



DECLARACIÓN DE AUTORIA

Nosotros, Henry Danilo Azogue Pilicita y Joselyn Fernanda Ramírez Albán, declaramos ser autores de la siguiente Propuesta Tecnológica: **“DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA EL ANÁLISIS DE CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA EN UNA RED TRIFÁSICA CON CARGAS DESEQUILBRADAS”** siendo el Ing. Jefferson Alberto Porras Reyes M.Sc el tutor del presente trabajo, y exime expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en la siguiente Propuesta Tecnológica, son de nuestra exclusiva responsabilidad

Latacunga, Marzo 2022

Henry Danilo Azogue Pilicita

C.I. 172383910-4

Joselyn Fernanda Ramírez Albán

C.I. 055067266-1



AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el título:

“DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA EL ANÁLISIS DE CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA EN UNA RED TRIFÁSICA CON CARGAS DESEQUILIBRADAS” de Henry Danilo Azogue Pilicita y Joselyn Fernanda Ramírez Albán, estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes Científico-Técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el 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, Marzo 2022



Ing. Jefferson Alberto Porras Reyes M.Sc

C.I. 070440044-9



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe Tecnológico 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: Henry Danilo Azogue Pilicita y Joselyn Fernanda Ramírez Albán con el Título de Proyecto de Titulación “**DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA EL ANÁLISIS DE CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA EN UNA RED TRIFÁSICA CON CARGAS DESEQUILIBRADAS**” 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, Marzo 2022

Para constancia firman:



Lector 1 (Presidente)

Ing. Luis Rolando Cruz Panchi M.Sc
C.I. 050259517-6



Lector 2

Ing. Carlos Francisco Pacheco Mena M.Sc
C.I. 050307290-2



Lector 3

Ing. Byron Paúl Corrales Bastidas M.Sc
C.I. 050234776-8




AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Con el presente documento, se pone en constancia que los estudiantes: Azogue Pilicita Henry Danilo y Ramírez Albán Joselyn Fernanda, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, han desarrollado el proyecto tecnológico **“DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA EL ANÁLISIS DE CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA EN UNA RED TRIFÁSICA CON CARGAS DESEQUILIBRADAS”** y realizaron la entrega del módulo para el área de Instalaciones Eléctricas cumpliendo así con 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

Latacunga, Marzo 2022

Para constancia firman:



ANALISTA DE LABORATORIO
Ing. Luis Eduardo Hinojosa Guanoluisa M.Sc
C.I. 050236581-0

Agradecimiento

Es complicado empezar a agradecer a todas las personas que de una u otra manera ha colaborado en mi formación profesional. Primero a Dios y a mi Virgen de Guadalupe que siempre me han acompañado en forma espiritual en todo el recorrido de mi vida.

A mi familia, mi madre Mercedes, mi padre Luis, por apoyar mi carrera profesional y jamás abandonarme a pesar de las adversidades que han formado parte mi vida, a Adair que me dio la fortaleza para levantarme día a día, mi hermano Dario que siempre supo darme esas palabras de aliento para poder cumplir mi objetivo.

A mi enamorada Liliana por estar conmigo, acompañarme en las tardes en las cuales visualizaba lejos mi objetivo que hoy esta tan cerca, por su paciencia, comprensión y estaría demás agradecer su amor.

Henry

Dedicatoria

Dedico este arduo y complicado trabajo a todas las personas que influyeron en mi formación profesional, mi familia, amigos, compañeros. En especial a las tres personas que estuvieron presentes para lograr este objetivo. A mi madre Mercedes por ser mi amiga y confidente, estar conmigo en llantos, alegrías, tristezas, soportar los momentos más duros y complicados que tuve que afrontar en mi vida, acompañarme veintiséis años de la misma y jamás abandonarme, rescatarme del fondo para verme surgir, a mi padre Luis, que a pesar de la distancia jamás me abandono y siempre me dio ese apoyo económico y moral que en la actualidad me permite llegar a este objetivo que es ser ingeniero electromecánico.

Y a Liliana, mi enamorada, la persona que la Universidad me dio la oportunidad de conocer, creer en mí, compartir tiempo conmigo, darme su mano para poder salir adelante, ayudarme en el momento más difícil de mi vida, por todos esos sueños cumplidos y que soñamos cumplir, y así el destino con el tiempo nos aleje, gracias por compartir tu tiempo y espacio conmigo.

Henry

Agradecimiento

Primero agradecer a Dios y a mi ángel Víctor A. por darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de mis anhelados sueños en mi vida.

A mis padres por la vida y por enseñarme a vivirla, a mi hermano Fernando, mi hermana Carolina y a mis abuelitos Martha y César por darme ánimos durante este proceso.

A mi tutor Ing. Jefferson Porras por su ayuda, paciencia y dedicación en esta fase.

A mi compañero de tesis, que más que ser un compañero es un gran amigo. Gracias por tu paciencia. A todos mis amigos cercanos que de una u otra manera estuvieron a mi lado, que me enseñaron y me dieron ánimos. Gracias a todos los que depositaron un grano de confianza en mí y me apoyaron para poder ser una profesional.

Fernanda

Dedicatoria

Dedicó este logro a mi madre Ana por el gran amor y sacrificio que tiene por sus hijos, por el apoyo incondicional, por tener siempre esa fortaleza de salir adelante sin importar que tan dura sea la situación, por el coraje que has tenido para levantarte ante cualquier adversidad, por darme ánimos siempre diciéndome lo orgullosa que te sientes de mí, por haber formado una mujer de bien y por ser la mujer que me dio la vida, siempre estaré agradecida mamita.

Fernanda

INDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORIA	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	v
Agradecimiento	vi
Dedicatoria	vii
Agradecimiento	viii
Dedicatoria	ix
INDICE GENERAL	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
INDICE DE ECUACIONES	xvi
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
AVAL DE TRADUCCIÓN	xix
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2 INTRODUCCIÓN	2
2.1 EL PROBLEMA	2
2.1.1 Situación Problémica	2
2.1.2 Matriz Causa Efecto	3
2.1.3 Formulación del problema.....	3
2.2 CAMPO DE ACCIÓN	4
2.2.1 Objeto de Estudio	4
2.2.2 Campo de acción.....	4
2.3 BENEFICIARIOS	5
2.3.1 Beneficiarios directos	5
2.4 JUSTIFICACIÓN	5
2.5 PREGUNTA CIENTÍFICA O HIPÓTESIS	5
2.6 OBJETIVOS	5
2.6.1. General	5
2.6.2 Específicos.....	6
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
3.1 ANTECEDENTES	7
3.2 FUNDAMENTOS ELÉCTRICOS.....	7

3.2.1	Definición de electricidad.....	8
3.2.2	Parámetros eléctricos.....	8
3.3	CIRCUITOS ELÉCTRICOS.....	8
3.3.1	Tipos de corriente en un circuito eléctrico.....	8
3.3.2	Partes de un circuito eléctrico.....	9
3.4	CIRCUITOS ELÉCTRICOS DE CORRIENTE ALTERNA.....	10
3.4.1	Características del circuito eléctrico de corriente alterna.....	10
3.4.2	Tipos de alimentación en un circuito eléctrico de corriente alterna.....	11
3.4.3	Potencias en circuito eléctrico de corriente alterna.....	12
3.4.4	Factor de Potencia.....	13
3.5	CARGAS QUE CONSTITUYEN LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS DE CORRIENTE ALTERNA.....	15
3.5.1	Cargas en un circuito de corriente alterna.....	15
3.5.2	Banco de condensadores.....	17
3.6	COMPONENTES DE MEDICIÓN Y CONTROL.....	19
3.6.1	PLC “Controlador Lógico Programable”.....	20
3.6.2	SENTRON PAC 3220.....	20
3.6.3.	Software de Adquisición de datos LABVIEW de National Instruments.....	20
3.6.4.	Pinza amperimétrica FLUKE 323.....	21
4.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
4.1	DECLARACIÓN DE VARIABLES.....	22
4.1.1	Variable Dependiente.....	22
4.1.2	Variable Independiente.....	22
4.2.	INVESTIGACIÓN.....	22
4.2.1	Investigación bibliográfica.....	22
4.2.2	Investigación de campo.....	23
4.2.3	Investigación experimental.....	23
4.3	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	23
4.4	TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	23
4.4.1	Técnica de Investigación: Observación.....	23
4.4.2	Técnica de Investigación: Cálculo.....	23
4.4.3	Técnica de Investigación: Análisis.....	24
4.5	INSTRUMENTOS.....	24
4.6	METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA.....	24
4.7	MEDICIÓN DE LA RED DE ALIMENTACIÓN.....	25

4.8	DETERMINACIÓN DE CARGAS A INSTALAR.....	26
4.8.1	Cargas en el circuito inductivo	26
4.8.2	Cargas en el circuito resistivo.....	26
4.8.3	Cargas en el circuito capacitivo.....	27
4.8.4	Circuito de cargas auxiliares.....	28
4.9	SELECCIÓN DE COMPONENTES DE MEDICIÓN Y CONTROL	28
4.9.1	Componente de medición digital.....	28
4.9.2	Componente de control.....	29
4.10	DIMENSIONAMIENTO DE COMPONENTES DEL SISTEMA.....	29
4.11	SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA.....	33
4.11.1	Componentes del circuito de carga inductiva.....	33
4.11.2	Componentes del circuito de carga resistiva	34
4.11.3	Componentes del circuito de carga capacitivo	34
4.11.4	Componentes del circuito de carga auxiliar.....	35
4.12	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA.....	35
4.13	PROGRAMACIÓN DEL INTERFAZ GRÁFICO PARA LA VISUALIZACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA.....	36
4.14	CÁLCULOS DE COMPROBACIÓN DEL SISTEMA.....	39
5.	ANÁLISIS Y RESULTADOS	42
5.1.	INTRODUCCIÓN.....	42
5.2	CASOS DE ESTUDIO DEL SOFTWARE.....	42
5.2.1	Parámetros eléctricos con carga inductiva.....	42
5.2.2	Parámetros eléctricos con carga resistiva	47
5.2.3	Parámetros eléctricos con carga capacitiva	52
5.2.4	Parámetros eléctricos con carga combinada.....	56
5.3	GRADO DE FIABILIDAD DEL SISTEMA	61
5.4	ELABORACIÓN DE GUÍAS DE PRÁCTICA DE EXPERIMENTACIÓN.....	62
5.5	IMPACTOS.....	63
5.6	PRESUPUESTO.....	64
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	69
8.	ANEXOS.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Sistema de Tareas por objetivos	6
Tabla 3.1. Circuito de corriente Alterna	10
Tabla 3.2. Factor de potencia de cargas más usuales	14
Tabla 4.1. Variable dependiente.	22
Tabla 4.2. Variable independiente.	22
Tabla 4.3. Red de alimentación del sistema.	26
Tabla 4.4. Características del motor WEG ½ HP.	26
Tabla 4.5. Carga del circuito auxiliar.	28
Tabla 4.6. Características del SENTRON PAC 3220.	29
Tabla 4.7. Características del PLC S7-1200.	29
Tabla 4.8. Componentes del circuito inductivo.	34
Tabla 4.9. Componentes del circuito resistivo.	34
Tabla 4.10. Componentes del circuito capacitivo.	35
Tabla 4.11. Componentes del circuito auxiliar.	35
Tabla 4.12. Configuración MD CLIENTE “TIA PORTAL”	36
Tabla 4.13. Orden de variables eléctricas medidas por el SENTRON PAC 3220.	37
Tabla 4.14. Declaración de variables.	38
Tabla 5.1. Mediciones de la carga inductiva.	47
Tabla 5.2. Comparación de potencias obtenidas con calculadas de carga inductiva.	47
Tabla 5.3. Mediciones de la carga resistiva.	51
Tabla 5.4. Comparación de potencias obtenidas con calculadas de la carga resistiva.	51
Tabla 5.5. Mediciones de la carga capacitiva.	55
Tabla 5.6. Comparación de potencias obtenidas con calculadas de la carga capacitiva.	55
Tabla 5.7. Mediciones de la carga combinada.	60
Tabla 5.8. Comparación de potencias obtenidas con calculadas de la carga combinada.	60
Tabla 5.9. Mediciones del sistema con respecto al instrumento patrón.	62
Tabla 5.10. Costos de ingeniería	64
Tabla 5.11. Recursos	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Matriz Causa – Efecto.....	3
Figura 3.1. Gráfica de la corriente continua.....	9
Figura 3.2. Corriente Alterna.....	9
Figura 3.3. Parámetros característicos de una oscilación sinusoidal.....	11
Figura 3.4. Ondas de tensión de circuitos de corriente alterna.....	11
Figura 3.5. Tipos de conexión: estrella y triángulo.....	12
Figura 3.6. Representación gráfica del triángulo de potencias.....	13
Figura 3.7. Diagrama fasorial y vectorial de las cargas resistivas.....	15
Figura 3.8. Diagrama fasorial y vectorial de las cargas inductivas.....	16
Figura 3.9. Diagrama fasorial y vectorial de las cargas capacitivas.....	16
Figura 3.10. Tipos de bancos de condensadores.....	17
Figura 3.11. Tipos de bancos de condensadores.....	18
Figura 3.12. Tipos de bancos de condensadores.....	18
Figura 3.13. Tipos de bancos de condensadores.....	19
Figura 3.14. Tipos de bancos de condensadores.....	19
Figura 3.15. PLC.....	20
Figura 3.16. SENTRON PAC3220.....	20
Figura 3.17. Pinza amperimétrica FLUKE 323.....	21
Figura 4.1. Diagrama del sistema de corrección del factor de potencia.....	24
Figura 4.2. Metodología para el diseño del sistema para el análisis de corrección del factor de potencia.....	25
Figura 4.3. Diagrama de control del circuito inductivo.....	26
Figura 4.4. Diagrama de control del circuito resistivo.....	27
Figura 4.5. Diagrama de control del circuito capacitivo.....	27
Figura 4.6. Triángulo de potencias con compensación de energía.....	30
Figura 4.7. OPC Servers.....	39
Figura 4.8. Diagrama de bloques de la programación del software.....	39
Figura 5.1. Parámetros eléctricos de la carga inductiva.....	43
Figura 5.2. Ondas de tensión y corriente senoidales de la carga inductiva.....	44
Figura 5.3. Onda sinusoidal de la línea uno de tensión respecto a la corriente de la carga inductiva.....	45
Figura 5.4. Factor de potencia carga inductiva.....	45
Figura 5.5. Diagrama fasorial de tensión y corriente de la carga inductiva.....	46
Figura 5.6. Parámetros eléctricos de la carga resistiva.....	48

Figura 5.7. Ondas de tensión y corriente senoidales de la carga resistiva.....	49
Figura 5.8. Ondas senoidales tensión respecto a la corriente de la carga resistiva.	49
Figura 5.9. Factor de potencia de la carga resistiva.	50
Figura 5.10. Diagrama fasorial de tensión y corriente de la carga resistiva.....	51
Figura 5.11. Parámetros eléctricos de la carga capacitiva.....	52
Figura 5.12. Ondas de tensión y corriente senoidales de la carga capacitiva.....	53
Figura 5.13. Ondas senoidales tensión respecto a la corriente de la carga capacitiva.....	54
Figura 5.14. Factor de potencia de la carga capacitiva.....	54
Figura 5.15. Diagrama fasorial de tensión y corriente de la carga capacitiva.	55
Figura 5.16. Parámetros eléctricos de la carga combinada.....	57
Figura 5.17. Ondas de tensión y corriente senoidales de la carga combinada.	58
Figura 5.18. Ondas senoidales tensión respecto a la corriente de la carga combinada.	58
Figura 5.19. Factor de potencia de la carga combinada.	59
Figura 5.20. Diagrama fasorial de tensión y corriente de la carga combinada.....	60

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 4. 1 Factor de Potencia	30
Ecuación 4. 2 Potencia Aparente por el método del triángulo de potencias	30
Ecuación 4. 3 Potencia Reactiva por el método del triángulo de potencias	30
Ecuación 4. 4 Capacitancia de los condensadores.....	30
Ecuación 4. 5 Reactancia Capacitiva.....	31
Ecuación 4. 6 Dimensionamiento de protecciones eléctricas.....	31
Ecuación 4. 7 Protección mediante fusibles	31
Ecuación 4. 8 Protección total del circuito	32
Ecuación 4. 9 Intensidad del guardamotor	32
Ecuación 4. 10 Dimensionamiento de contactores.....	32
Ecuación 4. 11 Dimensionamiento de conductores eléctricos	32
Ecuación 4. 12 Potencia de precisión del TC	32
Ecuación 4. 13 Potencia aparente del conductor eléctrico	33
Ecuación 4. 14 Potencia Activa.....	40
Ecuación 4. 15 Potencia Aparente.....	40
Ecuación 4. 16 Potencia Reactiva	40
Ecuación 4. 17 Desequilibrio de corriente.....	40
Ecuación 4. 18 Promedio o media arimética	41
Ecuación 4. 19 Ecuación del error absoluto	40
Ecuación 4. 20 Ecuación del error relativo.....	40
Ecuación 4. 21 Ecuación del error porcentual.....	40
Ecuación 4. 22 Costo de la hora	64

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA EL ANÁLISIS DE CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA EN UNA RED TRIFÁSICA CON CARGAS DESEQUILIBRADAS”

Autores:

Azogue Pilicita Henry Danilo

Ramírez Albán Joselyn Fernanda

RESUMEN

Uno de los problemas que afectan a las industrias es el bajo factor de potencia, debido al exceso de carga inductiva y la dificultad de relacionar gráficos senoidales y fasoriales de variables eléctricas en el proceso de corrección del factor de potencia por ello se planteó el desarrollo de un sistema que permita la interacción entre parámetros eléctricos (tensión, corriente, potencia) llegando a visualizar y medir en tiempo real el comportamiento de estas variables en una red trifásica, mediante el diseño de un módulo que a través de prácticas de experimentación propone observar ondas senoidales y diagramas fasoriales de todo el proceso antes descrito. Con el uso de cargas resistivas, capacitivas e inductivas se podrá analizar el comportamiento de la red trifásica, mediante un medidor de energía “SENTRON PAC 3220” necesario para el estudio de este caso, y con la creación de una gráfica didáctica en el software LabVIEW permitirá al usuario generar un procesamiento de señales para comparar datos calculados con datos reales obtenidos en el proceso de esta práctica, además enfocarse en el desfase de la tensión con respecto a la corriente, visualizar diagramas fasoriales y ondas senoidales. Además, mediante cálculos externos se pudo diseñar un banco de condensadores que logrará compensar la energía reactiva faltante para lograr una corrección del factor de potencia que es el objetivo de este sistema.

Finalmente se obtiene un sistema didáctico que permite observar diagramas del proceso de corrección del factor de potencia con la interacción de todas las cargas que se usan en este módulo.

Palabras Clave: Corrección, Desequilibradas, Reactiva, Red, Energía.

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TOPIC: “A SYSTEM DEVELOPMENT FOR POWER FACTOR CORRECTION ANALYSIS IN A THREE-PHASE NETWORK WITH UNBALANCED LOADS”

Authors:

Azogue Pilicita Henry Danilo

Ramírez Albán Joselyn Fernanda

ABSTRACT

Problems one, which affects the industries, it is the low power factor, due to the inductive load excess and the difficulty of sinusoidal relations and phasor graphs electrical variables into power factor correction process, for this reason, it is proposed the a system development, whose allows the interaction between electrical parameters (voltage, current, power) by coming to visualize and measure in real time, the these variables behavior into a three-phase network, through the module design, through experimentation practices proposes to observe entire process sinusoidal waves and phasor diagrams described, above. With resistive, capacitive and inductive loads use, it would possible analyze the three-phase network behavior, through a "SENTRON PAC 3220" necessary energy meter for study this case, and with the a didactic graph creation into LabVIEW software. It will allow the user to generate a signal processing for comparing calculated data with real got data in the process this practice, besides focusing on the voltage phase shift with respect to the current, visualizing phasor diagrams and sinusoidal waves. Further, through external calculations, it was reached to design a capacitor bank, whose will compensate the missing reactive energy to achieve power factor correction that is the aim this system.

Keywords: Correction, Unbalanced, Reactive, Network, Energy.



AVAL DE TRADUCCIÓN

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

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de titulación cuyo título versa: **“DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA EL ANÁLISIS DE CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA EN UNA RED TRIFÁSICA CON CARGAS DESEQUILIBRADAS”**, presentado por: **Azogue Pilicita Henry Danilo y Ramírez Alban Joselyn Fernanda** estudiantes de la Carrera de: **Ingeniería en Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, 15 marzo del 2022

Atentamente,


 **CENTRO
DE IDIOMAS**

Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502666514

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título:

Diseño de un sistema para el análisis de corrección del factor de potencia en una red trifásica con cargas desequilibradas.

Fecha de inicio: Octubre 2021

Fecha de finalización: Marzo 2022

Lugar de ejecución:

Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia

Ingeniería Electromecánica

Equipo de trabajo:

Tutor:

Ing. Jefferson Alberto Porras Reyes M.Sc

C.I. 070440044-9

Email: jefferson.porras0449@utc.edu.ec

Ponentes:

Azogue Pilicita Henry Danilo

C.I. 172383910-4

Email: henry.azogue9104@utc.edu.ec

Joselyn Fernanda Ramírez Albán

C.I. 055067266-1

Email: joselyn.ramirez@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

Procesos Industriales

Línea de investigación:

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sublíneas de investigación de la Carrera:

Energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía

2 INTRODUCCIÓN

2.1 EL PROBLEMA

La presente propuesta tecnológica surge debido a la dificultad de relacionar variables eléctricas en el proceso de corrección del factor de potencia con un enfoque gráfico mediante el uso de diagramas fasoriales y senoidales lo que permite obtener una experimentación en el proceso descrito.

El factor de potencia es un parámetro importante a nivel industrial, ya que la alteración de este genera consecuencias negativas en el rendimiento de una empresa, ocasionando pérdidas económicas debido a las sanciones del ente regulador, daño a los equipos por sobrecorriente por el bajo factor de potencia dándose un excesivo consumo de corriente por el mismo hecho, pérdidas por efecto Joule a consecuencia del calentamiento de los conductores eléctricos y daños a la red en general.

Por tal motivo se considera importante el estudio y análisis de este proceso con una metodología gráfica que permita relacionar variables eléctricas inmersas mediante diagramas fasoriales y senoidales, con el objetivo de lograr en el usuario un conocimiento amplio respecto al tema y verificar la influencia directa de la tensión y la corriente en el proceso de corrección del factor de potencia, tomando en cuenta el desequilibrio de cargas y los daños que ocasiona al tema antes descrito.

Por lo tanto, es indispensable analizar la relación que existe entre variables eléctricas y el proceso de estudio con el uso de gráficas que nos facilita la visualización y el estudio práctico de este tema.

2.1.1 Situación Problémica

Gran parte de las industrias poseen cargas inductivas como son los motores y transformadores, estos requieren de energía reactiva para su funcionalidad y el consumo de la misma es lo que provoca un bajo factor de potencia. En Ecuador según ARCONEL resolución Nro. 074/17 cuando el factor de potencia es menor a 0,92 se aplica una penalización y si es menor a 0,6 se llega hasta una suspensión de la empresa distribuidora de energía hasta que el consumidor adecúe sus instalaciones.

Una clave en el desarrollo económico industrial y por tanto importante de estudio dentro de una formación académica acorde al tema relacionada, trata acerca del desfase del ángulo de la tensión con respecto a la corriente, y el proceso de su corrección. Esta variable es una fuente de

estudio práctico y teórico ya que requiere dimensionar componentes, calcular variables y establecer procesos que permitan emitir una corrección al mismo evitando pagos altos en facturas, daños en máquinas, sobretensiones y diversas consecuencias que generan un bajo factor de potencia todo esto se verá influenciada por el tipo de cargas que se aplique a la red de alimentación.

La práctica de experimentación permite un proceso de formación académica moderno, en el cual se puede escoger a la electricidad como fuente de estudio y se determina la necesidad de poder entender los conocimientos teóricos que se adquieren, esto se basa en comprender, visualizar y medir variables eléctricas fundamentales como tensión, corriente, potencia, diagramas fasoriales y el desfase entre tensión y corriente llamado factor de potencia.

Por lo cual se ha visto necesario un sistema que permita el análisis de este proceso en un interfaz didáctico y gráfico de programación para que el usuario interactúe, visualice, mida y compare datos de variables eléctricas relacionadas en la corrección del factor de potencia.

2.1.2 Matriz Causa Efecto

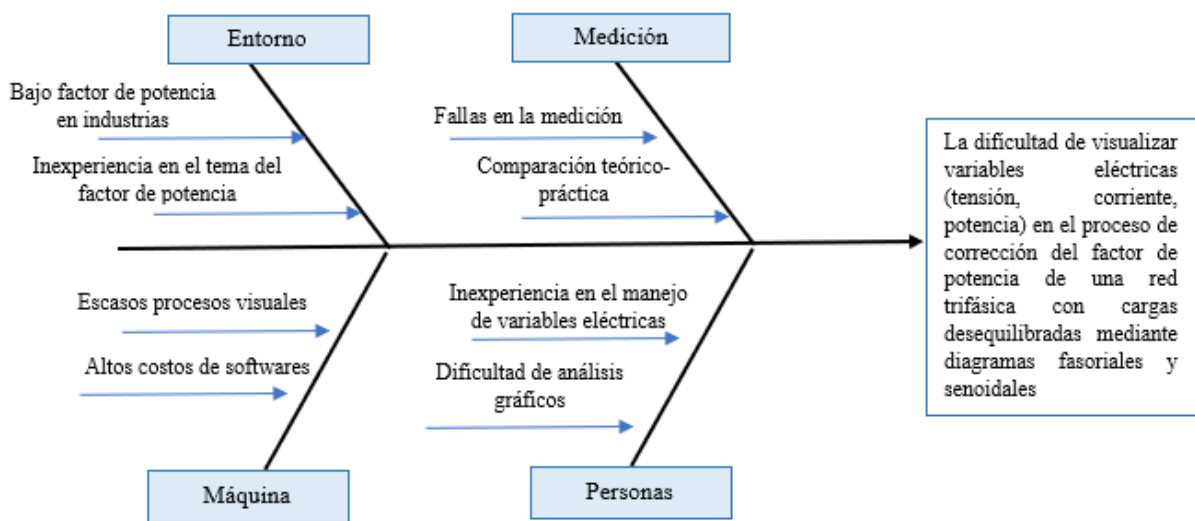


Figura 2.1. Matriz Causa – Efecto.

2.1.3 Formulación del problema

La dificultad de visualizar variables eléctricas (tensión, corriente, potencia) en el proceso de corrección del factor de potencia de una red trifásica con cargas desequilibradas mediante diagramas fasoriales y senoidales.

2.2 CAMPO DE ACCIÓN

2.2.1 Objeto de Estudio

Sistema para visualizar parámetros eléctricos en el proceso de corrección del factor de potencia en una red trifásica con cargas desequilibradas.

2.2.2 Campo de acción

Se toma como referencia a la norma UNESCO se puntualiza lo siguiente:

2.2.2.1 Campo Amplio

220000 Física.

330000 Ciencias Tecnológicas

2.2.2.2 Campo Específico

2202 Electromagnetismo.

2203 Electrónica

3306 Ingeniería y Tecnología Eléctricas

3311 Tecnología de la Instrumentación

2.2.2.3 Campo detallado

2202.02 Magnitudes Eléctricas y Su Medida

2202.03 Electricidad

2203.01 Circuitos

2203.02 Elementos de Circuitos

3306.01 Utilización de la Corriente Continua

3306.03 Motores Eléctricos

3311.01 Tecnología de la Automatización

3311.06 Instrumentos Eléctricos

2.3 BENEFICIARIOS

2.3.1 Beneficiarios directos

Con la implementación de este sistema se beneficiará directamente la comunidad universitaria, 481 estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica y docentes que requieran del uso del sistema para la enseñanza de su cátedra.

2.3.2 Beneficiarios indirectos

Como beneficiarios indirectos son la comunidad científica, industrias y personas de Latacunga que están relacionadas con el área eléctrica.

2.4 JUSTIFICACIÓN

El estudio de las cátedras de máquinas eléctricas, electrónica de potencia, distribución eléctrica e instalaciones eléctricas se encuentran relacionadas con el tema sobre el factor de potencia, los conocimientos que se adquieren en estas ciencias son netamente teóricos y para el reforzamiento de los mismos se necesita de una parte práctica, se determina que se requiere de un sistema que permita medir, visualizar, analizar y comparar variables eléctricas. Por lo cual se ha visto necesario el diseño de un sistema para el análisis de corrección del factor de potencia para observar de manera gráfica el proceso y el desfase que ocurre cuando se activa una carga y se descompensa la red trifásica. Al ser declarada importante es necesario tener los conceptos de parámetros eléctricos como tensión, corriente, potencia claros y fundamentados, para lo cual el módulo permitirá interactuar de manera experimental con estas variables y poder visualizarlas, medirlas y compararlas. Por lo tanto, se establece el desarrollo de un sistema de corrección de factor de potencia, para mirar el desfase que ocurre cuando se activa una carga y se descompensa la red trifásica.

2.5 PREGUNTA CIENTÍFICA O HIPÓTESIS

El desarrollo de un sistema para el proceso de corrección del factor de potencia permitirá visualizar diagramas fasoriales y senoidales en función a la carga aplicada.

2.6 OBJETIVOS

2.6.1. General

Desarrollar un sistema que permita visualizar y medir parámetros eléctricos (tensión, corriente, potencia) a partir del uso de cargas inductivas, resistivas y capacitivas con el fin de analizar el proceso de corrección del factor de potencia en una red trifásica mediante el uso de diagramas senoidales y fasoriales.

2.6.2 Específicos

- Investigar en fuentes bibliográficas aportes sobre el proceso de corrección del factor de potencia.
- Diseñar un proceso de experimentación que permita visualizar parámetros eléctricos para corregir el factor de potencia mediante el uso del software LabVIEW.
- Comparar los datos obtenidos en el software LabVIEW mediante cálculos que permitan comprobar la fiabilidad del sistema.

2.7 SISTEMA DE TAREAS

Tabla 2.1. Sistema de Tareas por objetivos

Objetivos específicos	Tareas/ Actividades	Resultados Esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
- Investigar en fuentes bibliográficas aportes sobre el proceso de corrección del factor de potencia.	Recopilación de información en fuentes bibliográficas.	- Estudio de teoría requerida para el diseño del sistema. - Identificación de los equipos eléctricos necesarios para el desarrollo del sistema.	-Investigación bibliográfica. - Libros. - Papers.
- Diseñar un proceso de experimentación que permita visualizar parámetros eléctricos para corregir el factor de potencia mediante el uso de un software.	Elaboración de un sistema experimental que permita evidenciar y corregir el factor de potencia.	- Identificación de datos de parámetros eléctricos mediante un medidor de energía - Obtención de diagramas fasoriales y senoidales en relación a la carga aplicada. - Lograr la corrección del factor de potencia con cargas combinadas obteniendo un valor cercano a 0,92	-Software LabVIEW 2019 Versión SP1. - Software TIA PORTAL. - SENTRON PAC 3220
- Comparar los datos obtenidos en el software LabVIEW mediante cálculos que permitan comprobar la fiabilidad del sistema.	Interpretación de resultados obtenidos en la práctica experimental basados en datos teóricos.	- Elaboración de guías prácticas necesarias para el funcionamiento y desarrollo del sistema. - Calcular potencias mediante fórmulas para verificar la fiabilidad del módulo.	-Software LabVIEW 2019 Versión SP1. - Ecuaciones matemáticas del triángulo de potencias

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 ANTECEDENTES

La tesis “Diseño de un banco de condensadores para la corrección del factor de potencia de la empresa BANCHISFOOD S.A.” del año 2012, se cita que la corrección del factor de potencia es un beneficio tanto económico, y en calidad de energía, que permite tener una reducción sustancial en el pago de la energía eléctrica, establece la importancia de definir los parámetros eléctricos correctamente además de definir las cargas eléctricas que posee el sistema que vamos a corregir, para poder tener un resultado eficiente que permite realizar esta corrección, se tiene un proceso de cálculo para determinar el banco de condensadores necesario, tensión, corriente antes y después de la corrección del factor de potencia y un estudio eléctrico amplio referente a la empresa [1].

Según el trabajo investigativo “Corrección del factor de potencia en una red industrial con tarjeta DAQ” del año 2018, establece que todas las variables eléctricas que intervienen en la corrección del factor de potencia deben ser visualizadas y estudiadas de forma gráfica y textual, además que el software LabVIEW puede trabajar con diferentes formas de adquisición de dato, nos dice que se debe normalizar el factor de potencia referente a la normativa vigente a cada país, para evitar pago excesivos por bajo factor de potencia [2].

Se plantea en el “Diseño e Implementación de un Módulo Didáctico para corregir el Factor de Potencia” del año 2013, incentiva a elaborar módulos que permitan al estudiante interactuar con las variables eléctricas que interviene en un proceso de corrección del factor de potencia, en este se puede analizar ondas y conexiones para poder visualizarlas en un entorno gráfico con el fin de mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes [3].

El proyecto de investigación “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” del año 2019 plantea un sistema que permite el control, visualización de los parámetros eléctricos en función a la corrección del factor de potencia esto conlleva a una interacción didáctica entre el usuario y el módulo permitiendo el desenvolvimiento en el área con principios teóricos y prácticos [4].

3.2 FUNDAMENTOS ELÉCTRICOS

Se considera los principios básicos que constituyen la electricidad y que han permitido su estudio y evolución a través de los años.

3.2.1 Definición de electricidad

La electricidad es una forma de energía utilizada en aparatos eléctricos y máquinas. La energía eléctrica se genera en las centrales eléctricas, pasando por una transformación de energía primaria (hidráulica, térmica, solar, nuclear, eólica), para después ser transportada a través de las redes eléctricas y finalmente llega a la población e industrias [5].

3.2.2 Parámetros eléctricos

- **Carga.** - Es la potencia instalada o demandada en un circuito eléctrico [6].
- **Corriente eléctrica.** – Se denomina corriente eléctrica al desplazamiento continuo y ordenado de electrones a lo largo de un conductor [5].
- **Resistencia Eléctrica.** – La resistencia eléctrica es la oposición al flujo de corriente, oposición que puede ser grande o pequeña, su dimensión es el ohmio [Ω] [7].
- **Intensidad de corriente eléctrica.** – El flujo de carga eléctrica por unidad de tiempo a través de una superficie se denomina corriente eléctrica, su dimensión es el Amperio [A] [8].
- **Tensión eléctrica o diferencia de potencial.** – Es la fuerza potencial (atracción) que hay entre dos puntos, su dimensión es el Voltio [V] [9].
- **Potencia eléctrica.** – Indica la cantidad de energía eléctrica transferida, su dimensión es el Wattio [W] [10].

3.3 CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Son elementos eléctricos o electrónicos, conectados eléctricamente entre sí con el propósito de generar, transportar o modificar señales electrónicas o eléctricas [5].

3.3.1 Tipos de corriente en un circuito eléctrico

Se debe tomar en cuenta que la corriente eléctrica transporta una carga eléctrica por medio del movimiento de los electrones a través de lo que se conoce como material conductor, de esta forma, el sentido siempre apunta en la dirección que va del campo positivo al negativo, es decir, de mayor hasta el de menor potencial eléctrico, basado en este principio se crea una corriente eléctrica que puede ser de varios tipos:

- **Corriente Continua.** – Se conoce como corriente directa y se caracteriza por mantener la carga de voltaje constantemente de forma que puede ser negativa o positiva, no cambia de sentido y valor con el tiempo ver figura 3.1. Puede ser almacenada en pilas, baterías, celdas de cargas [7].

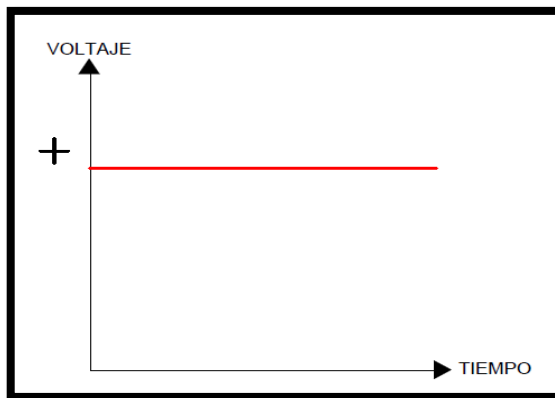


Figura 3.1. Gráfica de la corriente continua [4].

- **Corriente Alterna.** - La corriente cambia su polaridad cíclicamente, siendo positiva y negativa en períodos determinados de tiempo, divide la onda en dos picos simétricos ver figura 3.2 [7].

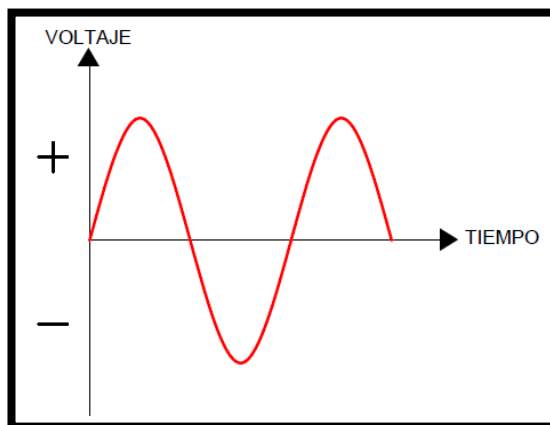


Figura 3.2. Corriente Alterna [9].

3.3.2 Partes de un circuito eléctrico

Un circuito eléctrico básico está conformado por:

- **Generador.** – es la fuente de generación de energía eléctrica
- **Conductores.** – elemento que permite la movilización de los electrones por el circuito
- **Receptores.** – transforman la energía eléctrica.
- **Elementos de mando o control.** – permiten controlar (abrir y cerrar) el circuito. como: pulsadores, conmutadores, relés.
- **Elementos de protección.** – Protege el circuito y a las personas de una sobretensión [11].

3.4 CIRCUITOS ELÉCTRICOS DE CORRIENTE ALTERNA

Un circuito es una interconexión de componentes cerrados que permiten que la energía en forma de corriente eléctrica fluya a través de un conductor con el fin de abastecer una carga.

3.4.1 Características del circuito eléctrico de corriente alterna

Es una combinación de elementos: resistencias, condensadores, bobinas y un generador que suministra corriente alterna. Un alternador es un generador de corriente alterna que se basa en la inducción de una f.e.m. “Fuerza electro-motriz” [11].

- **Parámetros de la corriente alterna.** - La corriente alterna, tiene sus propias características y parámetros que pueden ser medidos y calculados para diferentes aplicaciones de la ingeniería, ver tabla 3.1:

Tabla 3.1. Circuito de corriente Alterna [12].

Parámetro característico	Símbolo correspondiente	Descripción
Pico de Tensión	V_P	Valor máximo o mínimo de la tensión alterna.
Pico de Corriente	I_P	Valor máximo o mínimo de la corriente alterna.
Pico-Pico de tensión	V_{PP}	Diferencia entre el valor positivo y negativo máximo y mínimo.
Tensión efectiva	V_{ef}	El valor efectivo es el valor de la tensión alterna
Corriente efectiva	I_{ef}	El valor efectivo es el valor de la corriente alterna
Duración del período	T	Un período (onda completa con semionda positiva y semionda negativa)
Frecuencia	f	Cantidad de períodos en un segundo.
Frecuencia angular	ω_t	Angulo girado por unidad de tiempo.
Valor transitorio	U_t	Valor transitorio en función del tiempo de una tensión alterna sinusoidal.

- **Cargas instaladas en un circuito eléctrico de corriente alterna.** - 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 en kVA, MVA, kW o MW [13].
- **Capacidad instalada en un circuito eléctrico de corriente alterna.** - Corresponde a la suma de potencias nominales de los equipos (transformadores, generadores),

instalados a las líneas que suministran potencia eléctrica a las cargas o servicios conectados [4].

- **Representación fasorial de un circuito eléctrico de corriente alterna.** - Una función sinusoidal es representada por un número complejo que crece linealmente con el tiempo, al que se denomina fasor o representación de Fresnel ver figura 3.3 [14].

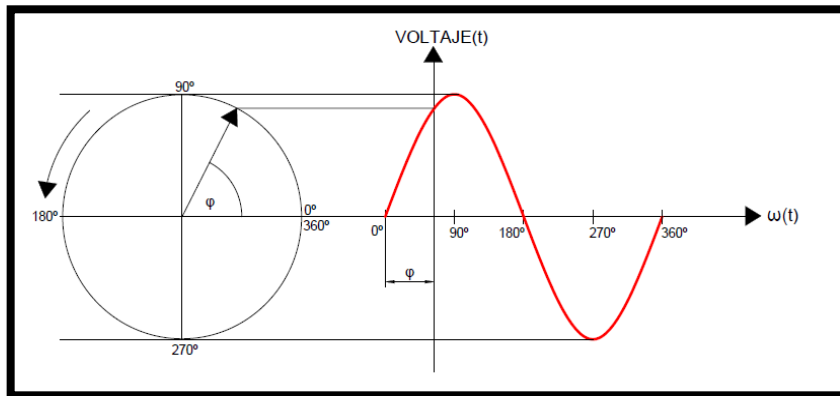
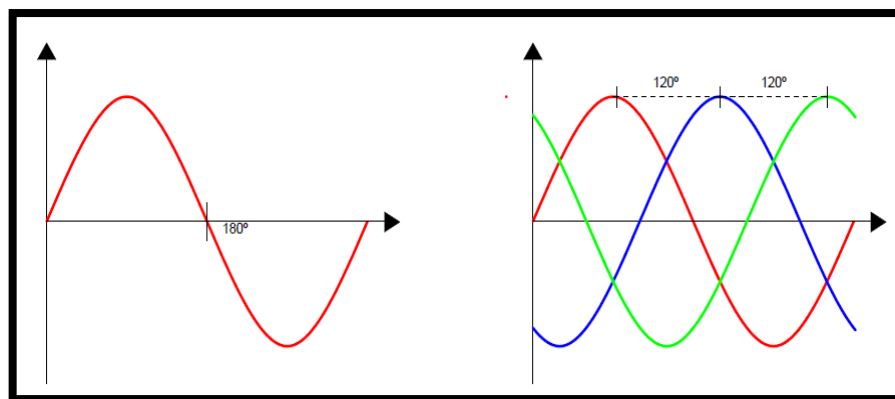


Figura 3.3. Parámetros característicos de una oscilación sinusoidal [14].

3.4.2 Tipos de alimentación en un circuito eléctrico de corriente alterna

- **Alimentación monofásica de un circuito de corriente alterna.** - Un sistema monofásico produce, distribuye y consume energía eléctrica formado por una única corriente alterna o fase, ver literal a de la figura 3.4 [15].
- **Alimentación trifásica de un circuito de corriente alterna.** - Un sistema trifásico produce, distribuye y consume energía eléctrica compuesta por tres corrientes alternas monofásicas de frecuencia y magnitudes similares, representan un valor eficaz de una diferencia de fase entre ellas de 120° , ver literal b de la figura 3.4 [15].

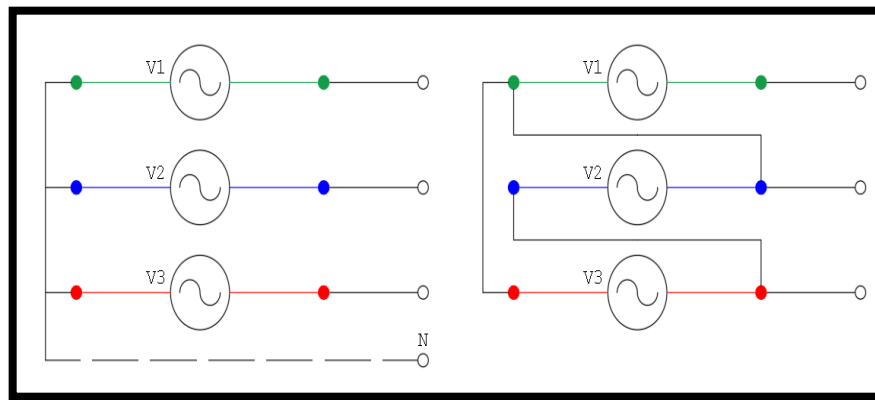


(a) Tensión Monofásica

(b) Tensión Trifásica

Figura 3.4. Ondas de tensión de circuitos de corriente alterna [12].

- **Conexiones en un circuito trifásico.** - Existen dos tipos principales de conexión: estrella y triángulo ver figura 3.5.



(a) Conexión Estrella

(b) Conexión Triángulo

Figura 3.5. Tipos de conexión: estrella y triángulo [13].

3.4.3 Potencias en circuito eléctrico de corriente alterna

La potencia en un circuito de corriente alterna es más compleja, depende de la carga que se use con respecto a la fuente, ocasiona un desfase de ángulo (factor de potencia) entre la tensión con respecto a la corriente. En todo circuito eléctrico, para el funcionamiento de los diferentes equipos y máquinas encontramos las siguientes potencias:

- **Potencia Activa.** - La potencia activa se denomina con la letra P y se expresa en vatios [W]. Representa la capacidad de un circuito para poder realizar un proceso de transformación de la energía eléctrica en trabajo [20].
- **Potencia Reactiva.** - También llamada potencia magnetizante, se simboliza con la letra Q expresada en voltamperios reactivos [var], necesario para el funcionamiento de ciertas máquinas y dispositivos eléctricos como motores, transformadores, bobinas, relés [12].
- **Potencia Aparente.** - Es la suma geométrica de las potencias activa y reactiva, se simboliza con la letra S y se expresa en voltamperios [VA] [16].
- **Triángulo de Potencias.** - Un triángulo de potencias es la representación fasorial de las potencias en corriente alterna, que se usa para ilustrarlas de una forma didáctica ver figura 3.6 [17].

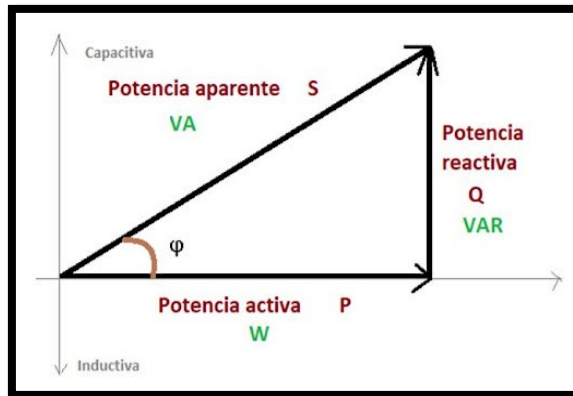


Figura 3.6. Representación gráfica del triángulo de potencias [18].

3.4.4 Factor de Potencia

El factor de potencia se define como la relación entre la potencia activa [W] usada en un sistema y la potencia aparente [VA] que se obtiene de las líneas de alimentación [19].

Los motores generan mayor carga inductiva ocasionando daños a la red por un bajo factor de potencia, se puede corregir mediante las cargas capacitivas “banco de condensadores” que permite suministrar potencia reactiva a la red eléctrica y mejorar el consumo de corriente de la misma.

En Ecuador se registra por resolución número 074/17 del ARCONEL referente al año 2018 como valor mínimo de Factor de potencia a 0.92, menor de esto será penalizado aplicando el pliego tarifario de acuerdo a la categoría y grupo de tarifa que corresponde. En caso de que el factor de potencia sea menor a 0.6, el consumidor no regulado pondrá a consideración un plan de acción para corregir la desviación identificada [20].

Causas del bajo factor de potencia. - Las cargas inductivas son el origen del bajo factor de potencia ya que son cargas no lineales que contaminan la red eléctrica [21].

A continuación, se detallan algunas causas por la cual se produce un bajo factor de potencia.

- **Iluminación de descarga (lámparas de vapor de mercurio y fluorescentes).** – Estas lámparas requieren de inductancia o de un transformador, varias de estas tendrán mayor demanda de energía reactiva produciendo un bajo factor de potencia
- **Motores de inducción.** – La potencia reactiva que consumen es bajo, el factor de potencia es bajo cuando funciona en vacío o con cargas mucho menores que la nominal
- **Motores operando en vacío.** – Cuando menor sea la carga mecánica solicitada, menor será la energía activa consumida, consecuentemente menor es el factor de potencia

- **Motores sobredimensionados.** – La sustitución de un motor por otro de mayor potencia, se da en casos de mantenimiento y reparación
- **Nivel de voltaje por encima del nominal.** – Se aplica a motores de inducción, se da el aumento de consumo de energía reactiva
- **Hornos eléctricos de arco voltaico.** – Su factor de potencia varía al calentar el horno
- **Soldadoras eléctricas de corriente alterna.** – Máquinas construidas con una reactancia interna para limitar las corrientes de cortocircuito en el momento que se produce el arco, esta reactancia es la que produce un bajo factor de potencia [22].

Tabla 3.2. Factor de potencia de cargas más usuales [23].

Aparato		Factor de potencia ($\cos \theta$)
Motor asíncrono	Carga	
	0%	0,17
	25%	0,55
	50%	0,73
	75%	0,80
	100%	0,85
Lámparas incandescentes		1
Tubos fluorescentes no compensados		0,5
Tubos fluorescentes compensados		0,93
Lámparas de descarga		0,4 a 0,5
Hornos de resistencia		1

Consecuencias del bajo factor de potencia. - Un bajo factor de potencia produce una mayor circulación de corriente eléctrica en sus instalaciones y en la red de distribución, trayendo consigo daños por efectos de sobrecarga [7].

- **Incremento de las pérdidas por efecto joule.** – Se dan por el calentamiento de los cables, calentamiento de los transformadores, y el disparo de los dispositivos de protección, debido al consumo excesivo de corriente
- **Sobrecarga de los generadores, transformadores y líneas de distribución.** – El exceso de corriente sobrepasa las corrientes nominales de funcionamiento
- **Aumento de la caída de tensión.** – Ocasiona la caída de tensión por pérdida de potencia en el transporte del cable

- **Incremento en el pago de la factura eléctrica.** – Debido al bajo factor, implica pérdidas en la red, esto hace que la empresa penalice al consumidor haciendo que pague multas por bajo factor de potencia [22].

Corrección del factor de potencia. -La finalidad de corregir es reducir o aún eliminar el costo de energía reactiva en la factura de electricidad. Para esto, es necesario distribuir unidades capacitivas, dependiendo su uso [21]. Existen varios métodos para la corrección del factor de potencia:

- Minimizar la operación de motores en vacío o poca carga
- Evitar la operación de equipo por debajo de su voltaje de diseño
- Instalación de banco de condensadores “Depende del sistema monofásico o trifásico”
- Aplicación de motores sincrónicos.

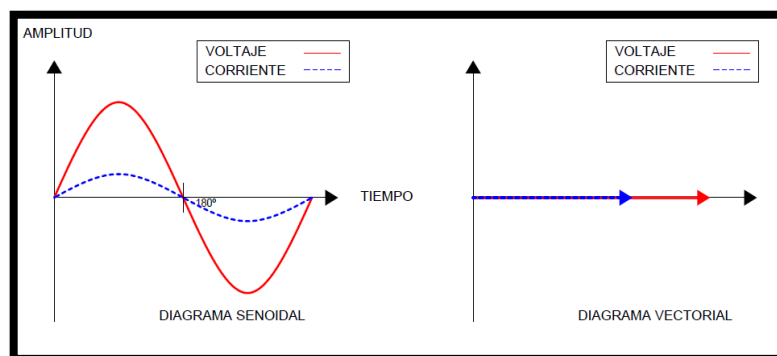
3.5 CARGAS QUE CONSTITUYEN LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS DE CORRIENTE ALTERNA

Los sistemas que permiten establecer un circuito eléctrico y sus diferentes componentes que forman parte del proceso de corrección del factor de potencias son llamados constituidos.

3.5.1 Cargas en un circuito de corriente alterna

Se refiere a las diferentes cargas conectas a un sistema eléctrico que demuestran diversos comportamientos de la misma en función del voltaje:

- **Cargas resistivas.** - Son cargas donde la energía eléctrica es totalmente transformada en energía calorífica, el voltaje se encuentra en fase con la corriente y su aprovechamiento es total, el factor de potencia es la unidad, se encuentran en: parrillas, planchas, lámparas incandescentes y hornos eléctricos ver figura 3.7 [18].

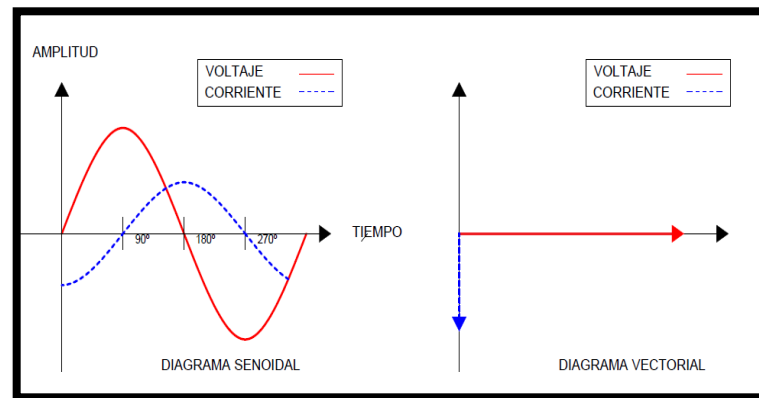


(a) Diagrama fasorial

(b) Diagrama vectorial

Figura 3.7. Diagrama fasorial y vectorial de las cargas resistivas [24]

- **Cargas inductivas.** - Son cargas donde consumen potencia activa y potencia reactiva, esto ocasiona que la corriente no esté en fase con la tensión y tenga un retraso de 90° , teniendo un bajo factor de potencia. La inductancia toma potencia de la fuente, la usa y posteriormente la regresa, pero no la consume ver figura 3.8 [18]. Se encuentra en motores, balastos, transformadores.

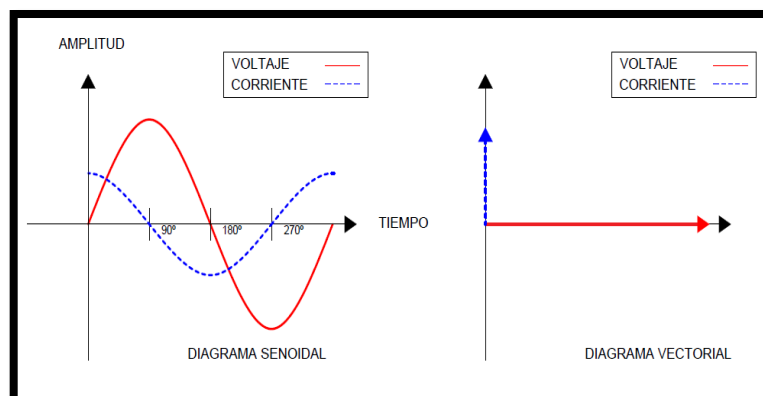


(a) Diagrama fasorial

(b) Diagrama vectorial

Figura 3.8. Diagrama fasorial y vectorial de las cargas inductivas [24].

- **Cargas capacitivas.** - En las cargas capacitivas la corriente se encuentra adelantada con respecto a la tensión en 90° , su aplicación es muy útil para lograr la corrección del factor de potencia, el capacitor se carga y descarga (usa la potencia y la regresa, pero no la consume) [18]. Se encuentran en banco de condensadores, motores ver figura 3.9.



(a) Diagrama fasorial

(b) Diagrama vectorial

Figura 3.9. Diagrama fasorial y vectorial de las cargas capacitivas [24].

- **Cargas combinadas.** - En la vida real y práctica, un circuito está constituido por cargas resistivas, inductivas o capacitivas, o una combinación de las tres.

3.5.2 Banco de condensadores

Un banco de condensadores es una agrupación de varios condensadores estáticos, idénticos interconectados en paralelo o serie según sea necesarios [25].

- **Condensadores estáticos.** - El condensador estático recibe este nombre, debido a que no tiene partes móviles [1]. Son los más aconsejables para uso en plantas
- **Uso de condensadores en la corrección del factor de potencia.** - Un condensador es un elemento empleado en todo tipo de circuito eléctrico para almacenar temporalmente carga eléctrica, formado por dos placas conductoras aisladas y separados por un dieléctrico.

Los condensadores al conectarse en paralelo a la red eléctrica proveen la potencia reactiva que antes la suministraba la propia red de esta manera se logra corregir el factor de potencia.

Tipos de banco de condensadores. - Existe diferentes tipos de banco de condensadores que se pueden expresar así:

- **Banco de condensadores fijos.** – En este tipo de banco de condensadores la potencia reactiva suministrada por la batería es constante e independiente de las variaciones del factor de potencia y de la carga de los equipos, y por lo tanto del consumo de energía reactiva de la instalación, ver figura 3.10.

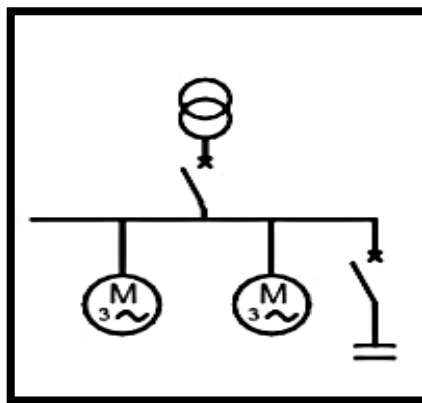


Figura 3.10. Tipos de bancos de condensadores [1].

- **Banco de condensadores automáticos.** - La potencia reactiva suministrada por la batería se puede modificar de acuerdo con las variaciones del factor de potencia y de la carga y por lo tanto del consumo de energía reactiva, este tipo de equipo se compone de una combinación paralela de pasos del condensador ver figura 3.11, cuya conexión o desconexión se controlado por medio de un regulador varimétrico incorporado.

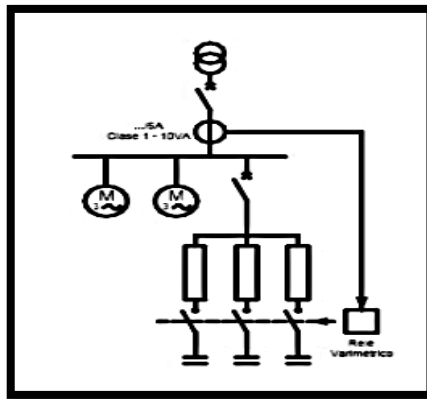


Figura 3.11. Tipos de bancos de condensadores [1].

Tipos de instalación de banco de condensadores. - Para instalar el banco de condensadores se presentan las siguientes alternativas:

- **Instalación individual del banco de condensadores.** - La compensación individual, trata de colocar e instalar los condensadores junto a cada carga que consuma potencia reactiva ver figura 3.12, así se logra corregir el factor de potencia para cada consumo de manera individual, es empleada en equipos de operación continua y cuyo consumo inductivo es representativo.

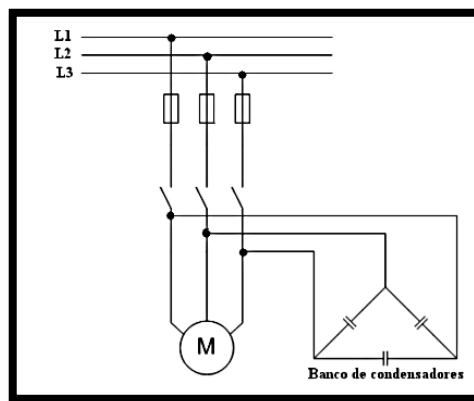


Figura 3.12. Tipos de bancos de condensadores [1].

- **Instalación de banco de condensadores en grupo.** - La instalación de condensadores en el grupo asume toda la carga reactiva a un solo punto de control ver figura 3.13. Generalmente es manipulado por el dispositivo basado en microprocesador llamado regulador del factor de potencia, requiere de un dispositivo de protección.

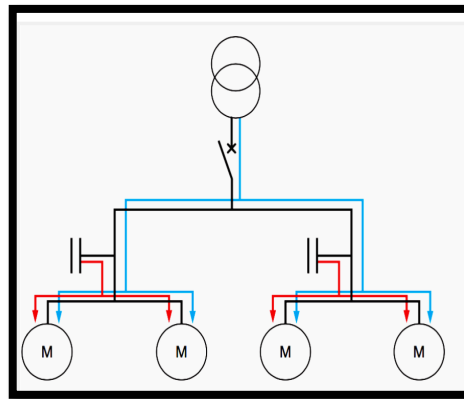


Figura 3.13. Tipos de bancos de condensadores [1].

- **Instalación global del banco de condensadores.** – Este tipo de instalación ofrece una solución generalizada a la corrección del factor de potencia, se instala en el inicio de la acometida, suministrar la potencia reactiva demanda por diversos equipos con diferentes potencias y tiempos de trabajo ver figura 3.14, la potencia total del banco de condensadores se divide en varios bloques

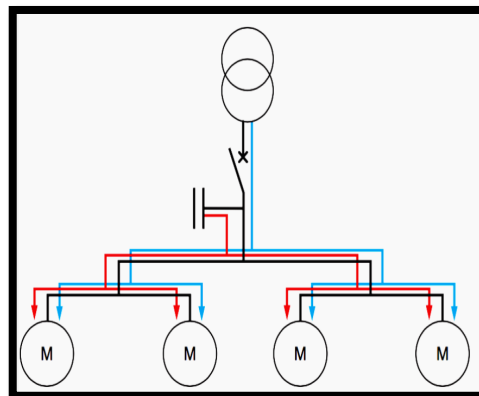


Figura 3.14. Tipos de bancos de condensadores [1].

- **Protección del banco de condensadores.** -Según la norma NOM-001-SEDE-2012, cada conductor de fase de cada banco de capacitores se debe instalar un dispositivo de protección contra sobrecorriente [26].
- **Desconexión del banco de condensadores.** -Según la norma NOM-001-SEDE-2012, cada conductor de fase de cada banco de capacitor necesita un medio de desconexión seguro [26].

3.6 COMPONENTES DE MEDICIÓN Y CONTROL

Los componentes de medición y control proporcionan una mayor seguridad de proceso, un desarrollo más eficiente y una mejor calidad del producto.

3.6.1 PLC “Controlador Lógico Programable”

Es un sistema de control industrial, basado, en una computadora que usa instrucciones de programación para tomar decisiones de encendido y apagado, esto para evitar realizar conexiones de lógica alamburada por medio de relevadores [27].

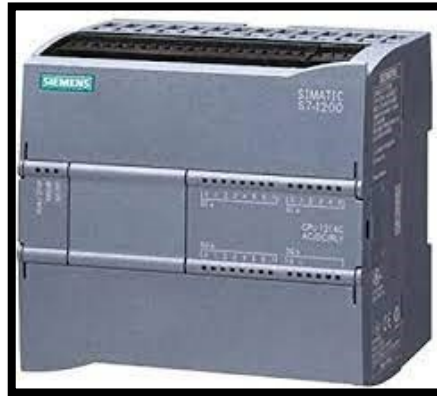


Figura 3.15. PLC [27].

3.6.2 SENTRON PAC 3220

El SENTRON PAC 3220 es un multímetro tipo central de medida para la visualización de datos los parámetros eléctricos de red relevantes en la distribución de energía eléctrica de baja tensión [28].

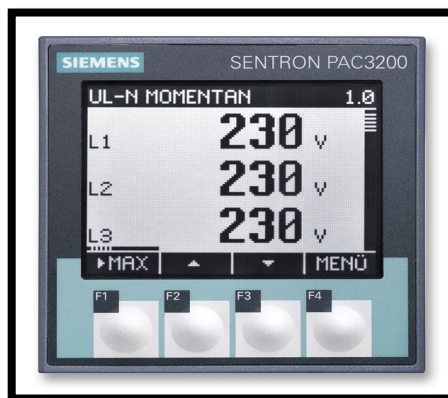


Figura 3.16. SENTRON PAC3220 [28].

3.6.3. Software de Adquisición de datos LABVIEW de National Instruments

Es un lenguaje de programación gráfico diseñado por National Instruments, para el diseño de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control, permite diseñar interfaces de usuario mediante una consola interactiva basada en el software, posee librerías y funciones particulares para cada tarea.

3.6.4. Pinza amperimétrica FLUKE 323

Es una pinza amperimétrica tipo tester, puede medir corriente, voltaje, resistencia, continuidad, con un límite de hasta 400 [A] medidos en RMS y de hasta 600 [V] en AC/DC, con certificación CAT IV de seguridad



Figura 3.17. Pinza amperimétrica FLUKE 323 [28].

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 DECLARACIÓN DE VARIABLES

4.1.1 Variable Dependiente. – Sistema para el análisis del proceso de corrección del factor de potencia

Tabla 4.1. Variable dependiente.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumentos
Visualización de variables eléctricas en el proceso de corrección del factor de potencia	- Tensión [V], corriente [A], potencias: activa [W], reactiva [var], aparente [VA]. Desfase del ángulo $[\cos\phi]$	- Factor de potencia - Diagramas fasoriales - Diagramas senoidales - Cargas resistiva, capacitiva e inductiva	Medición, Visualización, programación	- LabVIEW 2019 Versión SP1 - SENTRON PAC 3220 - PLC

4.1.2 Variable Independiente. - Desarrollo de un módulo didáctico-práctico

Tabla 4.2. Variable independiente.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumentos
Implementación de cargas eléctricas	Fiabilidad (%)	- Parámetros eléctricos obtenidos - Parámetros eléctricos calculados	Observación, Medición	- LabVIEW 2019 Versión SP1 - Ecuaciones matemáticas

4.2. INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de este sistema como módulo didáctico de aprendizaje se procede a diseñar el modelo según el tipo de investigación planteada.

4.2.1 Investigación bibliográfica

Mediante la recolección y recopilación de datos y criterios técnicos obtenidos de libros, revistas, tesis y artículos científicos que abarcan el tema, se pudo desarrollar conocimientos claros y concisos sobre corrección del factor de potencia, variables eléctricas, banco de capacitores y demás temas incluidos en la presente propuesta tecnológica.

4.2.2 Investigación de campo

Para la presente propuesta tecnológica se traslada el sistema para la corrección del factor de potencia al lugar específico para su adquisición de datos y posteriores pruebas para determinar el correcto funcionamiento del mismo.

4.2.3 Investigación experimental.

El conjunto de conocimientos adquiridos mediante investigación bibliográfica y de campo, logra el diseño de una práctica experimental que permita al usuario interactuar directamente con las variables eléctricas fundamentales en el eje de formación de un ingeniero electromecánico.

4.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

El método que se usará para la presente propuesta tecnológica es el inductivo, este se describe como la sucesión de una serie de pasos, el cual empieza por la observación de hechos para registrar, analizar y contrastar datos, procediendo a clasificar la información obtenida para dar una explicación o teoría, esto se aplica en la propuesta tecnológica ya que a través de pruebas y datos que se tomarán cuando el sistema entre en funcionamiento se podrá determinar las variables eléctricas que intervienen en el proceso de corrección del factor de potencia con esto se obtendrá datos concretos y reales a partir de conocimientos previos aplicados en el desarrollo del módulo. Con esto podemos ejecutar las tres técnicas de investigación que permitirán llevar a cabo el método descrito.

4.4 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

4.4.1 Técnica de Investigación: Observación

A través de una investigación de campo realizada en el procesos de corrección del factor de potencia, se adquiere datos de tensión, corriente y demás variables eléctricas y se puede observar el desfase existente en la red, dependiendo de las cargas aplicadas (inductiva, capacitiva, resistiva), esto se puede solucionar mediante la instalación de un banco de condensadores, lo cual se puede poner en práctica mediante un sistema que permita al usuario interactuar con todos los datos previamente mencionados.

4.4.2 Técnica de Investigación: Cálculo

Con la ayuda de ecuaciones y razonamiento matemático se determinará el dimensionamiento de los principales componentes que se usarán en el sistema como: banco de condensadores trifásicos, contactores, conductores, protecciones eléctricas, cargas.

4.4.3 Técnica de Investigación: Análisis

Para la comprobación final del sistema es necesario comparar datos teóricos con prácticos y establecer un grado de error que permita al usuario comprender cada proceso del sistema.

Para la visualización final de las variables eléctricas y todo el proceso de corrección del factor de potencia se necesitará un software, para el caso tomamos como más adecuado a LabVIEW, que permite una interacción didáctica y gráfica.

4.5 INSTRUMENTOS

Son los mecanismos usados por el investigador para recolectar, registrar, ordenar todo tipo de información para su posterior uso [29]. Los instrumentos de medición a utilizar en este proyecto son: el multímetro, SENTRON PAC3220 y como instrumento de control el PLC y el software LabVIEW.

4.6 METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA

Una vez definido los métodos y técnicas que se usarán para la presente propuesta tecnológica se proceden a realizar el dimensionamiento de cada parte del sistema, ver figura 4.1:

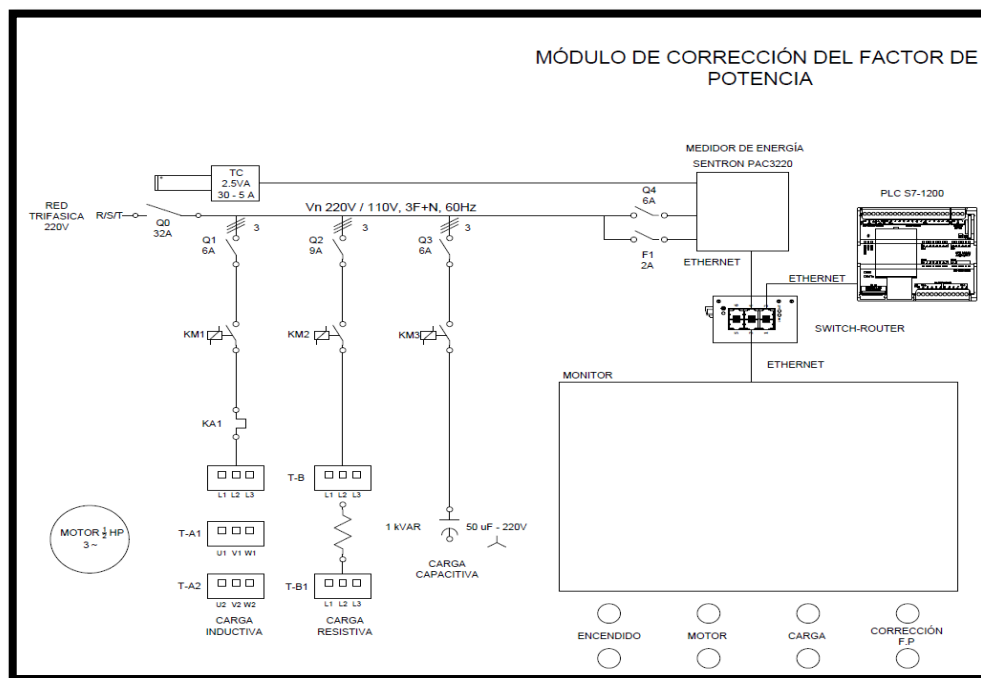


Figura 4.1. Diagrama del sistema de corrección del factor de potencia.

El diagrama de flujo de la metodología del diseño se presenta en la figura 4.2.

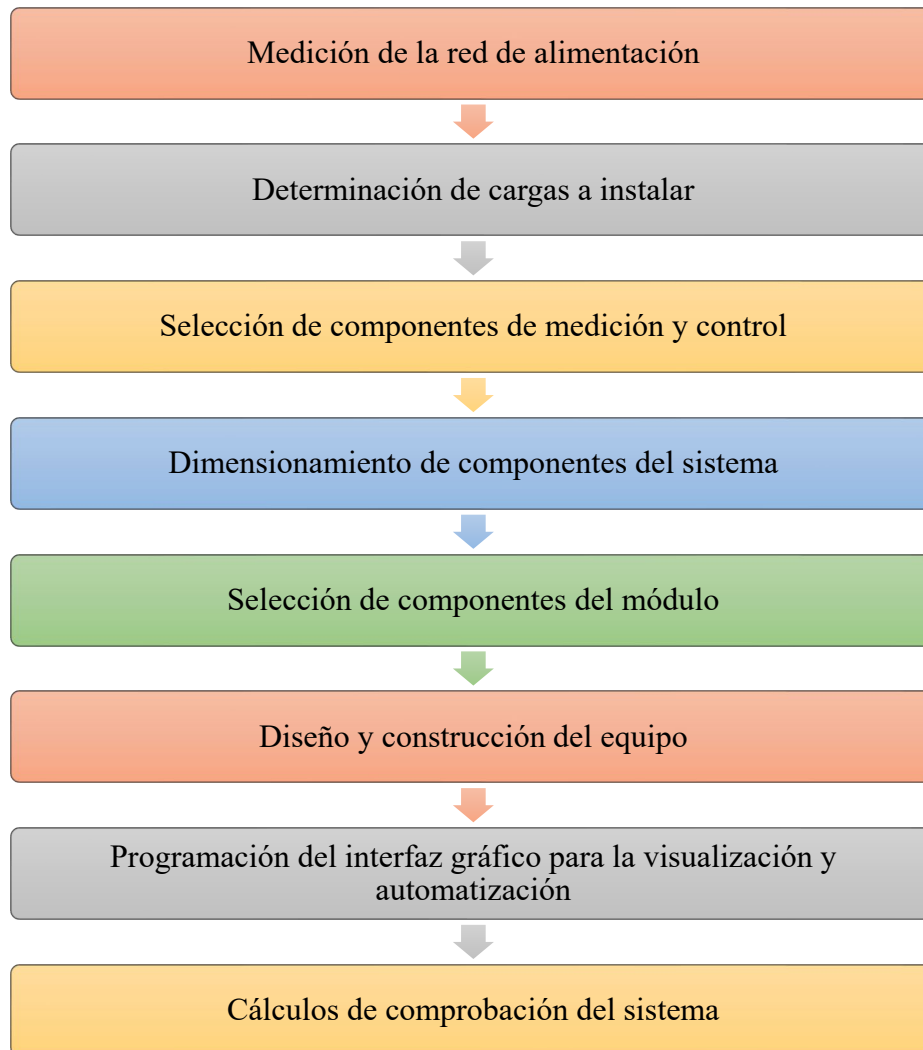


Figura 4.2. Metodología para el diseño del sistema para el análisis de corrección del factor de potencia.

Se planteará cuatro tipos de circuitos para el sistema: capacitivo, inductivo, resistivo y de cargas auxiliares que conformarán todo el sistema para el análisis de corrección del factor de potencia.

4.7 MEDICIÓN DE LA RED DE ALIMENTACIÓN

Para la medición de la red de alimentación del módulo, se requerirá de un multímetro con el que estableceremos el nivel de tensión y la frecuencia de entrada, de esta manera se podrá visualizar e identificar las líneas de fase y neutro.

Los datos obtenidos de la medición se indican en la tabla 4.3:

Tabla 4.3. Red de alimentación del sistema.

RED DE ALIMENTACIÓN TRIFÁSICA	
Tensión	127/220 V
# de conductores	4 x 8 (R, S, T, N) “AWG”
Frecuencia	60 Hz

4.8 DETERMINACIÓN DE CARGAS A INSTALAR

Las cargas a instalar corresponderán a los componentes que consumen corriente eléctrica, se establecerán cuatro circuitos de funcionamiento.

4.8.1 Cargas en el circuito inductivo

Para el circuito inductivo se establecerá la siguiente carga, ver figura 4.3:

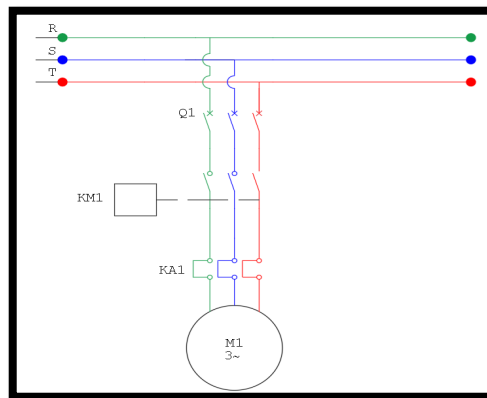


Figura 4.3. Diagrama de control del circuito inductivo.

Se seleccionará el motor descrito en la tabla 4.4:

Tabla 4.4. Características del motor WEG ½ HP.

MOTOR WEG ½ HP	
Características	Denominación
Voltaje (V)	220/380
Potencia (kW)	0,37
Intensidad (A)	2,10/1,22
P.F. (cos θ)	0.69
Eficiencia (η)	0,53

4.8.2 Cargas en el circuito resistivo

Se colocará focos incandescentes que representan la carga resistiva, ver figura 4.4:

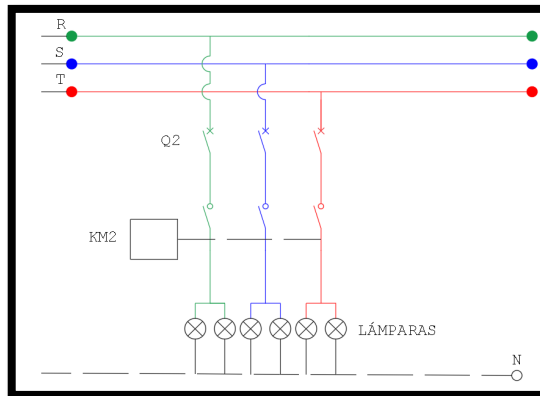


Figura 4.4. Diagrama de control del circuito resistivo.

Se instalarán seis focos de 100 [W] para tener una carga lineal.

4.8.3 Cargas en el circuito capacitivo

Para el circuito capacitivo se diseñará un banco de condensadores cumpliendo con las características del módulo y un valor de referencia de 0,92 tomado de la normativa 074/17 ARCONEL del año 2018. Esto proveerá la potencia reactiva necesaria para visualización del proceso, ver figura 4.5:

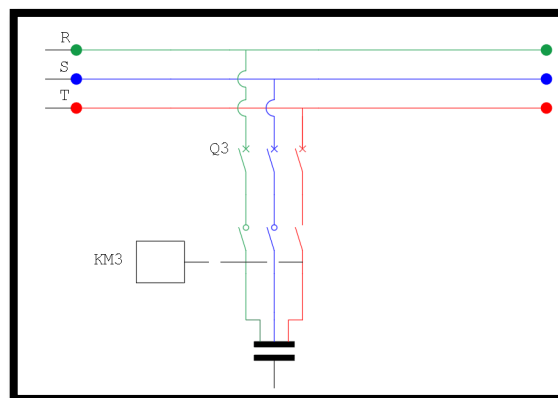


Figura 4.5. Diagrama de control del circuito capacitivo.

Se instalará un banco de condensadores conectado en estrella.

Para los tres circuitos anteriormente descritos se establecerán cuatro casos de experimentación que permitirán al estudiante visualizar el comportamiento de las variables eléctricas en el proceso de corrección del factor de potencia en tiempo real.

- **Caso A.** – El circuito de carga inductiva funcionará al vacío, en el cual se podrá visualizar tensión, corriente, potencia.
- **Caso B.** – El circuito de carga resistiva entrará en funcionamiento para analizar el comportamiento de variables eléctricas anteriormente descritas.

- **Caso C.** – El circuito de carga capacitiva mostrará formas de ondas y parámetros eléctricos como en los anteriores casos.
- **Caso D.** – Finalmente se establece las tres cargas en funcionamiento y se visualizará el proceso de corrección del factor de potencia en cargas desequilibradas en una red trifásica.

4.8.4 Circuito de cargas auxiliares

Consta de los equipos que servirán para la alimentación de los componentes de medición y control.

Los componentes se describen en la tabla 4.5:

Tabla 4.5. Carga del circuito auxiliar.

Carga capacitiva
Cargas
CPU
SETRON PAC 3220
PLC S7-1200
Monitor
Switch

4.9 SELECCIÓN DE COMPONENTES DE MEDICIÓN Y CONTROL

Una vez establecidas las cargas que ocupará el sistema en la red trifásica se seleccionará los componentes de medición y control que permitirán la interacción con las variables eléctricas como tensión, corriente, potencia y el desfase que existe entre la tensión y corriente.

4.9.1 Componente de medición digital

Para la selección del componente de medición digital se requiere un hardware que permita medir tensiones, corrientes y potencias trifásicas además de contar con una conexión PROFINET y que permita la transferencia de datos por protocolo MODBUS.

Se seleccionará el SETRON PAC 3220 y las características se muestran en la tabla 4.6:

Tabla 4.6. Características del SENTRON PAC 3220.

SENTRON PAC 3220		
Características	Valor	
Fuente de alimentación de AD/DC	95 – 240 V CA (50/60Hz) 110 – 340 V CC	
Características de medición	Valor de medición	Tipo de Medición
Tensión máxima	840V	Fase-Fase / Fase-Neutro
Intensidad máxima de corriente	Mediante transformador de corriente 1-5 A	Por fase
Potencia activa, reactiva y aparente		Por fase y total
Comunicación	V.máx transferencia (10Mbit/s)	MODBUS TCP

4.9.2 Componente de control.

Se requerirá un PLC que permita recibir datos por parte del aparato de medición mediante conexión PROFINET y que acceda a la transferencia de datos por protocolo MODBUS.

Se seleccionará el PLC S7-1200 1214C AC/DC/RLY, las particularidades se muestran en la tabla 4.7:

Tabla 4.7. Características del PLC S7-1200.

PLC S7-1200 AC/DC/RLY	
Tensión de alimentación	120/230 VAC
Consumo (Valor Nominal)	80 mA
Memoria de trabajo	50 kbyte
Cantidad de entradas binarias	8 integradas
Profinet	Conexión (MODBUS)

4.10 DIMENSIONAMIENTO DE COMPONENTES DEL SISTEMA

Para la elaboración del sistema de corrección del factor de potencia se requiere de diferentes componentes que se detallan a continuación:

Dimensionamiento del banco de condensadores por el método de los triángulos de potencias. - Este método es para el cálculo de los condensadores adecuados para la compensación de energía reactiva óptima, ver figura 4.6 [30].

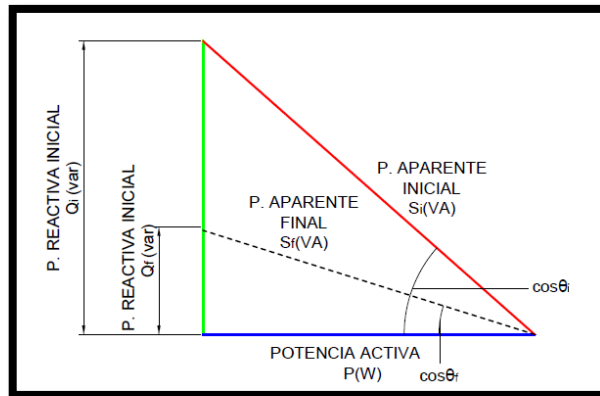


Figura 4.6. Triángulo de potencias con compensación de energía reactiva [30].

- **Factor de potencia**

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} \quad \text{Ecuación 4. 1}$$

Donde:

$\cos\varphi$: Factor de potencia.

P : Potencia activa [W].

S : Potencia aparente [VA].

- **Potencia Aparente**

$$S = \frac{P}{\cos\varphi} \quad \text{Ecuación 4. 2}$$

- **Potencia Reactiva**

$$Q = S * \sin\varphi \quad \text{Ecuación 4. 3}$$

Donde:

Q : Potencia reactiva [var].

$\sin\varphi$: Seno del ángulo de desfase entre tensión y corriente.

- **Capacitancia de los condensadores**

$$Q_c = \frac{V^2}{X_c} \quad \text{Ecuación 4. 4}$$

Donde:

Q_C : Capacitancia del capacitor [F].

V : Tensión línea a línea del circuito [V].

X_C : Reactancia capacitiva [Ω].

- **Reactancia capacitiva**

$$X_c = \frac{1}{\omega c} \rightarrow \omega = 2\pi f \quad \text{Ecuación 4. 5}$$

Donde:

ω : Velocidad angular [rad/s].

c : Capacidad eléctrica [F].

f : frecuencia [Hz].

Dimensionamiento de protecciones eléctricas. - Para el sistema se ha considerado seis diferentes protecciones, una como principal para todo el sistema, cuatro que corresponden a el circuito resistivo, capacitivo, inductivo y auxiliar, además de contar con una protección por fusible para la alimentación de los componentes eléctricos. Para la selección del interruptor deberán tomarse algunas precauciones, el interruptor con protección termomagnética debe ser del tipo C60N/H o C120N/H, además el calibre de protección debe ser 1,43 veces la corriente nominal del circuito [31].

$$I_{protección} = 1,43 \times I_{nominal} \quad \text{Ecuación 4. 6}$$

Donde:

$I_{protección}$: Corriente de protección del circuito [A].

$I_{nominal}$: Corriente nominal [A].

- **Protección mediante fusibles.** - Según SchneiderElectric la protección contra cortocircuitos se realiza por medio de fusibles comprendidos entre 1,7 y 2 [A], respecto a la corriente nominal.

$$I_{protección} = 1,7 \times I_{nominal} \quad \text{Ecuación 4. 7}$$

- **Protección total del circuito**

$$I_{total} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 \quad \text{Ecuación 4. 8}$$

Donde:

I_{total} : Sumatoria de corrientes del circuito [A].

- **Guardamotor**

$$I_{guardamotor} = \frac{P}{\sqrt{3} \times V_L \times \cos\varphi \times \eta} \quad \text{Ecuación 4. 9}$$

Donde:

U_L : Tensión de alimentación del motor [V].

$\cos\varphi$: Coseno de fi (factor de potencia del motor).

η : Rendimiento.

Dimensionamiento de contactores. - Para dimensionar el contactor se debe tener en cuenta el valor de cresta de la sobrecorriente de conexión que puede alcanzar valores desde 7 hasta 30 veces la corriente nominal, dependiendo la categoría del motor, por lo tanto, se debe dimensionar con una sobre corriente de $2I_n$ [32].

$$I_{contactor} = 2 \times I_{nominal} \quad \text{Ecuación 4. 10}$$

Dimensionamiento de conductores eléctricos. – El calibre del conductor debe soportar por los menos el 125% del valor de la corriente de protección del circuito [33]

$$I_{conductor} = 1,25 \times I_{nominal} + (I_{nominal}) \quad \text{Ecuación 4. 11}$$

Dimensionamiento de los transformadores de corriente. - Sera necesario considerar los siguientes parámetros:

I_p : Corriente nominal del primario [A].

I_s : Corriente nominal del secundario [A].

Según Schneider Electric se debe cumplir:

- **Potencia de precisión**

$$S_n \geq S_{cable} + S_{vatímetro} \quad \text{Ecuación 4. 12}$$

Donde:

S_n : Potencia de precisión [VA].

S_{cable} : Potencia consumida por el cable [VA].

$S_{vatímetro}$: Potencia consumida en el vatímetro [VA].

- **Potencia aparente del vatímetro**

$$I_{n(vatímetro)} = 5 [A]$$

$$S_{vatímetro} = 0,3 [VA]$$

Donde:

I_n : Corriente Nominal [V].

- **Potencia aparente del cable**

$$S_{cable} = I_n^2 + Z_{cable}$$

Ecuación 4. 13

Donde:

I_n : Corriente nominal [A].

Z_{cable} : Impedancia del cable [$m\Omega$].

Para la relación de transformación se debe tomar en cuenta la corriente nominal de circulación en el lado primario del transformador.

Nota. - Para escoger una marca que este acorde a las necesidades de nuestro sistema se usa el método de análisis de criterios, para su visualización dirigirse al ANEXO 1.

4.11 SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA

4.11.1 Componentes del circuito de carga inductiva

Siguiendo el dimensionamiento de componentes y con los cálculos respectivos se describe cada uno en la tabla 4.8:

Tabla 4.8. Componentes del circuito inductivo.

Componentes del circuito de fuerza		
Componente	Valor calculado	Disponibilidad en el mercado
Protección eléctrica	3 [A]	Breaker tripolar Schneider Electric de 6 [A]
Contactador eléctrico	3 [A]	Contactador eléctrico NEMA-2, METASOL de 6 [A]
Guardamotor	Corriente a Soportar 2,65 [A]	Guardamotor SIEMENS Sirius Clase 10 5[A]
Conductor eléctrico	3,9 [A]	Cable ELECTROCABLEC #12 AWG

4.11.2 Componentes del circuito de carga resistiva

Siguiendo el dimensionamiento de componentes y con los cálculos respectivos se describe cada uno en la tabla 4.9:

Tabla 4.9. Componentes del circuito resistivo.

MOTOR WEG ½ HP		
Componente	Valor calculado	Disponibilidad en el mercado
Protección eléctrica	6,74 [A]	Breaker tripolar Schneider Electric de 9 [A]
Contactador eléctrico	6,74 [A]	Contactador eléctrico NEMA-2, METASOL de 9 [A]
Conductor eléctrico	6,136 [A]	Cable ELECTROCABLEC #12 AWG

4.11.3 Componentes del circuito de carga capacitivo

Siguiendo el dimensionamiento de componentes y con los cálculos respectivos se describe cada uno en la tabla 4.10:

Tabla 4.10. Componentes del circuito capacitivo.

MOTOR WEG ½ HP		
Componente	Valor calculado	Disponibilidad en el mercado
Banco de condensadores	Potencia Reactiva: 0,58 [kvar] Capacitancia: 50Uf	Condensadores LIFASA 1[kvar], 50uF.
Protección eléctrica	3,74 [A]	Breaker tripolar Schneider Electric de 6 [A]
Contactador eléctrico	3,74 [A]	Contactador eléctrico NEMA-2, METASOL de 6 [A]
Conductor eléctrico	3,40 [A]	Cable ELECTROCABLEC #12 AWG

4.11.4 Componentes del circuito de carga auxiliar

Siguiendo el dimensionamiento de componentes y con los cálculos respectivos se describe cada uno en la tabla 4.11:

Tabla 4.11. Componentes del circuito auxiliar.

MOTOR WEG ½ HP		
Componente	Valor calculado	Disponibilidad en el mercado
Protección eléctrica	5,72 [A]	Breaker tripolar Schneider Electric de 6 [A]
Conductor eléctrico	5,2 [A]	Cable ELECTROCABLEC #12 AWG

Nota. – Los cálculos para el dimensionamiento de cada componente se encuentra en el ANEXO 3.

4.12 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA

En primer lugar, se dimensionará el compartimiento donde se almacenará todos los componentes y el cableado eléctrico, se realizará una estructura del tipo cajón, además una mesa que sostendrá el sistema por completo.

4.13 PROGRAMACIÓN DEL INTERFAZ GRÁFICO PARA LA VISUALIZACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA

Para establecer el intercambio de datos entre el PLC y el medidor de energía, con el fin de poder realizar el interfaz gráfico para la interacción con el proceso de corrección del factor de potencia se usará en protocolo los siguientes softwares:

- **Programación del software TIA PORTAL.** - Una vez establecidos los componentes descritos, es necesario la programación del PLC para el control de los contactores y además se debe obtener los datos del medidor de energía.

Para obtener los datos del SENTRON PAC3220, en el software se requiere de una conexión MODBUS que permitirá el intercambio de datos mediante cable ETHERNET, para esto se debe establecer el protocolo como cliente y servidor en el software TIA PORTAL, al ser una recepción de datos se escoge el bloque de cliente ver tabla 4.12:

Tabla 4.12. Configuración MD CLIENTE “TIA PORTAL”

MD CLIENTE	
REQ (Orden de comunicación con el servidor Modbus TCP)	Clock 1Hz
DISCONNECT (Controla conexión y desconexión con el servidor, 0 “establece conexión”, 1 “deshace conexión”)	False
CONNECT_ID (ID unívoca para identificar la conexión)	1
IP_OCTET_1 (1er octeto de la dirección IP del SENTRON PAC 3220)	192
IP_OCTET_2 (2do octeto de la dirección IP del SENTRON PAC 3220)	168
IP_OCTET_3 (3er octeto de la dirección IP del SENTRON PAC 3220)	0
IP_OCTET_4 (4to octeto de la dirección IP del SENTRON PAC 3220)	20
IP_PORT (Número IP y puerto del servidor para establecer conexión TCP/IP, valor estándar 502)	502
MB_MODE (Selecciona el modo de consulta)	0
MB_DATA_ADDR (Dirección inicial de los datos a los que accede a la instrucción)	40002
MB_DATA_LEN (Longitud de datos: número de bits o palabras)	70
MB_DATA_PTR (Registro de datos)	P#M1000.0 BYTE 140

En este bloque se establece la comunicación requerida para obtener los datos, se describe la dirección IP a trabajar del SENTRON PAC 3220 que para el caso es 192.168.0.20, el parámetro ADDR, inicia la lectura de datos del medidor de energía, está se dio por configuración de fábrica, para el apartado LEN, se establece 70, esto da la orden de leer las 70 primeras lecturas de variables que mide el SENTRON PAC 3220, ver tabla 4.13:

Tabla 4.13. Orden de variables eléctricas medidas por el SENTRON PAC 3220.

Nombre	Abrev. EN+NAFTA	Formato	Unidad	Rango admitido	Acceso
Tensión V_{L1-N}	V_{a-n}	Float	V	—	R
Tensión V_{L2-N}	V_{b-n}	Float	V	—	R
Tensión V_{L3-N}	V_{c-n}	Float	V	—	R
Tensión V_{L1-L2}	V_{a-b}	Float	V	—	R
Tensión V_{L2-L3}	V_{b-c}	Float	V	—	R
Tensión V_{L3-L1}	V_{c-a}	Float	V	—	R
Corriente L1	I_a	Float	A	—	R
Corriente L2	I_b	Float	A	—	R
Corriente L3	I_c	Float	A	—	R
Potencia aparente L1	VA_a	Float	VA	—	R
Potencia aparente L2	VA_b	Float	VA	—	R
Potencia aparente L3	VA_c	Float	VA	—	R
Potencia activa L1	$\pm W_a$	Float	W	—	R
Potencia activa L2	$\pm W_b$	Float	W	—	R
Potencia activa L3	$\pm W_c$	Float	W	—	R
Potencia reactiva L1	$\pm var_a$	Float	Var	—	R
Potencia reactiva L2	$\pm var_b$	Float	Var	—	R
Potencia reactiva L3	$\pm var_c$	Float	Var	—	R
Factor de potencia L1	$ PF_a $	Float	—	0 ... 1	R
Factor de potencia L2	$ PF_b $	Float	—	0 ... 1	R
Factor de potencia L3	$ PF_c $	Float	—	0 ... 1	R
THD-R en tensión L1	$THD - V_a$	Float	%	0 ... 100	R
THD-R en tensión L2	$THD - V_b$	Float	%	0 ... 100	R
THD-R en tensión L3	$THD - V_c$	Float	%	0 ... 100	R
THD-R en corriente L1	$THD - I_a$	Float	%	0 ... 100	R
THD-R en corriente L2	$THD - I_b$	Float	%	0 ... 100	R
THD-R en corriente L3	$THD - I_c$	Float	%	0 ... 100	R
Frecuencia	f	Float	Hz	45 ... 65	R
Tensión Media V_{L-N}	$V_{ph-n}AVG$	Float	V	—	R
Tensión Media V_{L-L}	$V_{ph-ph}AVG$	Float	V	—	R
Corriente media	I_{AVG}	Float	A	—	R
Potencia aparente total	Total VA	Float	VA	—	R

Potencia activa total	<i>Total W</i>	<i>Float</i>	<i>W</i>	–	R
Potencia reactiva total	<i>Total var</i>	<i>Float</i>	<i>Var</i>	–	R
Factor de potencia total	<i>TOTAL PF</i>	<i>Float</i>		–	R
Desbalance de amplitud en tensión	<i>Unbal.V</i>	<i>Float</i>	%	0 ... 100	R

Se declaró cada variable del tipo float en el software TIA PORTAL, para poder enviar los datos obtenidos de cada parámetro eléctrico se usó el bloque MOVE, ver tabla 4.14:

Tabla 4.14. Declaración de variables

PARÁMETROS ELÉCTRICOS	
Tensión VL1-N	MD1000
Tensión VL2-N	MD1002
Tensión VL3-N	MD1004
Tensión VL1-L	MD1006
Tensión VL2-L	MD1008
Tensión VL3-L	MD1010
Corriente L1	MD1012
Corriente L2	MD1014
Corriente L3	MD1016
Potencia Aparente L1	MD1018
Potencia Aparente L2	MD1020
Potencia Aparente L3	MD1022
Potencia Activa L1	MD1024
Potencia Activa L2	MD1026
Potencia Activa L3	MD1028
Potencia Reactiva L1	MD1030
Potencia Reactiva L2	MD1032
Potencia Reactiva L3	MD1034
Factor de Potencia L1	MD1036
Factor de Potencia L2	MD1038
Factor de Potencia L3	MD1040
Frecuencia	MD1048
Tensión Media VL-N	MD1050
Tensión Media VL-L	MD1052
Corriente Media	MD1054
Potencia Aparente Total	MD1056
Potencia Activa Total	MD1058
Potencia Reactiva Total	MD1060
Factor de Potencia Total	MD1062

Finalmente, mediante servidores OPC se establece la conexión entre LabVIEW y TIA PORTAL para el intercambio de datos, ver figura 4.7:

Tag Name	Address	Data Type /	Scan Rate	Scaling	Description
ACTIVAR CARGA	Q0.0	Boolean	100	None	
ACTIVAR FP	Q0.2	Boolean	100	None	
ACTIVAR MOTOR	Q0.1	Boolean	100	None	
AUTOMATICO	M1.0	Boolean	100	None	
CARGA AUTO	M3.1	Boolean	100	None	
FP AUTO	M3.2	Boolean	100	None	
MANUAL	M0.0	Boolean	100	None	
MOTOR AUTO	M3.0	Boolean	100	None	
CORRIENTE L3	MD1016	Float	100	None	
CORRIENTE L1	MD1012	Float	100	None	
CORRIENTE L2	MD1014	Float	100	None	
FACTOR DE POTENCIA L1	MD1036	Float	100	None	
FACTOR DE POTENCIA L2	MD1038	Float	100	None	
FACTOR DE POTENCIA L3	MD1040	Float	100	None	
FRECUENCIA	MD1048	Float	100	None	
POTENCIA ACTIVA L1	MD1024	Float	100	None	

Figura 4.7. OPC Servers.

- **Programación del software LabVIEW.** - LabVIEW al ser un software netamente gráfico, permite el desarrollo de la programación con el fin de que el usuario pueda visualizar datos y ondas obtenidas del medidor de energía.

Se establece un diagrama de bloques para un orden secuencial de programación, ver figura 4.8:

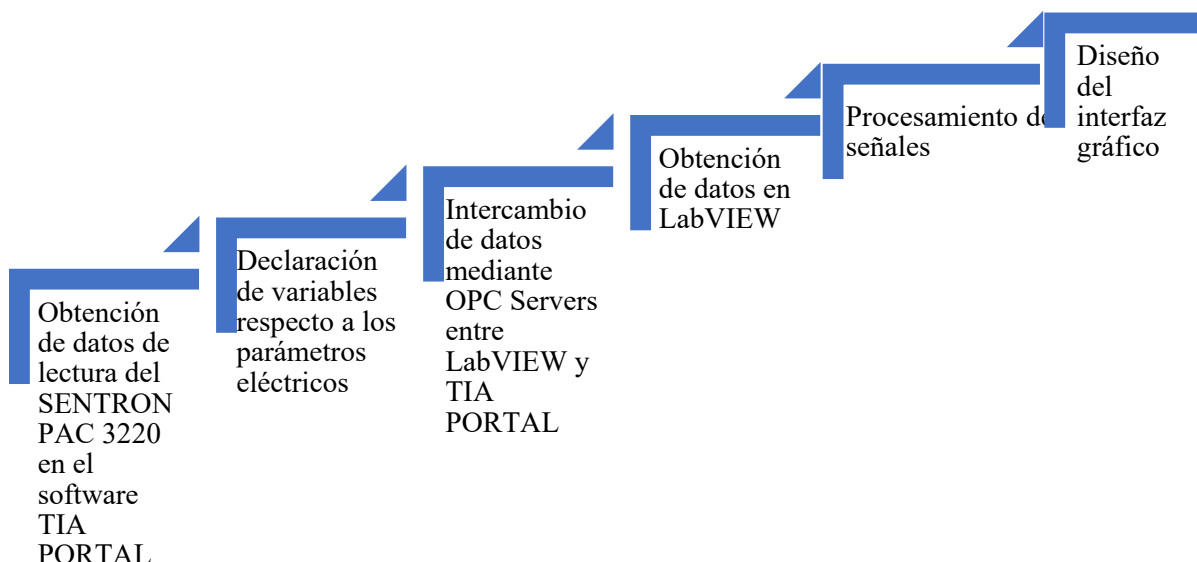


Figura 4.8. Diagrama de bloques de la programación del software.

4.14 CÁLCULOS DE COMPROBACIÓN DEL SISTEMA

Para poder comprobar los datos obtenidos por el sistema, es necesario corroborarlos con los cálculos respectivos, y así poder establecer las respectivas comparaciones:

- **Potencia Activa**

$$P_L = V \times I \times \cos\varphi \quad \text{Ecuación 4. 14}$$

Donde

V : Voltaje o Tensión de línea [V].

I : Corriente de línea [A].

$\cos\varphi$: Factor de potencia.

- **Potencia Aparente**

$$S_L = V \times I \quad \text{Ecuación 4. 15}$$

- **Potencia Reactiva**

$$Q_L = V \times I \times \sen\varphi \quad \text{Ecuación 4. 16}$$

Para encontrar el total de las potencias en una red trifásica, se elabora una sumatoria de cada línea.

Finalmente se debe calcular el desequilibrio de la carga que es la fuente de estudio de este proyecto.

- **Desequilibrio de tensión.** – Los desequilibrios de tensión se producen cuando en un sistema trifásico existen diferencias entre los valores eficaces de las tensiones, siendo los valores de referencia que no debe superar el 3%.
- **Desequilibrios de corriente.** – Estos se generarán cuando variemos la capacidad de circulación de corriente por cada línea, se considera desequilibrio al ser mayor al 10% [34].

$$D\% = \frac{I_m - I_{ed}}{I_{ed}} \times 100 \quad \text{Ecuación 4. 17}$$

Donde:

$D\%$: Desequilibrio

I_m : Corriente/tensión media

I_{ed} : Corriente/tensión máxima de las 3 líneas.

Teoría de errores. – Infiere de conclusiones precisas sobre los valores numéricos de cantidades medidas aproximadamente, así como los errores en las mediciones

- **Promedio o media aritmética**

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 \dots + x_n}{N} \quad \text{Ecuación 4. 18}$$

Donde:

\bar{x} : Promedio de los valores medidos

x_1, x_2, x_3 : Valores medidos

N : Número de datos.

- **Error absoluto**

$$e = \frac{|\bar{x} - x_1| + |\bar{x} - x_2| + |\bar{x} - x_3| + \dots + |\bar{x} - x_n|}{N} \quad \text{Ecuación 4. 19}$$

Donde:

e : Error absoluto.

- **Error relativo**

$$E = \frac{e}{\bar{x}} \quad \text{Ecuación 4. 20}$$

Donde:

E : Error Relativo.

- **Error porcentual**

$$E\% = E \times 100 \quad \text{Ecuación 4. 21}$$

Donde:

$E\%$: Error Porcentual.

5. ANÁLISIS Y RESULTADOS

5.1. INTRODUCCIÓN

Finalmente, para el desarrollo de la propuesta tecnológica se realiza la adquisición de cada componente previamente dimensionado y asignado, luego se realizó el análisis a los cuatro casos de estudio que se ha establecido, comparando los datos teóricos con los prácticos y verificando su visualización mediante diagramas fasoriales y senoidales respecto a cada carga aplicada.

Para la elaboración del sistema se siguió una serie de pasos:

Construcción de la estructura de apoyo y ensamble del sistema. – Se realizó la estructura de apoyo teniendo en cuenta las características y medidas de los dispositivos adquiridos, posterior a eso se realizó el ensamble completo de la estructura con sus respectivos aparatos eléctricos, para visualizar este proceso dirigirse al ANEXO 4.

Conexión eléctrica del módulo. – Para la conexión de todo el equipo se debió tomar en cuenta la función de cada uno y el Datasheet del mismo esto con el fin de lograr conexiones viables y seguras, para visualizar características de cada componente y diagrama de conexiones dirigirse al ANEXO 2 y 5 respectivamente.

Programación. – Finalmente concluido cada paso de este proceso secuencial se procedido a realizar la programación del software TIA PORTAL para el PLC S7-1200 con el cual se logró la adquisición de datos del SENTRON PAC 3220, y de LabVIEW para la visualización de diagramas fasoriales, senoidales y datos textuales, según la normativa ANSI/ISA 18.2-2009, los colores que se deben usar para pantallas deben ser de contraste diferencial y brillo apropiado, el fondo debe ser neutro (gris claro) para limitar las distorsiones cromáticas y garantizar la prominencia de la información mostrada, para más detalles de la programación dirigirse al ANEXO 6

5.2 CASOS DE ESTUDIO DEL SOFTWARE.

En los siguientes apartados se podrá analizar cada caso establecido:

5.2.1 Parámetros eléctricos con carga inductiva

Para la carga inductiva los datos obtenidos se muestran en la figura 5.1:

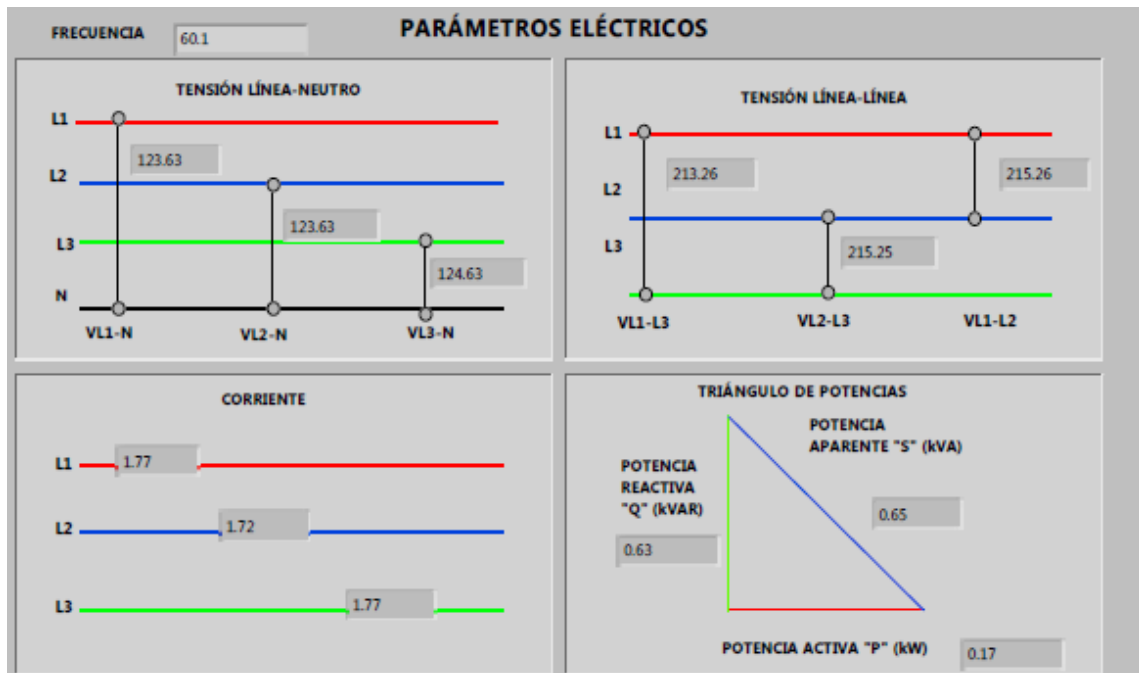


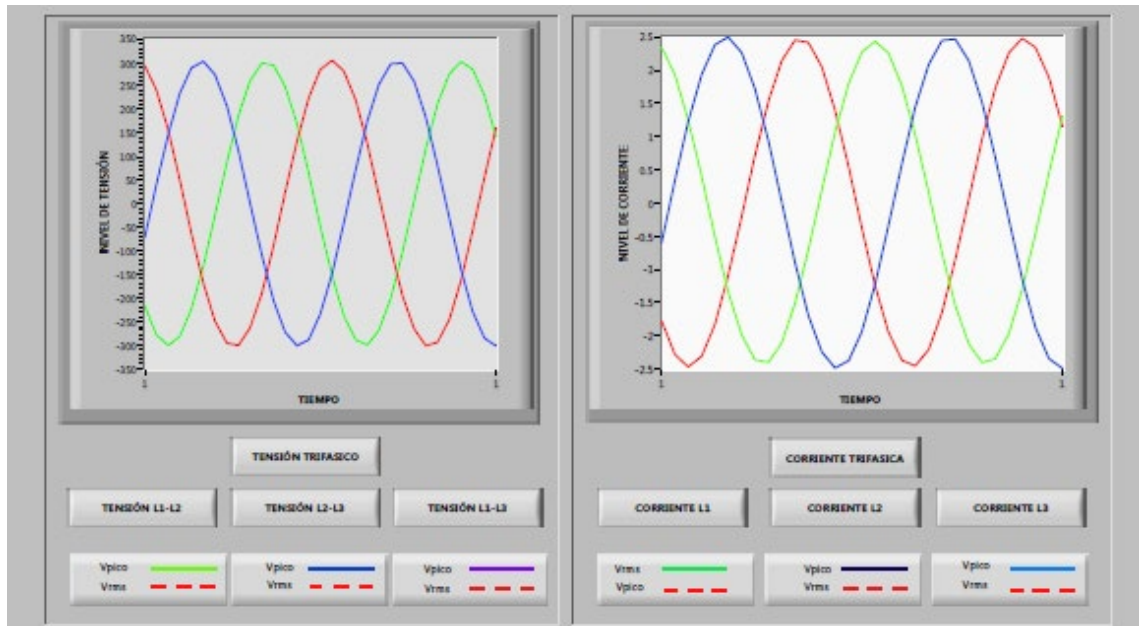
Figura 5.1. Parámetros eléctricos de la carga inductiva.

Con los valores obtenidos de los parámetros eléctricos, se pudo apreciar los voltajes de tensión línea a línea, además de los datos línea con respecto al neutro, esto permitió la elaboración de diagramas senoidales que permiten al usuario interactuar de manera gráfica con los datos de voltaje. El literal a de la figura 5.2 indica el diagrama senoidal trifásico de la tensión de la línea para el cual se dispuso el cálculo de tensión pico ya que el medidor de energía nos entrega datos en RMS, además este interfaz posee botones que permiten al usuario cambiar a otras gráficas:

- **Tensión RMS L1-L3:** con un valor de 213,26 [V]
- **Tensión RMS L2-L3:** con un valor de 215,25 [V]
- **Tensión RMS L1-L2:** con un valor de 215,26 [V]

El literal b de la figura 5.2, muestra el diagrama senoidal trifásico de la corriente que circula cuando se activa una carga inductiva, se pudo apreciar que en la línea dos, se tiene una mayor circulación de energía, esto se debe a que la carga se encuentra desequilibrada, ya que ese es el parámetro de estudio, el usuario de la misma manera puede interactuar con las siguientes gráficas:

- **Corriente RMS L1:** con un valor de 1,77 [A]
- **Corriente RMS L2:** con un valor de 1,72 [A]
- **Corriente RMS L3:** con un valor de 1,77 [A]



a) Ondas de tensión trifásica

b) Ondas de corriente trifásicas.

Figura 5.2. Ondas de tensión y corriente senoidales de la carga inductiva.

Otra de las opciones disponible en el software es la visualización de las ondas sinusoidales de tensión respecto a la corriente, aquí se pudo apreciar el desfase que ocurre en la red mediante un digrama senoidal. Con el fenómeno observado se determinó que la corriente se **retrasa** con respecto a la tensión, esto sucedió en cada línea de alimentación de la carga. Para el ejemplo práctico se tomó la línea uno en la cual se estableció estos parámetros:

- **Factor de potencia:** 0,25
- **Desfase en grados:** 75,3°

Esto se visualiza en la figura 5.3:

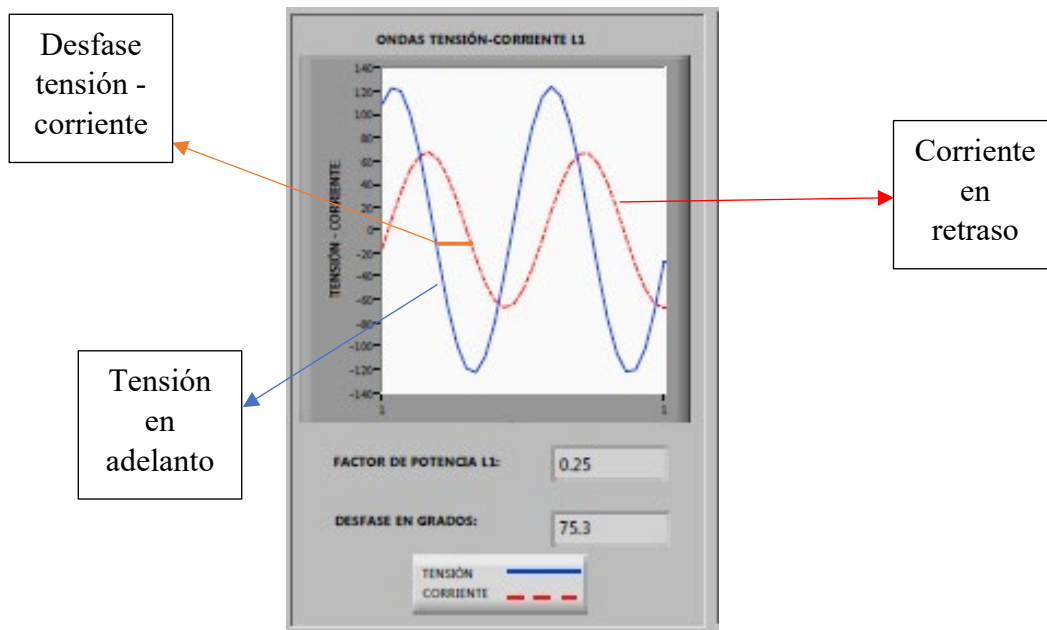


Figura 5.3. Onda sinusoidal de la línea uno de tensión respecto a la corriente de la carga inductiva. En otra opción se pudo visualizar una comparación entre el factor de potencia requerido que es de 0,92 con el factor de potencia del módulo que es medido por el SENTRON PAC 3220 y receptado en el software, con esto se puede evidenciar el bajo factor de potencia que generó la carga inductiva, en este apartado se tiene el valor total del desfase del sistema trifásico, ver figura 5.4:

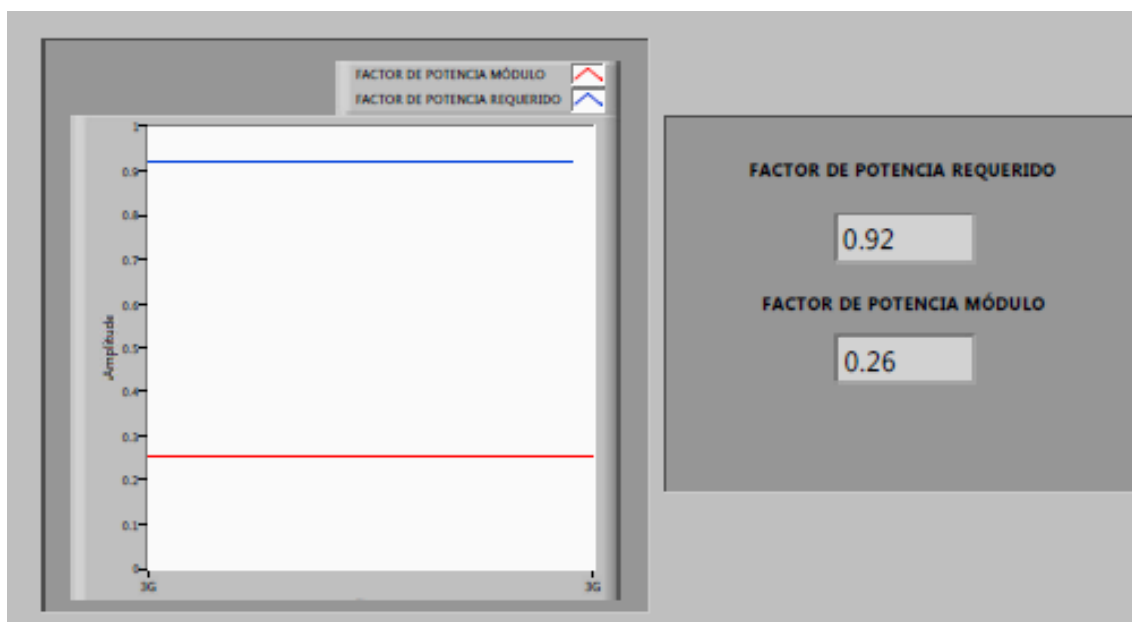


Figura 5.4. Factor de potencia carga inductiva.

La siguiente opción mostró el diagrama fasorial de la carga inductiva, este se visualiza mediante fasores, este indica la relación que existe entre la tensión y la corriente en vectores, para lo cual

se definió un voltaje trifásico desfasada en 120° y la intensidad que se traza según el ángulo de desfase que se obtuvo previamente.

- **Tensión L1:** 123,63 \angle 0° [V]
- **Tensión L2:** 123,63 \angle 120° [V]
- **Tensión L3:** 124,63 \angle 240° [V]
- **Corriente L1:** 1,77 \angle 75, 3° [A]
- **Corriente L2:** 1,72 \angle 75, 4° [A]
- **Corriente L3:** 1,77 \angle 75, 1° [A]

Al ser una carga inductiva esta se encuentra en retraso, por lo tanto, la gráfica se elabora con mediciones de ángulos a favor de las manecillas del reloj, ver figura 5.5:

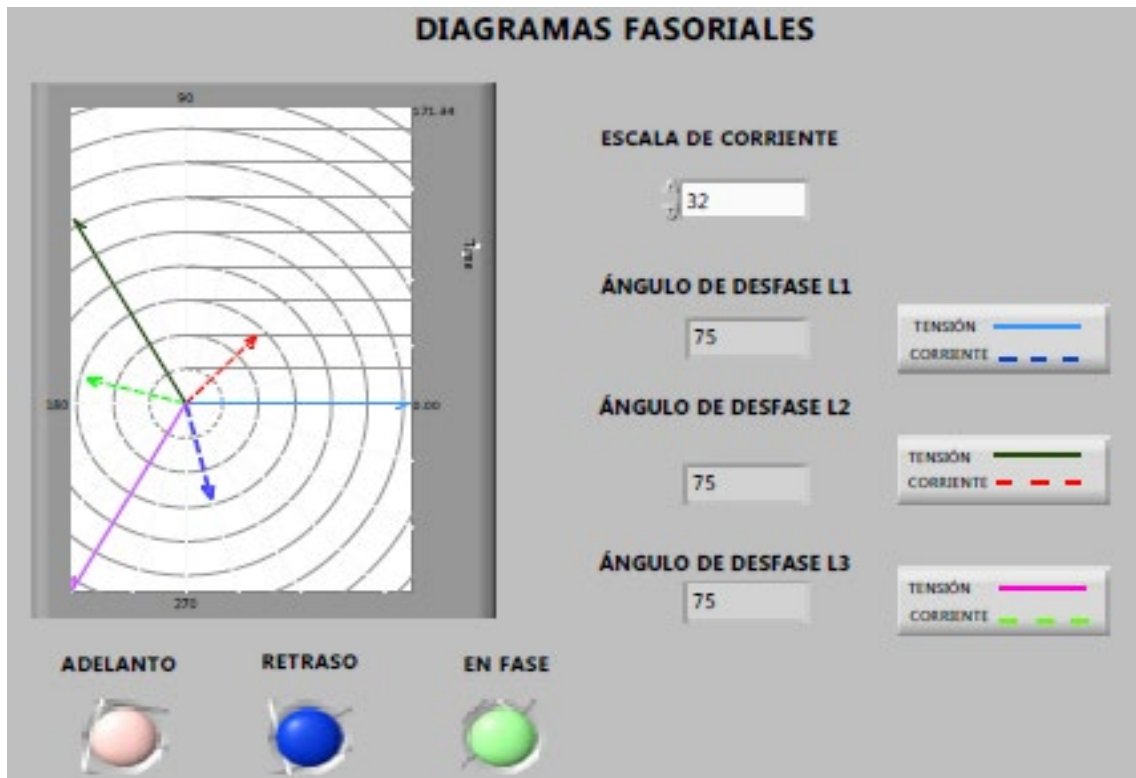


Figura 5.5. Diagrama fasorial de tensión y corriente de la carga inductiva.

En la tabla 5.1 se muestra los datos adquiridos de la carga inductiva:

Tabla 5.1. Mediciones de la carga inductiva.

Mediciones de la carga inductiva		Potencia del Motor				fp	
		½				0,36	
[V]		[A]	[kW]	[kvar]	[kVA]	fp	°
L – L	L -N						
L1-L2=215,26	L1-N=123,63	IL1= 1,77	0,17	0,63	0,65	L1= 0,25	75,3°
L2-L3=215,25	L2-N=123,63	IL2= 1,72				L2= 0,25	75,4°
L1-L3=213,26	L3-N=124,63	IL3= 1,77				L3= 0,26	75,1°

Para una verificación de datos, se realizó los cálculos respectivos, logrando una comparación entre datos calculados con obtenidos, ver tabla 5.2:

Tabla 5.2. Comparación de potencias obtenidas con calculadas de carga inductiva.

Comparación de datos de Potencias de la carga inductiva			
Potencias	Datos obtenidos	Datos calculados	Diferencia
Potencia Activa [kW]	0,17	0,17	0
Potencia Aparente [kVA]	0,65	0,65	0
Potencia Reactiva [kvar]	0,63	0,63	0

En la tabla de comparación de datos se mostró que los datos calculados y los datos obtenidos son iguales llegando a comprobar la veracidad del equipo de experimentación.

Finalmente se halla el porcentaje de desbalance de la carga:

- **Desequilibrio de cargas (CORRIENTE)**

$$D\%(I) = \frac{Im - Ied}{Ied} \times 100$$

$$D\%(I) = \frac{1,77 - 1,75}{1,75} \times 100$$

$$D\%(I) = 1,14\%$$

Se toma como referencia el libro “La amenaza de los armónicos y sus soluciones” del autor Medina Nicolas, el desequilibrio de corriente no debe superar el 10%.

5.2.2 Parámetros eléctricos con carga resistiva

Los valores obtenidos para la carga resistiva se presentan en la figura 5.6:

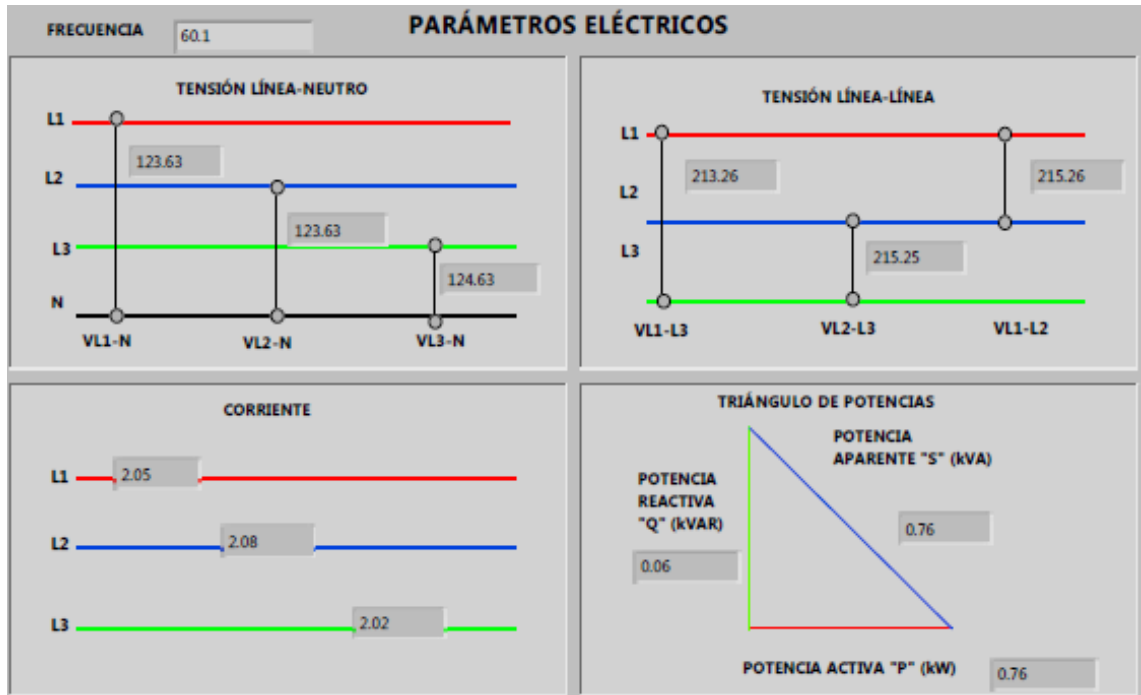
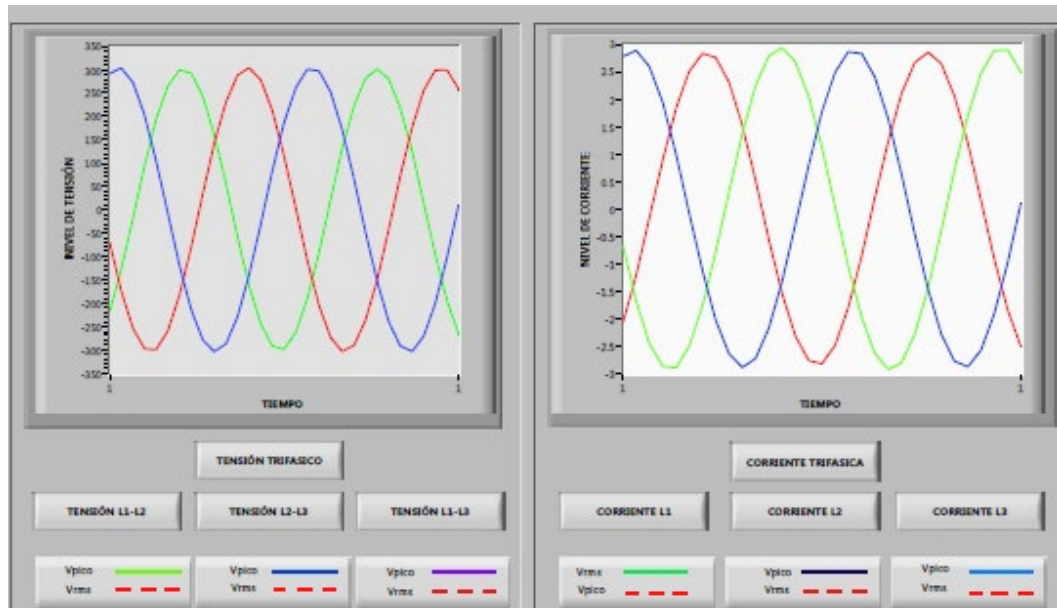


Figura 5.6. Parámetros eléctricos de la carga resistiva.

Siguiendo el análisis respectivo para cada caso de estudio, se puso en funcionamiento a la carga resistiva, esta se considera una carga lineal, ya que toda la energía eléctrica se transforma o se consume en energía lumínica, teniendo un factor de potencia igual a uno, en este caso el módulo permite desequilibrar la carga mediante pines de conexión que determinan que línea de focos queda activa y cual no, en la figura 5.7, se diferencia la corriente y tensión trifásica en los literales a y b respectivamente, cuando las tres líneas entran en funcionamiento activando los seis focos que determinaron la carga resistiva, de la misma manera se tiene la posibilidad de controlar la visualización de ondas en cada línea de las magnitudes eléctricas descritas

- **Tensión RMS L1-L3:** con un valor de 213,26 [V]
- **Tensión RMS L2-L3:** con un valor de 215,25 [V]
- **Tensión RMS L1-L2:** con un valor de 215,26 [V]
- **Corriente RMS L1:** con un valor de 2,05 [A]
- **Corriente RMS L2:** con un valor de 2,08 [A]
- **Corriente RMS L3:** con un valor de 2,02 [A]



a) Ondas de tensión trifásicas b) Ondas de corriente trifásicas

Figura 5.7. Ondas de tensión y corriente senoidales de la carga resistiva.

En la visualización de las ondas senoidales de tensión respecto a la corriente, se puede apreciar que al ser carga resistiva, estas se encuentran en **fase**, en cada línea, esto indicó un factor de potencia igual a uno, aquí se determina el grado de desfase, para el análisis se ha tomado la onda de tensión – corriente de la línea uno, ver figura 5.8:

- **Factor de potencia: 1**
- **Desfase en grados: 0°**

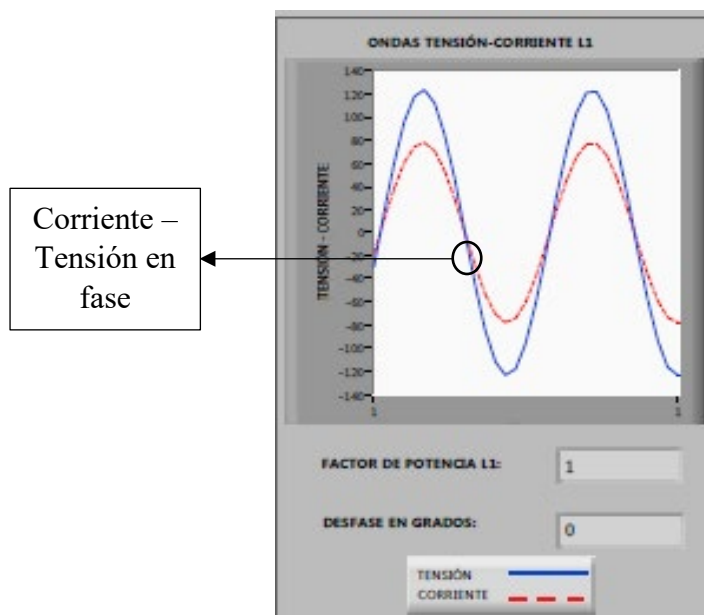


Figura 5.8. Ondas senoidales tensión respecto a la corriente de la carga resistiva.

Como se describió en el anterior caso al momento de visualizar la relación que existe entre el factor de potencia requerido con el factor de potencia del módulo se puede apreciar es mayor, ya que es una carga lineal, el factor de potencia total del módulo fue de uno ya que se considera mediante la toma de datos de las tres líneas es decir de todo el sistema trifásico en general, esto es debido a que son cargas lineales y que aprovechan en su totalidad la potencia activa puesto que no existe pérdidas, ver figura 5.9.

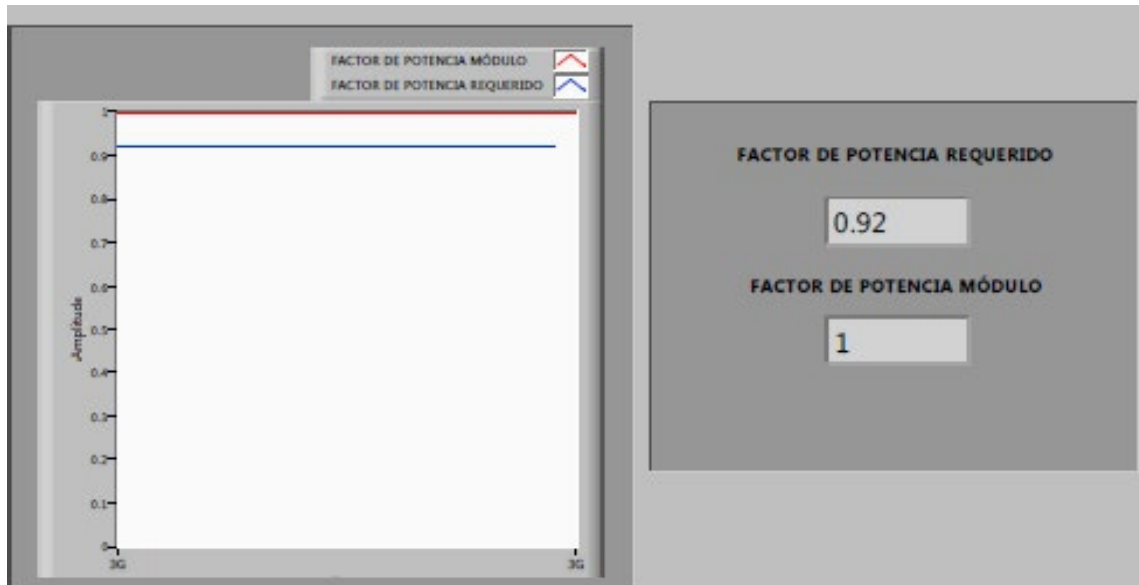


Figura 5.9. Factor de potencia de la carga resistiva.

Para la elaboración del diagrama fasorial se tomó en cuenta que la carga se encuentra en fase por tanto se iniciará los trazos en sentido contrario a las manecillas del reloj, se debió tomar en cuenta magnitudes de tensión y corriente y grados de desfase previamente obtenidos en los anteriores literales del análisis. Se pudo apreciar que en la línea dos los fasores de voltaje e intensidad se encuentran con una mayor separación esto se debe al desequilibrio generado en la carga dicho gráfico se presenta en la figura 5.10:

- **Tensión L1:** 123,63 \angle 0° [V]
- **Tensión L2:** 123,63 \angle 120° [V]
- **Tensión L3:** 124,63 \angle 240° [V]
- **Corriente L1:** 2,05 \angle 0° [A]
- **Corriente L2:** 2,08 \angle 0° [A]
- **Corriente L3:** 2,02 \angle 0° [A]



Figura 5.10. Diagrama fasorial de tensión y corriente de la carga resistiva.

En la tabla 5.3 se muestra los datos obtenidos de la carga resistiva:

Tabla 5.3. Mediciones de la carga resistiva.

Mediciones de la carga resistiva		Número de cargas resistivas				fp	
		6 focos incandescentes				0,97	
[V]		[A]	[kW]	[kvar]	[kVA]	fp	°
L-L	L-N						
L1-L2=215,26	L1-N=123,63	IL1= 2,05	0,76	0,06	0,76	L1= 1	0°
L2-L3=215,25	L2-N=123,63	IL2= 2,08				L2= 1	0°
L1-L3=213,26	L3-N=124,63	IL3= 2,02				L3= 1	0°

Establecidos los datos obtenidos se procede a comparar los resultados de las potencias obtenidas con las calculadas, descritos en la tabla 5.4.

Tabla 5.4. Comparación de potencias obtenidas con calculadas de la carga resistiva.

Comparación de datos de Potencias de la carga resistiva			
Potencias	Datos obtenidos	Datos calculados	Diferencia
Potencia Activa [kW]	0,76	0,76	0
Potencia Aparente [kVA]	0,76	0,76	0
Potencia Reactiva [kvar]	0,06	0	0,06

En la tabla de comparación de datos se obtiene una diferencia de 0,06 [kvar] en la potencia reactiva, esto puede deberse a las aproximaciones en los decimales, al comparar la diferencia se establece que esta es insignificante y se determina que los resultados son los correctos.

Para verificar el desbalance de la carga se aplica lo siguiente:

- **Desbalance de cargas (CORRIENTE)**

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

$$D\%(I) = \frac{2,08 - 2,05}{2,05} \times 100$$

$$D\%(I) = 1,46\%$$

Se toma como referencia el libro “La amenaza de los armónicos y sus soluciones” del autor Medina Nicolas, el desequilibrio de corriente no debe superar el 10%.

5.2.3 Parámetros eléctricos con carga capacitiva

Los valores obtenidos para la carga capacitiva se presentan en la figura 5.11:

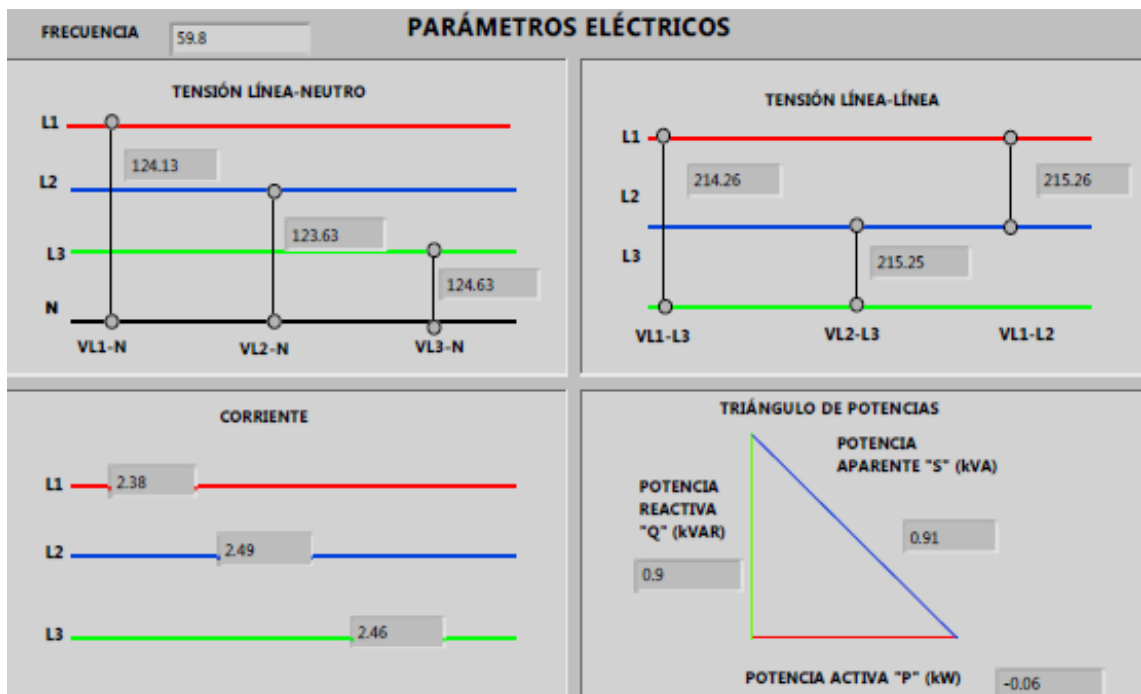
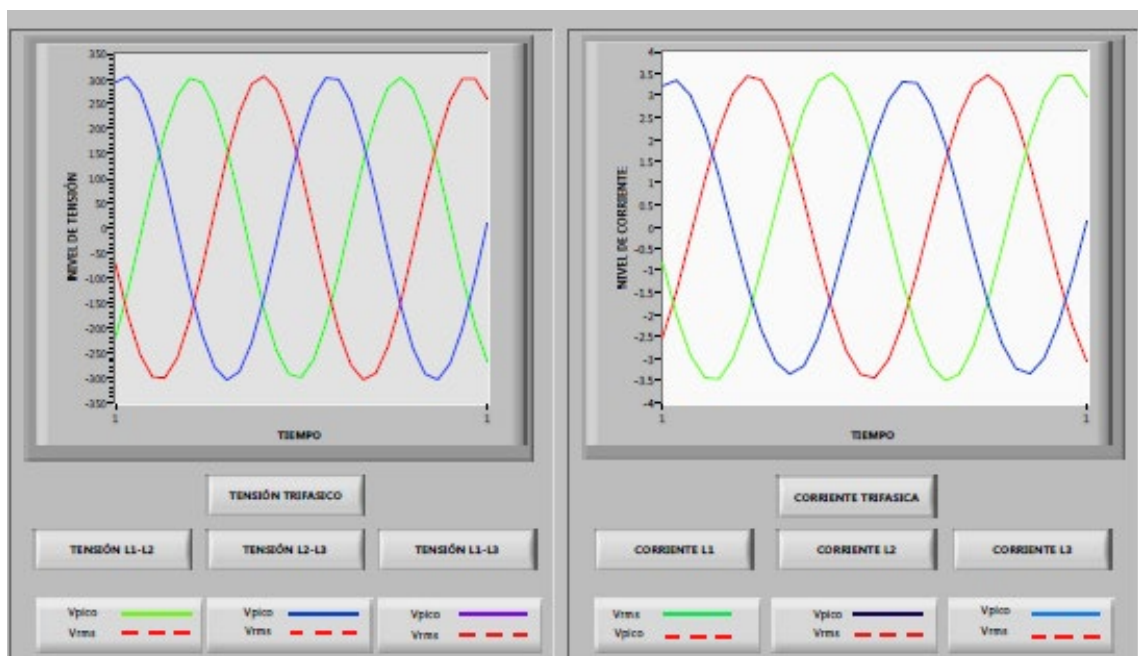


Figura 5.11. Parámetros eléctricos de la carga capacitiva.

Con los parámetros eléctricos establecidos se determina las formas de onda sinusoidales trifásicas para tensión y corriente, mediante el triángulo de potencias se puede verificar que el banco de condensadores está entregando 0,9 [kVAr] de energía reactiva, de la misma manera

se tiene la posibilidad de navegar entre pantallas por medio de botones para visualizar las ondas con respecto a cada línea, lo datos obtenidos en RMS por medio del medidor de energía, son calculados a tensión pico para poder graficar las formas de onda, ver figura 5.12.

- **Tensión RMS L1-L3:** con un valor de 214.26 [V].
- **Tensión RMS L2-L3:** con un valor de 215,25 [V]
- **Tensión RMS L1-L2:** con un valor de 215,26 [V]
- **Corriente RMS L1:** con un valor de 2,38 [A].
- **Corriente RMS L2:** con un valor de 2,49 [A]
- **Corriente RMS L3:** con un valor de 2,46 [A]



a) Ondas de tensión trifásicas

b) Ondas de corriente trifásicas

Figura 5.12. Ondas de tensión y corriente senoidales de la carga capacitiva.

Continuando con el proceso de análisis se observó en la siguiente pantalla el fenómeno que ocurre en la línea uno por la activación de cargas capacitivas, aquí se determinó que la corriente se **adelantó** con respecto a la tensión, obteniendo el factor de potencia, en el software se puede apreciar el desfase de cada línea respectiva ya que es un sistema trifásico ver figura 5.13:

- **Factor de Potencia:** 0,06
- **Desfase en grados:** 86,5

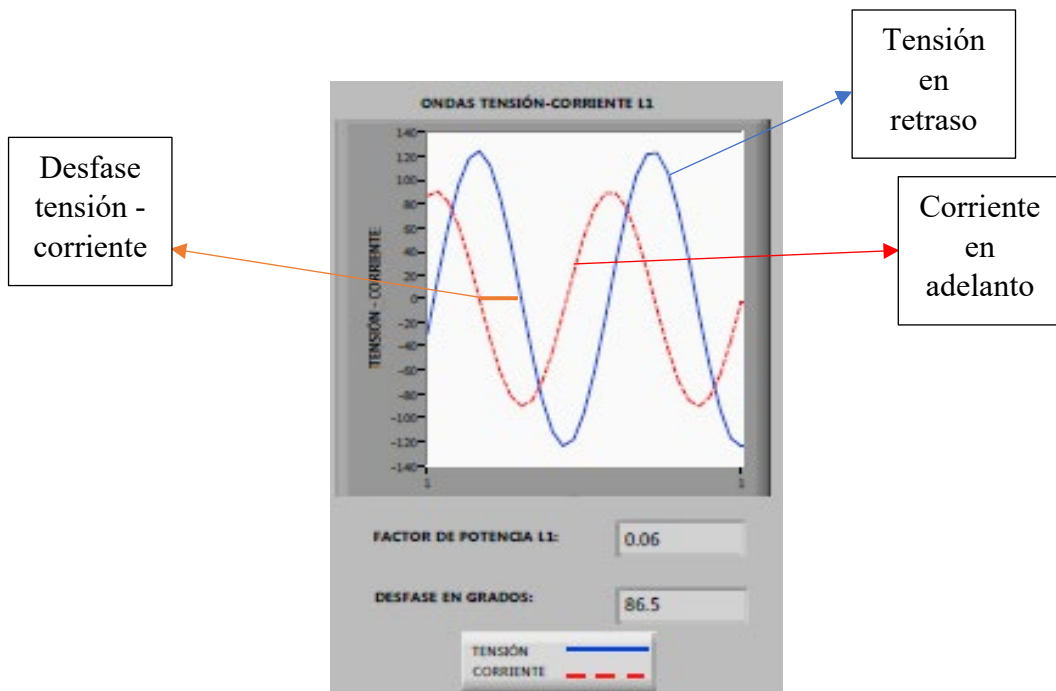


Figura 5.13. Ondas senoidales tensión respecto a la corriente de la carga capacitiva.

En la figura 5.14 se muestra el factor de potencia requerido y el factor de potencia que la carga capacitiva posee en el sistema, se pudo apreciar la diferencia que existe, en esta gráfica se tiene el valor total de las tres líneas que corresponde al valor de 0,06.

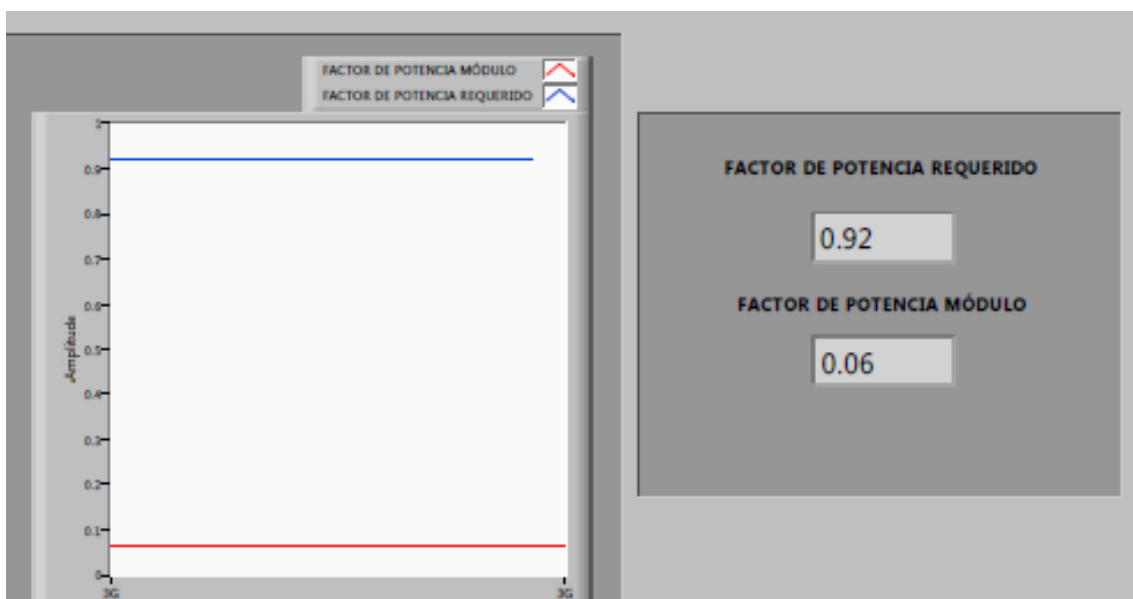


Figura 5.14. Factor de potencia de la carga capacitiva.

En la figura 5.15 se encuentra el diagrama fasorial corriente y voltaje de la carga capacitiva que expone datos del ángulo de desfase en cada línea, se visualiza que el fasor de la corriente está en adelantó con respecto a la tensión.

En el diagrama fasorial se reveló la relación entre la tensión y la corriente en forma vectorial con un voltaje trifásico desfasado en 120° , a continuación, los datos emitidos en el software.

- **Tensión L1:** 124,13 \simeq 0° [V]
- **Tensión L2:** 123,63 \simeq 120° [V]
- **Tensión L3:** 124,63 \simeq 240° [V]
- **Corriente L1:** 2,38 \simeq 86, 5° [A]
- **Corriente L2:** 2,49 \simeq 86, 6° [A]
- **Corriente L3:** 2,46 \simeq 85, 6° [A]



Figura 5.15. Diagrama fasorial de tensión y corriente de la carga capacitiva.

En la tabla 5.5 se muestra los datos obtenidos de la carga capacitiva:

Tabla 5.5. Mediciones de la carga capacitiva.

Mediciones de la carga capacitiva		Carga				Fp	
		Banco de condensadores				0,04	
[V]		[A]	[kW]	[kvar]	[kVA]	FP	°
L - L	L -N						
L1-L2=215,26	L1-N=124,13	IL1= 2,38	-0,06	0,9	0,91	L1= 0,06	86, 5°
L2-L3=215,25	L2-N=123,63	IL2= 2,49				L2= 0,06	86,8°
L1-L3=214,26	L3-N=124,63	IL3= 2,46				L3= 0,08	85,6°

Establecidos los datos obtenidos se procede a comparar los resultados de las potencias, descritos en la tabla 5.6.

Tabla 5.6. Comparación de potencias obtenidas con calculadas de la carga capacitiva.

Comparación de datos de Potencias de la carga capacitiva			
Potencias	Datos obtenidos	Datos calculados	Diferencia
Potencia Activa [kW]	-0,06	-0,06	0
Potencia Aparente [kVA]	0,9	0,91	0,01
Potencia Reactiva [kvar]	0,91	0,91	0

En la tabla de comparación de datos se obtiene una diferencia de 0,01 [kVA] en la potencia aparente esto puede deberse a las aproximaciones en los decimales, al comparar la diferencia se establece que esta es irrelevante y se determina que los resultados son los correctos.

Para verificar el desbalance de la carga se aplica lo siguiente:

- **Desbalance de cargas (CORRIENTE)**

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

$$D\%(I) = \frac{2,49 - 2,44}{2,44} \times 100$$

$$D\%(I) = 2,05\%$$

Se toma como referencia el libro “La amenaza de los armónicos y sus soluciones” del autor Medina Nicolas, el desequilibrio de corriente no debe superar el 10%.

5.2.4 Parámetros eléctricos con carga combinada

En este caso se trabaja con las tres cargas inductiva, resistiva y capacitiva, estas mostrarán textual y gráficamente las variables eléctricas (tensión, corriente, potencia), ondas de tensión y corriente senoidales, además se visualiza diagramas fasoriales de corriente y voltaje, ver figura 5.16:

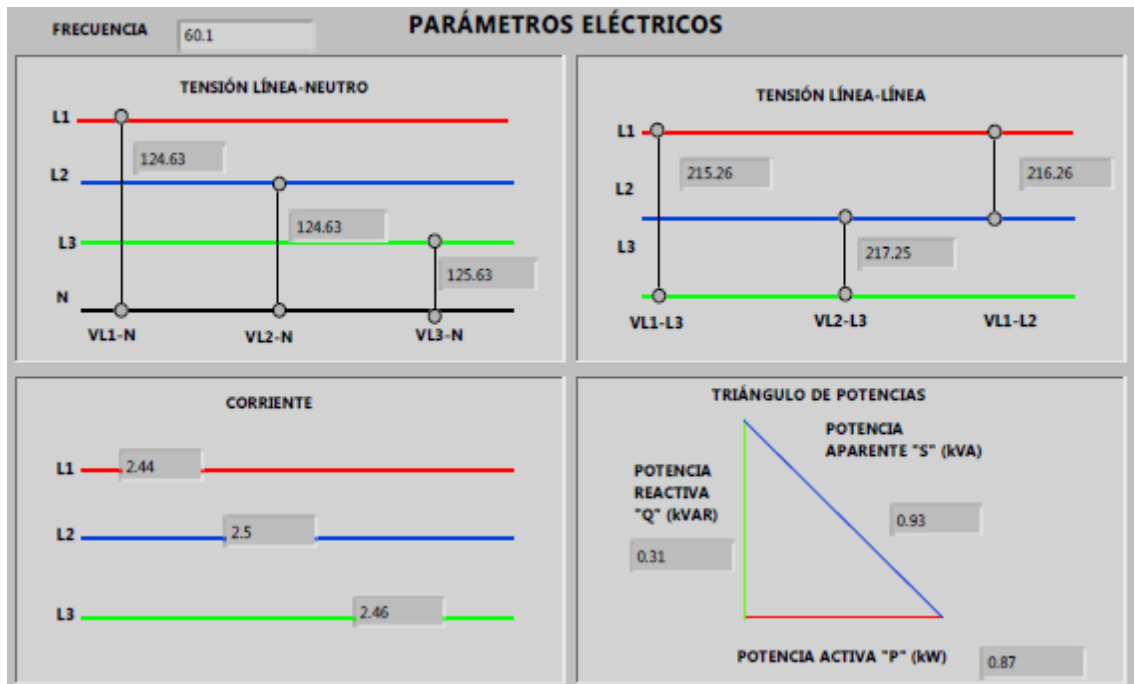


Figura 5.16. Parámetros eléctricos de la carga combinada.

Los datos obtenidos son la tensión línea a línea, tensión línea a neutro con estos valores se elaboró los diagramas senoidales permitiendo interactuar de manera gráfica con los voltajes que emite el sistema. En la figura 5.17 se observa el diagrama senoidal trifásico de la tensión de las líneas con datos en RMS que el medidor de energía entrega, además tiene botones que permite al usuario cambiar a otras ondas de tensión y corriente de las líneas.

- **Tensión RMS L1-L3:** con un valor de 215,26 [V]
- **Tensión RMS L2-L3:** con un valor de 217,25 [V]
- **Tensión RMS L1-L2:** con un valor de 216,26 [V]
- **Corriente RMS L1:** con un valor de 2,44 [A]
- **Corriente RMS L2:** con un valor de 2,55 [A]
- **Corriente RMS L3:** con un valor de 2,46 [A]

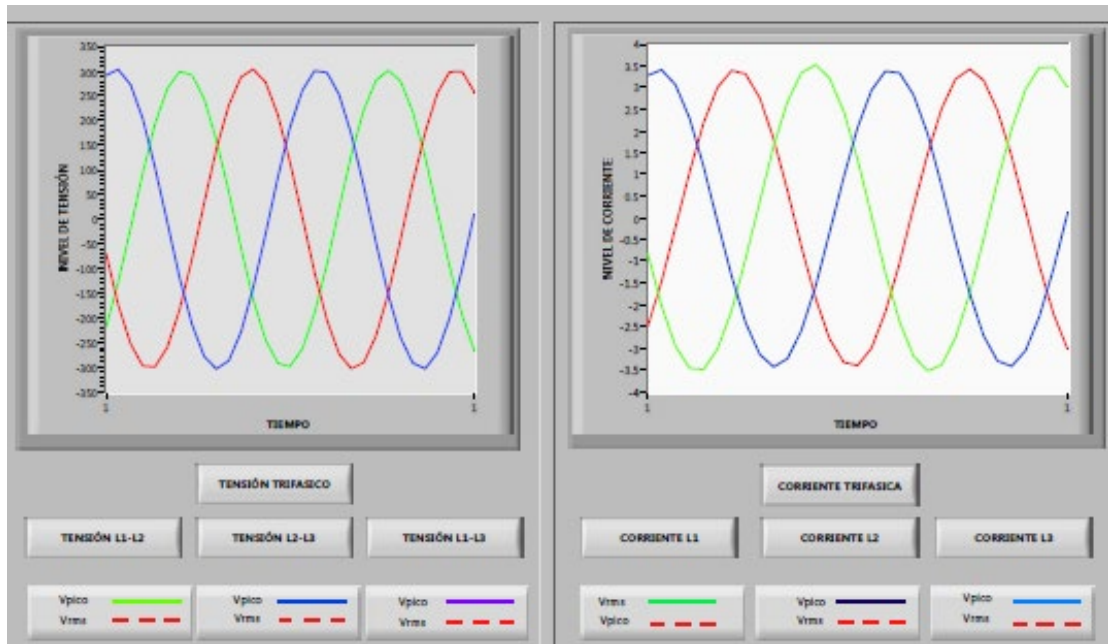


Figura 5.17. Ondas de tensión y corriente senoidales de la carga combinada.

Aquí se encuentra las ondas senoidales de tensión respecto a la corriente, el factor de potencia de cada línea y el desfase en grados cuando se trabajó con una carga combinada, se tomó como referencia la onda Tensión- Corriente L1 para el análisis de este apartado, ver figura 5.18.

- **Factor de potencia:** 0,95
- **Desfase en grados:** 18,2°

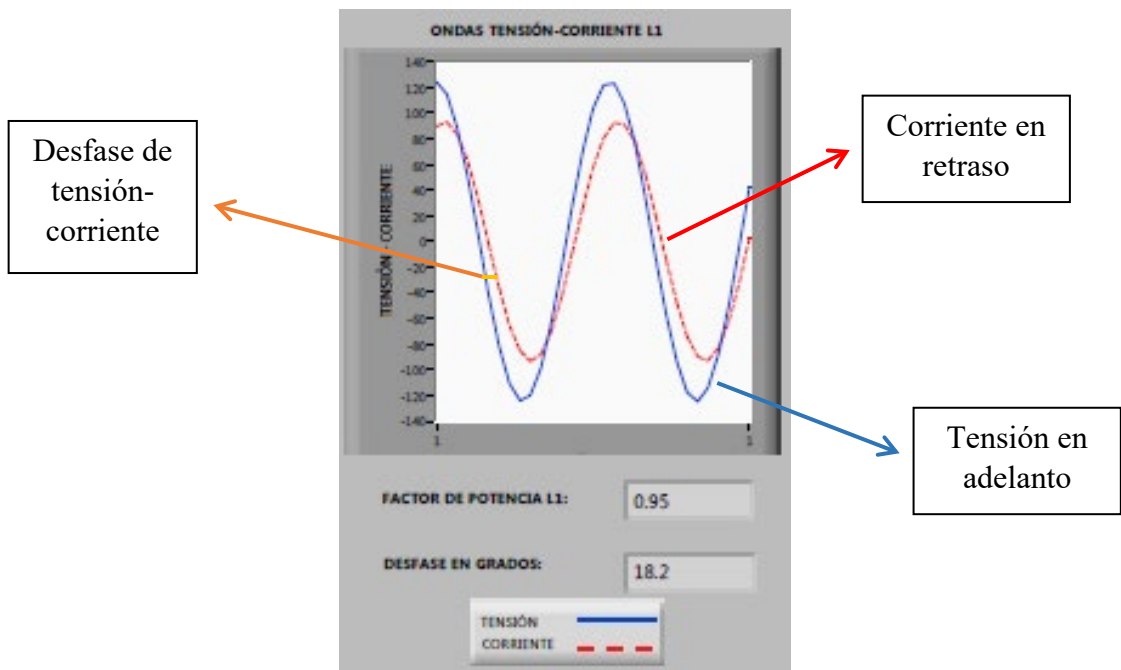


Figura 5.18. Ondas senoidales tensión respecto a la corriente de la carga combinada.

Para el análisis de corrección del factor potencia mediante cargas combinadas es decir entre las cargas inductiva, resistiva y capacitiva se observa que el el valor que muestra el sistema cumple con valor requerido según la normativa en cada línea y el total. Esto se de gracias al banco de condensadores instalado, ver en la figura 5.19.

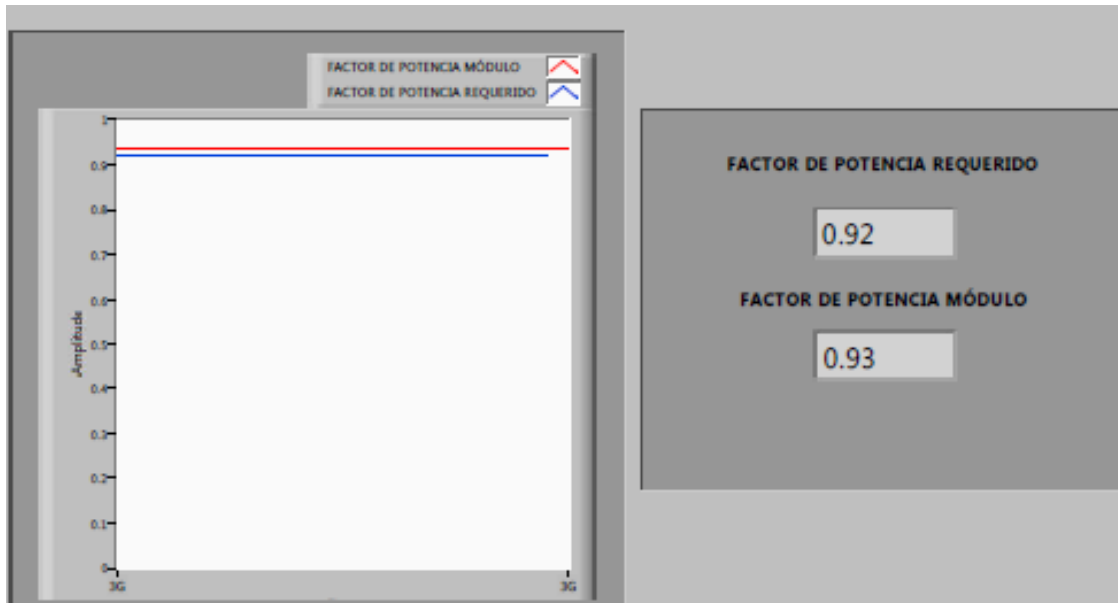


Figura 5.19. Factor de potencia de la carga combinada.

En el diagrama fasorial nos reveló la relación entre la tensión y la corriente en forma vectorial con un voltaje trifásico desfasado en 120° , a continuación, los datos emitidos en el software:

- **Tensión L1:** 124,63 $\angle 0^\circ$ [V]
- **Tensión L2:** 124,63 $\angle 120^\circ$ [V]
- **Tensión L3:** 125,63 $\angle 240^\circ$ [V]
- **Corriente L1:** 2,44 $\angle 18, 2^\circ$ [A]
- **Corriente L2:** 2,5 $\angle 21, 5^\circ$ [A]
- **Corriente L3:** 2,46 $\angle 22, 1^\circ$ [A]

En la figura 5.20 se observa el diagrama fasorial corriente y voltaje de la carga combinada presenta datos del ángulo de desfase en cada línea.

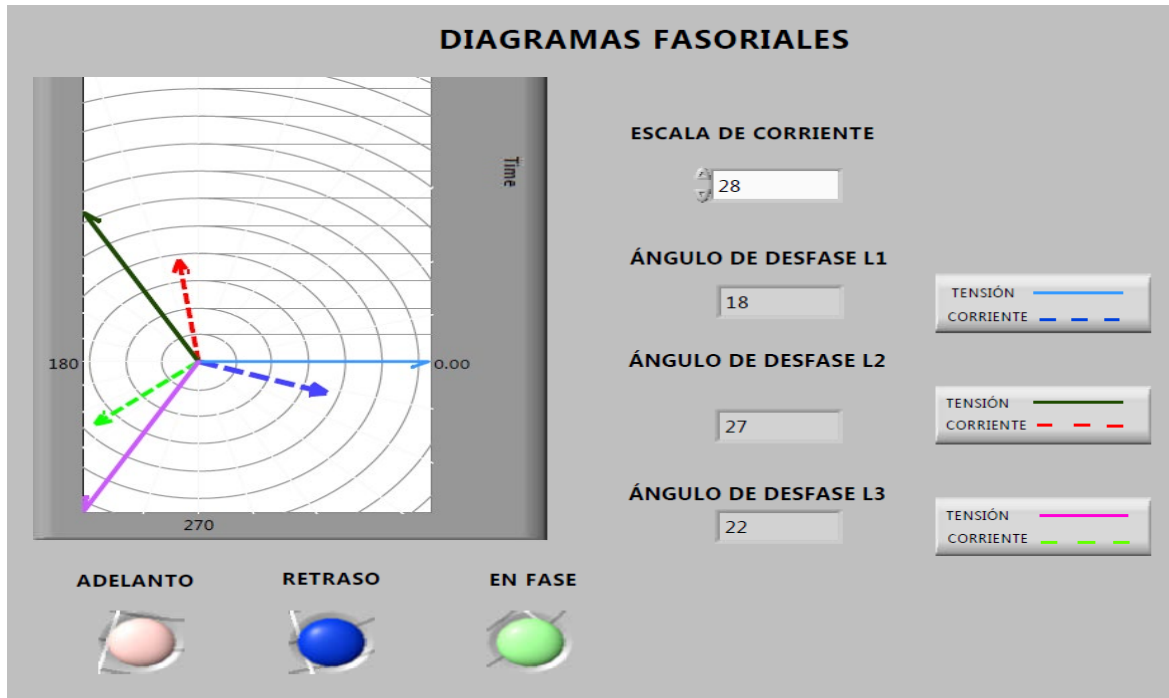


Figura 5.20. Diagrama fasorial de tensión y corriente de la carga combinada.

En la siguiente tabla se muestra los datos obtenidos de la carga combinada:

Tabla 5.7. Mediciones de la carga combinada.

Mediciones de la carga combinada		Carga				fp	
		Inductiva – Resistiva – Capacitiva				0,93	
[V]		[A]	[kW]	[kvar]	[kVA]	fp	°
L – L	L -N						
L1-L2=216,26	L1-N=124,63	IL1= 2,44	0,87	0,31	0,93	L1= 0,95	18,2°
L2-L3=217,25	L2-N=124,63	IL2= 2,5				L2= 0,93	21,5°
L1-L3=215,26	L3-N=125,63	IL3= 2,46				L3= 0,93	22,1°

Establecidos los datos obtenidos se procede a comparar los resultados de las potencias obtenidas con las calculadas, descritos en la tabla 5.10:

Tabla 5.8. Comparación de potencias obtenidas con calculadas de la carga combinada.

Comparación de datos de Potencias de la carga combinada			
Potencias	Datos obtenidos	Datos calculados	Diferencia
Potencia Activa [kW]	0,87	0,87	0
Potencia Aparente [kVA]	0,93	0,92	0,01
Potencia Reactiva [kvar]	0,31	0,33	0,02

En la tabla de comparación de datos obtenemos una diferencia de 0,01 [kVA] en la potencia aparente y 0,02kvar en la potencia reactiva esto puede deberse a las aproximaciones en los

decimales, al comparar la diferencia se establece que esta es insignificante y se determina que los resultados son los correctos.

Para verificar el desbalance de la carga se aplica lo siguiente:

- **Desbalance de cargas (CORRIENTE)**

$$D\%(I) = \frac{Im - Ied}{Ied} \times 100$$

$$D\%(I) = \frac{3,54 - 2,81}{2,81} \times 100$$

$$D\%(I) = 25,98\%$$

Bajo normativa se considera una carga desbalanceada cuando se obtiene un porcentaje mayor al 10%, entonces se verifica que esta carga se encuentra en desequilibrio.

Nota. – Para visualizar los cálculos de las potencias dirigirse al ANEXO 7.

5.3 GRADO DE FIABILIDAD DEL SISTEMA

Según la certificación SIEMENS del SENTRON PAC 3220, bajo normativa IEC 61557-12 establecida en el Datasheet del componente en la página 97 se tiene un fallo de medición del 0,2% para tensiones, corrientes y del 0,5% para potencias y factor de potencia.

Entonces se pudo determinar la precisión de los valores adquiridos por el SENTRONC PAC 3220, teniendo un elevado grado de fiabilidad.

Para comprobar la veracidad del sistema se tomó como referencia un instrumento patrón, para el caso es el FLUKE 323, que cuenta con certificación de calibración ISO 9000 y las normativas de la FDA, esto con el fin de medir el porcentaje de falla del sistema mediante una teoría de errores, se realizó 10 mediciones de cada parámetro, con el fin de tener un sistema confiable y medir su fiabilidad, se puede visualizar en la tabla 5.9:

Tabla 5.9. Fiabilidad del sistema basado en la teoría de errores.

FIABILIDAD DEL SISTEMA						
# de mediciones	Medición Tensión L1- N		Medición Tensión L1- L2		Medición Corriente L1	
	FLUKE	MÓDULO	FLUKE	MÓDULO	FLUKE	MÓDULO
1	125,5	125,61	216,3	216,12	2,4	2,44
2	125,6	125,92	216,1	217,01	2,4	2,46
3	125,1	125,73	215,4	216,16	2,4	2,44
4	125,7	125,15	215,8	215,51	2,4	2,44
5	125,5	125,71	216,0	217,31	2,4	2,45
6	125,8	125,81	215,8	216,16	2,4	2,46
7	125,6	125,08	214,8	216,51	2,4	2,46
8	125,0	125,71	214,3	218,31	2,4	2,46
9	125,4	126,16	215,1	216,85	2,4	2,44
10	125,6	125,41	214,8	217,32	2,4	2,45
\bar{x}	124,82	125,68	215,44	216,73	2,4	2,45
e	$-8,53^{-15}$	$2,55^{-14}$	$-3,69^{-14}$	$-2,56^{-14}$	0	$1,78^{-16}$
E	$-6,80^{-17}$	$2,03^{-16}$	$-1,72^{-16}$	$-1,18^{-16}$	0	$7,25^{-17}$
$E\%$	$-6,80^{-15}$	$2,03^{-14}$	$-1,72^{-14}$	$-1,18^{-14}$	0	$7,25^{-15}$
ERROR	0,9933		0,9940		0,9795	

El resultado obtenido en relación a los promedios de los tres valores medidos respecto a un instrumento patrón, nos da un valor que no llega a superar el 1%, esto garantiza la fiabilidad del sistema.

5.4 ELABORACIÓN DE GUÍAS DE PRÁCTICA DE EXPERIMENTACIÓN.

Culminado el proyecto de investigación, se procede a la elaboración de guías prácticas que permitan el uso del módulo con fines didácticos, con el fin de que los usuarios puedan interactuar, conocer y valorar el funcionamiento del equipo para poder relacionar los conocimientos prácticos con los teóricos.

Se tendrá cuatro casos de estudio para este proyecto: con carga inductiva, resistiva, capacitiva y combinada en las cuales se plasman los conocimientos teóricos mediante cálculos para poder compararlos con los que el software arroja

Nota. – Para visualizar las guías de prácticas de experimentación dirigirse al ANEXO 8

5.5 IMPACTOS.

Finalmente, en este apartado se manifiesta la incidencia en el área técnica, económica y social del proyecto “Desarrollo de un sistema para el análisis de corrección del factor de potencia en una red trifásica con cargas desequilibradas” el cual permitirá al estudiante interactuar directamente en el proceso de corrección del factor de potencia con la visualización de tensiones, corrientes y potencias de manera gráfica y textual, con ondas senoidales y gráficos de fasores.

- **Impacto técnico.** – Con la incorporación del módulo al proceso de aprendizaje como complemento de los conocimientos teóricos adquiridos, permitirá al usuario experimentar este proceso muy importante a nivel industrial, ya que el factor de potencia cuenta como índice de calidad de energía y esto permitirá mejorarla para evitar cobros innecesarios o sanciones por parte del ente regulador, además de contar con guía de prácticas de experimentación los cuales están desarrollados en base a los datos del software y con el plus de visualizar ondas de tensión, corriente, potencias con su respectivo desfase.
- **Impacto económico.** – El sistema elaborado incita al estudiante a investigar acerca de causas y consecuencias de un bajo factor de potencia, además al corroborar este proceso se podrá aplicar a gran escala en industrias esto permite tener una mejor calidad de energía y además se sabe que el bajo factor de potencia es penalizado por la empresa distribuidora de energía, entonces el desarrollo de proyectos basados en el sistema generara un ahorro económico en el área que se aplique.
- **Impacto social.** – La interacción del usuario permitirá que se tenga mejor conocimiento acerca del tema, plasmar conocimientos teóricos con prácticos y entender que sucede en el proceso de corrección del factor de potencia, teniendo una formación completa que permitirá un mejor desenvolvimiento a nivel laboral.
- **Impacto ambiental.** – Para la comercialización de la energía eléctrica existen entidades que regulan la fiabilidad y calidad de la misma estas deben seguir ciertas normas para cumplir con la distribución de la energía las cuales son: ARCONEL (Agencia de Control y Regulación de Electricidad) este ente regula y monitorea el sector eléctrico en Ecuador, CENACE (Centro Nacional de Control de la Energía) es el encargado de garantizar la disponibilidad y funcionamiento del abastecimiento. El cumplir con la normativa establecida por el ARCONEL nos garantiza un buen aprovechamiento de la calidad de la energía, es decir respetar lo normado que es un 0,92 de factor de potencia.

5.6 PRESUPUESTO

Para la elaboración de sistema se elabora un cuadro donde consta de los precios con los cuales se adquirió cada componente, material de construcción y todo lo que interviene en el proceso de fabricación, se puede determinar un presupuesto estimado, esto se detalla en la tabla 5.20.

- **Costos de las horas de ingeniería en el sistema de corrección del factor de potencia**
Para la implementación del ‘SISTEMA PARA EL ANÁLISIS DE CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA EN UNA RED TRIFÁSICA CON CARGAS DESEQUILIBRADAS’ se tomó un tiempo entre la realización del equipo y corrección del mismo. Se determina el costo de la hora de trabajo en referencia al sueldo básico en Ecuador del año 2022 que es de \$425 (cuatrocientos dólares) y basándonos en la Ley de Servicio Público de igual manera en el sector privado regulado por el Código de trabajo mencionan que: se debe trabajar ocho horas diarias y durante la semana debe cumplir un total de 40 horas laborales dando un total de 160 horas laborables al mes de acuerdo como lo estipula la ley [35].

$$\text{Costo de la hora} = \frac{\text{Salario básico}}{\# \text{ horas al mes}} \quad \text{Ecuación 4. 22}$$

$$\text{Costo de la hora} = \frac{\$425}{160}$$

$$\text{Costo de la hora} = \$ 2,656 \text{ la hora}$$

Tabla 5.10. Costos de ingeniería

Descripción	# horas	Valor Unitario \$	Valor Total \$
Diseño del sistema	8	2,656	21,248
Ensamble	50	2,656	132,8
Programación	40	2,656	106,24
Simulación	20	2,656	53,12
Verificación de equipo	10	2,656	26,56
Total			339,97

Tabla 5.11. Recursos

RECURSOS				
Equipo y Maquinaria				
Componentes	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (\$)	Total (\$)
Motor ½ HP	1	Unidad	250	250
Borneras	20	Unidad	1	20
Cable flexible #16	40	Metros	0,45	18
Cable flexible #12	30	Metros	0,60	18
Cable flexible #10	15	Metros	0,75	11,25
Protector espiral de cable eléctrico	4	Metros	2,50	10
Tubo estructural cuadrado ASTM A-500 25mm x 1,2mm	2	Unidad	18,20	36,40
Electrodo 6011 AGA	1	Lb	2,70	2,70
Pintura esmalte negro	1	Lt	5,00	5,00
Tiñer	1	Lt	1,70	1,70
Brochas	2	Unidad	1,25	2,50
Pernos, tuercas, arandelas, tornillos, entre otros	1	Unidad	10	10
PLC Siemens S7-1200	1	Unidad	350	350
Switch 5 puertos 10/100/1000	1	Unidad	17,50	17,50
SETRON PAC 3220	1	Unidad	450	450
Focos incandescentes 100W	6	Unidad	1,50	6
Transformado de Corriente 30/5 A	3	Unidad	15	45
Breakers trifásicos	5	Unidad	17,45	104,70
Fusilera doble	1	Unidad	5	5
Contactores trifásicos	3	Unidad	10	30
Guardamotor trifásico Siemens	1	Unidad	120	120
Enchufe y Toma Legrand Trifásico	1	Unidad	31,21	31,21
Condensadores 1kVAr	3	Unidad	15	45
Monitor	1	Unidad	25	25
CPU	1	Unidad	60	60

Transporte				
Movilización para comprar diversos elementos	1	Unidad	50	50
Materiales y Suministros				
Planchas de triplex	2	Unidad	32	64
Impresión Láser en madera	1	Unidad	18	18
Riel, etiquetas, luces piloto, Jack banana, selectores, boquillas	1	Unidad	40	40
Forrado con vinil de la máquina	1	Unidad	50	50
Protección de acrílico de los breakers	1	Unidad	25	25
Material bibliográfico y fotocopias				
Impresiones	300	Unidad	0,10	30
Empastado Final	1	Unidad	50	50
Mano de Obra				
Descripción	# horas	Valor Unitario \$	Valor Total \$	
Diseño del sistema	8	2,656	21,248	
Ensamble	50	2,656	132,8	
Programación	40	2,656	106,24	
Simulación	20	2,656	53,12	
Verificación de equipo	10	2,656	26,56	
Total				\$2341,93

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Con el desarrollo del trabajo, previo a un proceso investigativo del tipo bibliográfico se pudo determinar la importancia de corregir el factor de potencia en una industria, además de relacionar parámetros eléctricos que influyen en el proceso, con el uso de normativas vigentes ecuatorianas e internacionales se logró dimensionar cada componente de manera efectiva y correcta logrando así un sistema eficiente para realizar simulaciones y prácticas en las diferentes cátedras expuestas en la propuesta tecnológica.
- Se determina mediante el trabajo investigativo que el software elaborado cumple con el objetivo de interactuar con los parámetros eléctricos que intervienen en el proceso de corrección del factor de potencia, esta interacción se establece mediante guías de prácticas de experimentación lo cual permite al usuario actuar sobre el módulo y verificar ondas y desfases producidos en el proceso.
- Finalizado el presente proyecto se logra establecer un proceso de formación que incluya directamente la práctica experimental, esto permite un estudio integral de todos los conocimientos adquiridos en la teoría y poder compararlos con la realidad en un entorno didáctico logrando así un conjunto de enseñanza eficaz que permitirá el desarrollo total del usuario.
- Mediante la adquisición de datos por protocolo MODBUS, se pudo obtener cada parámetro en el interfaz gráfico, esto mediante servidores OPC que mediaron la conexión para el intercambio de datos mediante un switch instalado en el sistema, se logró tener un retraso mínimo en la obtención de datos, consiguiendo un sistema eficaz que puede verificar variables en tiempo real.
- Con los cálculos respectivos realizados se pudo comprobar que el sistema, en comparación con un instrumento patrón como lo es el FLUKE 323, tiene una fiabilidad del 99% esto se logra ya que el medidor de energía es certificado además de la correcta programación en el software LabVIEW.

Recomendaciones

- Para optimizar el equipo de experimentación se recomienda aplicar una carga al motor para visualizar el factor de potencia que produce y así analizar de una manera más real el bajo factor de potencia que provoca la carga inductiva.
- Finalizado el proyecto se propone como una implementación extra un módulo en el cual al usuario puede intercambiar el valor de las cargas resistivas, además de plantear pines que permitan conectar de diferente manera el banco de condensadores es decir en estrella o triángulo para verificar que sucede con el proceso de corrección del factor de potencia en tiempo real.
- Previo su uso se recomienda al usuario el estudio previo acerca de potencias y variables eléctricas que intervienen en el proceso de corrección del factor de potencia, esto con el fin de ahorrar tiempo y tener una práctica de experimentación eficaz ya que eso permitirá al usuario poder comparar datos, calcular valores y lograr aprovechar en su totalidad el funcionamiento de la máquina.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. S. Llumiyinga Loya, «Diseño de un banco de condensadores para la corrección del factor de potencia de la empresa BANCHIFOOD S.A.,» UPS, Quito, 2012.
- [2] D. J. Hidalgo Rifo, «Corrección del factor de potencia en una red industrial con tarjeta DAQ,» Valparaíso, 2018.
- [3] B. R. Zamora Catagua y J. I. Calderón León, «Diseño e Implementación de un Módulo Didáctico para corregir el Factor de Potencia,» Guayaquil, 2013.
- [4] E. Muso Gancino y A. Tipán Sánchez, «Diseño e implementación de un módulo para el análisis y corrección del factor de potencia para el laboratorio de máquinas eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi,» Latacunga, 2019.
- [5] A. Orza, «Tecnología,» Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://www.edu.xunta.gal/centros/cpiantonioorzacouto/system/files/TEMA%20%20LA%20ELECTRICIDAD%20I.pdf>. [Último acceso: 2 Diciembre 2021].
- [6] NEC, «NEC-SB-IE-Final.pdf,» Febrero 2018. [En línea]. Available: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-SB-IE-Final.pdf>. [Último acceso: 27 Enero 2022].
- [7] J. L. Bosques, Electricidad Básica, Buenos Aires: Ternium.
- [8] M. A. Monge, «Corriente Eléctrica,» 12 Julio 2016. [En línea]. Available: <http://ocw.uc3m.es/fisica/fisica-ii/clases/OCW-FISII-Tema07.pdf>. [Último acceso: 17 Diciembre 2021].
- [9] O. d. S. SEAT, Conceptos básicos de electricidad, Barcelona: TECFOTO S.L., 1996.
- [10] T. A. Blanco, «Física para Bachillerato,» 19 Febrero 2021. [En línea]. Available: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-y-como-calcular-la-potencia-electrica/>. [Último acceso: 08 Marzo 2022].
- [11] Anónimo, «Corriente Alterna,» [En línea]. Available: https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2016-03-14_12-24-06133137.pdf. [Último acceso: 08 12 2021].
- [12] Anónimo, «Corriente alterna,» <https://www.famaf.unc.edu.ar/~anoardo/Corriente%20alterna.pdf>, 2018.
- [13] S. Ramirez Castaño, «Redes de Distribución de Energía,» Manizales, 2012.
- [14] J. Pereda, «Análisis de Circuitos en Régimen Sinusoidal Permanente,» Universidad de Cantabria, Cantabria, 2015.
- [15] J. Molina, Corriente alterna monofásica y trifásica, España: CEDRO, 2016.

- [16] J. Zambrano, «pepe energy,» 12 Diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.pepeenergy.com/blog/glosario/definicion-potencia-aparente/>. [Último acceso: 4 Diciembre 2021].
- [17] Anónimo, «fullwat blog,» 11 06 2018. [En línea]. Available: <http://blog.fullwat.com/que-es-el-factor-de-potencia/triangulo-potencias/>. [Último acceso: 11 12 2021].
- [18] J. Salinas, «Factor de Potencia,» Madrid, 2002.
- [19] J. C. Campos Avella y E. Lora Figueroa, Corrección del factor de potencia y control de la demanda, Cali: Universidad Autónoma de Occidente.
- [20] ARCONEL, «Agencia de Regulación y Control de Electricidad,» 7 Diciembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/074-17.doc.pdf>. [Último acceso: 28 Enero 2022].
- [21] Catarina, «Corrección del Factor de Potencia,» [En línea]. Available: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/mendez_s_j/capitulo1.pdf. [Último acceso: 11 12 2021].
- [22] J. G. Trasancos, Instalaciones Eléctricas en Media y Baja Tensión, España: Paraninfo, 2016.
- [23] SCHNEIDERELECTRIC, Guía de diseño de instalaciones eléctricas, SCHNEIDERELECTRIC, 2010.
- [24] Anónimo, «Cargas inductivas, capacitivas y resistivas,» [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/maquinaselectricascarlos/clients/--cargas-inductivas-capacitivas-y-resistivas>. [Último acceso: 08 12 2021].
- [25] Electricaplicada, «¿Qué es un banco de condensadores y para que se usa?,» [En línea]. Available: <https://www.electricaplicada.com/banco-de-condensadores/>. [Último acceso: 12 12 2021].
- [26] C. Garza, «ECORFAN,» 2014. [En línea]. Available: https://www.ecorfan.org/handbooks/Ciencias%20de%20la%20Ingenieria%20y%20Tecnologia%20T-V/Articulo_4.pdf. [Último acceso: 28 Enero 2022].
- [27] H. Martínez, Módulo didáctico para prácticas de laboratorio con controladores lógicos programables, Nuevo León, 2015.
- [28] SIEMENS, «Manual SENTRON PAC 3220,» SIEMENS, California, 2008.
- [29] Tecnológico de Monterrey, «Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos,» *Diplomado en Aprendizaje Orientado a Proyectos*, vol. 1, n° 1, p. 7.

- [30] D. Restrepo Osorio, Dimensionamiento de bancos de capacitores automáticos para las subestaciones eléctricas 14, 15 y 16 de la empresa "COMPAÑIA DE EMPAQUES S.A.", Medellín: Universidad de Antioquia, 2020.
- [31] SCHNEIDERELECTRIC, «Compensación de Energía Reactiva,» [En línea]. Available: https://issuu.com/jomisone/docs/cuaderno_tecnico_schneider_electri_ae2b3731bfffce. [Último acceso: 29 12 2021].
- [32] INTERNATIONAL CAPACITORS, «Notas Técnicas de Aplicación,» [En línea]. Available: https://lifasa.com/pdf/Notas_tecnicas_energia_reactiva.pdf. [Último acceso: 29 12 2021].
- [33] INEN, «Código de práctica ecuatoriano CPE INEN 19:2001,» 28 03 2001. [En línea]. Available: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/CPE-19.pdf>. [Último acceso: 20 02 2022].
- [34] N. Bravo de Medina, M. Llorente Antón y Á. A. Pérez Miguel, La amenaza de los armónicos y sus soluciones, Madrid: Paraninfo, 2004.
- [35] D. Albuja, «DerechoEcuador.com,» 24 noviembre 2005. [En línea]. Available: <https://derechoecuador.com/caacutelculo-del-valor-de-trabajo/#:~:text=El%20Art.,%3B%20mas%2C%20seg%C3%BAn%20el%20Art..> [Último acceso: 08 Marzo 2021].



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
Carrera de Ingeniería Electromecánica



Anexo 1

Análisis de Criterios

Para seleccionar la marca acorde a la necesidad del sistema se elabora un análisis de criterios para cada componente seleccionado.

Por lo tanto, la interpretación se detalla a continuación:

- En la columna A se enlista todos los objetos para la valoración.
- En las columnas B y C son para la valoración numérica, esto se establece según el criterio del investigador.

Tabla 1. Matriz de Valoración

Columna A	Columna B	Columna C	Columna ...n
Objeto 1			
Objeto 2			
Objeto 3			
TOTAL			

Para la valoración numérica se establece un rango de 0 – 20, por lo tanto, se detalla la descripción como se muestra en la tabla 2:

Tabla 2. Matriz de Valoración

Calificación	Condición	Puntaje
Muy baja	No aplica	0
Baja	Posee anomalías, se usa en casos especiales.	5
Media	Posee algunas anomalías, sin embargo, es aplicable	15
Alta	Aplicable	20

Para nuestro caso de selección en cada análisis de criterios que se elabore se tomara en cuentas tres criterios: Tecnología, disponibilidad en el mercado, accesibilidad de costo y una

característica especial necesaria para el funcionamiento del sistema. Se realiza la comparación entre tres marcas diferentes.

Análisis de criterios del componente de medición

Para la medición de todo el sistema y poder obtener los parámetros eléctricos necesarios para el diseño del sistema se requiera algunas características especiales descritas en la tabla 3:

Tabla 3. Análisis de criterios para la selección del componente de medición.

Componente de Medición	Medidor de energía Schneider Electric	SENTRON PAC 3200	SENTRON PAC 3220
Tecnología	15	15	20
Disponibilidad en el mercado	20	0	20
Accesibilidad de costo	20	20	15
Conexión PROFINET	0	15	15
Total	55	50	70

De acuerdo a los criterios de evaluación se selecciona un medidor digital de energía SENTRON PAC 3220, debido a la disponibilidad en el mercado, además por poseer dos puertos de conexión y porque este es un modelo más tecnológico.

Análisis de criterios del componente de control

Se requiere de un PLC que permita el intercambio de datos mediante conexión PROFINET, los objetos de comparación se detallan en la tabla 4:

Tabla 4. Análisis de criterios para la selección del componente de control.

PLC "Programador lógico controlable"	PLC S7 200 SIEMENS	PLC S7 300 SIEMENS	PLC S71200 SIEMENS
Tecnología	5	5	20
Disponibilidad en el mercado	5	5	20
Accesibilidad de costos	20	20	15
Conexión PROFINET	0	20	20
Total	30	50	75

Mediante el análisis de criterios se selecciona el PLC S7-1200, el cual permite realizar un

mejor trabajo para el sistema además se escoge el AC/DC/RLY como característica especial del componente de control.

Análisis de criterios del condensador

Se escoge el proveedor que se requiera según los criterios seleccionados.

Tabla 5. Análisis de criterios para la selección del condensador.

Se selecciona condensadores de la marca LIFASA, ya que en el mercado local existen una

Condensador	Lifasa	HUIZHONG	SR PASSIVES
Tecnología	20	20	20
Disponibilidad en el mercado	20	15	15
Accesibilidad de costos	20	20	20
Eficiencia	20	20	20
Total	80	75	75

mayor variedad de condensadores.

Análisis de criterios de las protecciones eléctricas.

Las protecciones eléctricas permiten tener un sistema seguro, eficaz y eficiente que impida el daño humano y a los componentes por fallas eléctricas, su selección se detalla en la tabla 6:

Tabla 6. Análisis de criterios para la selección de las protecciones eléctricas

Protección Eléctrica	Schneider Electric	General Electric	Siemens
Tecnología	20	15	20
Disponibilidad en el mercado	20	15	15
Accesibilidad de costos	20	20	20
Disponibilidad de diferentes valores de protección	20	20	20
Total	80	70	75

Mediante el análisis de criterios se selecciona las protecciones eléctricas de marca

SCHNEIDER ELECTRIC debido a la disponibilidad que existe en el mercado.

Análisis de criterios de contactores.

El contactor permite la automatización de diferentes sistemas ya que, mediante la activación del Relé, este logra tiempos inmediatos de respuesta, vitales en procesos automáticos eficientes, para la selección del mismo se detalla la tabla 7.

Tabla 7. Análisis de criterios para la selección del contactor

Contactores	HONGFA	Mitsubishi Electric	METASOL
Tecnología	20	20	20
Disponibilidad en el mercado	20	15	20
Accesibilidad de costos	15	10	20
Tiempo de respuesta	20	20	20
Total	75	65	80

Una vez terminado el análisis de criterios se selecciona la marca METASOL, por su accesibilidad económica.

Análisis de criterios de conductores eléctricos

El conductor eléctrico transporta la energía a lo largo de todo el sistema, es una parte importante por eso debe cumplir con normativas vigentes locales que permitan el correcto funcionamiento de nuestro sistema, en la tabla 8 se detalla la selección de la marca del conductor eléctrico:

Tabla 8. Análisis de criterios para la selección del conductor eléctrico

Conductor Eléctrico	CABLEC	Conelsa	Electro Cables
Tecnología	15	15	20
Disponibilidad en el mercado	20	20	20
Accesibilidad de costos	20	20	15
Protección Térmica	15	15	20
Total	70	70	75

Se selecciona la marca ELECTRO CABLES ya que es la mejor en el mercado local.

Análisis de criterios del transformador de corriente.

Para poder tener una lectura de datos en un componente de medición se requiere de transformadores de corriente que permitan corresponder mediante una relación de bobinados: corrientes altas y transformarlas a pequeñas que el medidor de energía pueda calcular, se describe en la tabla 9 el análisis de criterios.

Tabla 9. Análisis de criterios para la selección del condensador.

Se selecciona TC's de marca CAMSCO, por las características que nos ofrece.

TC	CHNT	CHINT	CAMSCO
Tecnología	15	15	20
Disponibilidad en el mercado	0	15	20
Accesibilidad de costos	5	15	20
Eficiencia	20	20	20
Total	40	65	80

Análisis de criterios del guardamotor

El guardamotor evita daños colaterales por mala operación o mal funcionamiento del motor en la tabla 10 se detalla el análisis de criterios del mismo:

Tabla 10. Análisis de criterios para la selección del guardamotor.

Guardamotor	ABB	SIEMENS	BTICINO
Tecnología	15	20	20
Disponibilidad en el mercado	15	15	15
Accesibilidad de costos	10	20	10
Eficiencia	20	20	20
Total	60	75	65

Debido a su accesibilidad de costos se selecciona el guardamotor de marca SIEMENS.



Anexo 2

Características de componentes que conforman en el sistema

En el siguiente anexo se presenta las características de cada componente que conforman el sistema.

PROTECCIONES ELÉCTRICAS

Interruptores automáticos C60N (curva B, C, D)
 Protección termomagnética de circuitos y receptores



- > Los Interruptores C60N combinan las siguientes funciones:
- protección de circuitos contra corrientes de cortocircuito;
 - protección de circuitos contra corrientes de sobrecarga.

Corriente alterna (CA) de 50/60 Hz		Capacidad de ruptura (Icn) según IEC 60898-1		Capacidad de ruptura de servicio (Ics)
Fase/fase (2P, 3P, 4P)	Fase/neutro (1P)	Tensión (Ue)	Valor nominal (In)	
		400 V	Entre 1 y 63 A	100% de Icu
		230 V	6000 A	

Referencias

Interruptor C60N												
Tipo	1P			2P			3P			4P		
	E6000			E6000			E6000			E6000		
	1			1 3			1 3 5			1 3 5 7		
	2			2 4			2 4 6			2 4 6 8		
Valor nominal (In)	Curva			Curva			Curva			Curva		
	B	C	D	B	C	D	B	C	D	B	C	D
1 A	AGN24045	AGN24395	AGN24625	AGN24071	AGN24331	AGN24653	AGN24084	AGN24344	AGN24667	AGN24097	AGN24357	AGN24681
2 A	AGN24046	AGN24396	AGN24626	AGN24072	AGN24332	AGN24654	AGN24085	AGN24345	AGN24668	AGN24098	AGN24358	AGN24682
3 A	AGN24047	AGN24397	AGN24627	AGN24073	AGN24333	AGN24655	AGN24086	AGN24346	AGN24669	AGN24099	AGN24359	AGN24683
4 A	AGN24048	AGN24398	AGN24628	AGN24074	AGN24334	AGN24656	AGN24087	AGN24347	AGN24670	AGN24100	AGN24360	AGN24684
6 A	AGN24049	AGN24399	AGN24629	AGN24075	AGN24335	AGN24657	AGN24088	AGN24348	AGN24671	AGN24101	AGN24361	AGN24685
10 A	AGN24050	AGN24401	AGN24630	AGN24076	AGN24336	AGN24658	AGN24089	AGN24349	AGN24672	AGN24102	AGN24362	AGN24686
16 A	AGN24051	AGN24403	AGN24632	AGN24077	AGN24337	AGN24660	AGN24090	AGN24350	AGN24674	AGN24103	AGN24363	AGN24688
20 A	AGN24052	AGN24404	AGN24633	AGN24078	AGN24338	AGN24661	AGN24091	AGN24351	AGN24675	AGN24104	AGN24364	AGN24689
25 A	AGN24053	AGN24405	AGN24634	AGN24079	AGN24339	AGN24662	AGN24092	AGN24352	AGN24676	AGN24105	AGN24365	AGN24690
32 A	AGN24054	AGN24406	AGN24635	AGN24080	AGN24340	AGN24663	AGN24093	AGN24353	AGN24677	AGN24106	AGN24366	AGN24691
40 A	AGN24055	AGN24407	AGN24636	AGN24081	AGN24341	AGN24664	AGN24094	AGN24354	AGN24678	AGN24107	AGN24367	AGN24692
50 A	AGN24056	AGN24408	AGN24637	AGN24082	AGN24342	AGN24665	AGN24095	AGN24355	AGN24679	AGN24108	AGN24368	AGN24693
63 A	AGN24057	AGN24409	AGN24638	AGN24083	AGN24343	AGN24666	AGN24096	AGN24356	AGN24680	AGN24109	AGN24369	AGN24694
Ancho en pasos de 9 mm	2			4			6			8		

Figura 1. Ficha de la protección eléctrica.

Fuente: Catálogo de SCHNEIDER ELECTRICA.

CONTACTORES ELÉCTRICOS

Table of specifications

Metasol

MC type Magnetic contactors



Frame size			18AF				22AF			
Type			MC-6a	MC-9a	MC-12a	MC-18a	MC-9b	MC-12b	MC-18b	MC-22b
Screws clamp terminals			•	•	•	•	•	•	•	•
Lug clamp terminals										
Number of poles			3pole				3pole			
Rated operational voltage, Ue			690V				690V			
Rated insulation voltage, Ui			690V				690V			
Rated frequency			50/60Hz				50/60Hz			
Rated impulse withstand voltage, Uimp			6kV				6kV			
Maximum operating rate in operating cycles per hour(AC3)			1800 operations per hour				1800 operations per hour			
Durability			15 mil. operations				15 mil. operations			
Mechanical			2.5 mil. operations				2.5 mil. operations			
Electrical										
Current power	AC-1, Thermal current	A	25	25	25	32	25	27	40	45
	AC-3 200/240V	kW	2.2	2.5	3.5	4.5	2.5	3.5	4.5	5.5
		A	9	11	13	18	11	13	18	22
	380/440V	kW	3	4	5.5	7.5	4	5.5	7.5	11
		A	7	9	12	18	9	12	18	22
	500/550V	kW	3	4	7.5	7.5	4	7.5	7.5	15
		A	6	7	12	13	7	12	13	20
	690V	kW	3	4	7.5	7.5	4	7.5	7.5	15
		A	4	5	9	9	6	9	9	18
		1000V	kW	-	-	-	-	-	-	-
		A	-	-	-	-	-	-	-	-
Rated Short-time withstand current (IEC 60947)	1s	A	210	250	280	300	250	280	300	400
	10s	A	105	110	120	130	110	120	154	186
	30s	A	70	70	80	85	70	80	100	130
	1min	A	61	61	61	70	61	61	84	90
	3min	A	40	45	47	50	45	50	60	60
	10min	A	30	30	30	40	30	30	40	50
	≥ 15min	A	25	26	28	30	26	28	30	45
UL rating (50/60Hz)	Continuous current	A	25	25	25	32	25	25	40	40
	Single phase 110-120V	HP	0.5	0.5	1	2	0.5	1	2	2
	220-240V	HP	1.5	1.5	2	3	1.5	2	3	3
	200-208V	HP	2	2	3	7.5	2	3	7.5	7.5
	Three phase 220-240V	HP	3	3	5	7.5	3	5	7.5	10
	440-480V	HP	5	5	7.5	10	5	7.5	10	15
	550-600V	HP	7.5	7.5	10	15	7.5	10	15	20
NEMA size		00	00	0	1	00	0	1		
Size and weight	AC control	Weight	0.33				0.34			
		Size(W×H×D)	45×73.5×80.4				45×73.5×87.4			
weight	DC control	Weight	0.4				0.41			
		Size(W×H×D)	45×73.5×96.6				45×73.5×103.6			
Auxiliary (standard)			1a or 1b				1a1b			
Auxiliary			UA-1				UA-1			
Front mount			UA-2, UA-4				UA-2, UA-4			

Note) Minimum conduct current of Auxiliary contactor is DC 17V 5mA.

Figura 2. Ficha de los contactores eléctricos.

Fuente: Catálogo de METASOL.

CONDUCTOR ELÉCTRICO



Ahorro de costos

Gracias al mayor número de conductores que entran dentro del tubo conduit, comparados con conductores del mismo calibre tipo TW.








Fácil instalación

Contacto perfecto con los terminales de conexión gracias a la forma compacta del conductor.



Minimiza pérdidas conductivas

Al ser un solo cuerpo permite una unión perfecta, aprovechando al máximo el espesor del cable.

PARÁMETRO	ESPECIFICACIÓN
Características	 Voltaje de Servicio: 600 V  Temperatura de Trabajo: 90°C  * Corriente Máxima: 30 Amperios
Recubrimiento	Aislamiento: Material: PVC 90°C. Espesor promedio: 0,38 mm. Chaqueta Exterior: Material: Nylon. Espesor 1 punto: 0,10 mm.
Material Principal	Cobre de Temple Suave. La materia prima principal con la que se fabrican estos conductores es cobre electrolítico, con un 99.995% de pureza.
Resistencia	Resistividad máxima de hilos: 0,017241 Ω x mm ² /m. Resistencia eléctrica en c.c del conductor a 20°C : 5,31 Ω /km.
Formación de Hilos	Tipo de Formación: SÓLIDO. Diámetro Exterior Total: 3,01 mm. Área de Sección Transversal: 3,31 mm ² .
	 <p>*Vista frontal del conductor</p>
Colores	
Embalaje	Rollos de 10, 25 y 100 metros o cortes específicos según el requerimiento del cliente.
Normativas	NTE INEN 2345 UL 83 ASTM B3

*Capacidad de corriente para no más de 3 conductores en ducto, cable o tierra (directamente enterrados), para temperatura ambiente de 30°C. Ref NEC (Tabla 310.16).

Figura 3. Ficha de los conductores eléctricos.

Fuente: Catálogo de ELECTRO CABLES.

CONDENSADOR

POLT CONDENSADOR TUBULAR TRIFÁSICO THREE-PHASE CYLINDRICAL CAPACITOR 0.5 ... 7.5 kvar

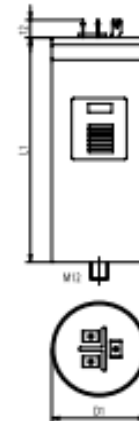
DESCRIPCIÓN/ DESCRIPTION

Condensadores auto-regenerantes con dieléctrico de polipropileno de bajas pérdidas sin impregnantes líquidos. Disponen de un sistema de desconexión por sobrepresión que desconecta el condensador en caso de algún tipo de fallo interno. Se presentan montados en recipientes cilíndricos de aluminio, provistos de saliente roscado M12 para fijación y puesta a tierra.

La conexión se realiza por terminales Faston dobles de 6,35 mm. Opcionalmente provistos de resistencias de descarga para conectar externamente. Estos condensadores están especialmente indicados para la compensación individual de pequeñas cargas inductivas y la construcción de pequeñas baterías de condensadores.

Self-healing capacitors with low losses metalized polypropylene dielectric without liquid impregnants. They have an overpressure disconnection system that disconnects the capacitor in case of any internal failure. Capacitors in cylindrical aluminium cans, provided with a M12 stud for fixing and earthing.

Connection is made by a double 6.35 mm Faston terminal. Optionally, provided with discharge resistors for external connection. These capacitors are especially suitable for the individual compensation of small inductive loads and the construction of small capacitor banks. They have discharge resistors externally fitted.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS/ TECHNICAL CHARACTERISTICS

- Tensión nominal/ Rated voltages 230/400/440 V 50Hz
230/400 V 60Hz
- Dieléctrico/ Dielectric Polipropileno/ Polypropylene
- Resistencias descarga/ Discharge resistors Accesorio/ Accessory
- Pérdidas dieléctricas/ Dielectric losses < 0.2 W/kvar
- Pérdidas totales/ Total losses < 0.4 W/kvar
- Sobretensión máx./ Max. Overvoltages 1.1 U_n (8h/ día/ day)
- Sobreintensidad máx./ Max. Overcurrent 1.5 ~ 2.0 I_n
- Nivel aislamiento/ Isolation level 3/- kV rms
- Tolerancia de potencia/ Power tolerance -5/+10 %
- Gama climática/ Climatic range -40/+55°C
- Conexión/ Connection Faston doble 6,35mm/
Double faston
- Protección/ Protection IP00
IP54 (con caperuza/ with hood)
- Normas/ Standards IEC 60831, EN 60831
VDE0560-46/47

440V

Referencia Part Number	50 Hz						60 Hz				Dimensiones d x h (mm)	Peso (kg)
	380 V		400V		440V		380V		400V			
	Qn (kvar)	In (A)	Qn (kvar)	In (A)	Qn (kvar)	In (A)	Qn (kvar)	In (A)	Qn (kvar)	In (A)		
POLT44005	0,4	0,6	0,4	0,6	0,5	0,7	0,4	0,7	0,5	0,7	50 x 151	0,3
POLT44010	0,7	1,1	0,8	1,2	1	1,3	0,9	1,4	1,0	1,4	50 x 151	0,3
POLT44015	1,1	1,7	1,2	1,8	1,5	2,0	1,3	2,0	1,5	2,1	50 x 151	0,3
POLT44025	1,9	2,8	2,1	3,0	2,5	3,3	2,2	3,4	2,5	3,6	50 x 151	0,3
POLT44030	2,2	3,4	2,5	3,6	3	3,9	2,7	4,1	3,0	4,3	50 x 151	0,3
POLT44050	3,7	5,7	4,1	6,0	5	6,6	4,5	6,8	5,0	7,2	65 x 155	0,5
POLT44062	4,7	7,1	5,2	7,5	6,25	8,2	5,6	8,5	6,2	8,9	75 x 155	0,7
POLT44075	5,6	8,5	6,2	8,9	7,5	9,8	6,7	10,2	7,4	10,7	75 x 215	1,0

NOTE: It requires external discharge resistors; if they are not included, it is an accessory (REF. J30010200).

Otras potencias, tensiones y frecuencias bajo pedido/ Other power, voltages and frequencies on request.

www.lifasa.com

Figura 4. Ficha de los condensadores

Fuente: Catálogo de LIFASA.

GUARDAMOTOR

SIEMENS

Hoja de datos

3RV2021-1GA10



Interruptor automático tamaño S0 para protección de motores, CLASE 10
 Disparador por sobrecarga con retardo según intensidad 4,5...6,3 A
 Disparador de cortocircuito 82 A borne de tornillo poder de corte estándar

nombre comercial del producto	SIRIUS
designación del producto	Interruptores automáticos
tipo de producto	para protección de motores
denominación del tipo de producto	3RV2
Datos técnicos generales	
tamaño constructivo del interruptor automático	S0
tamaño del contactor combinable específico de la empresa	S00, S0
ampliación del producto interruptor auxiliar	SI
pérdidas [W] con valor asignado de la intensidad	
• con AC en estado operativo caliente	7,25 W
• con AC en estado operativo caliente por polo	2,4 W
tensión de aislamiento con grado de contaminación 3 con AC valor asignado	690 V
resistencia a tensión de choque valor asignado	6 kV
tensión máxima admitida para separación de protección	
• en redes con neutro aislado entre circuito principal y auxiliar	400 V
• en redes con neutro a tierra entre circuito principal y auxiliar	400 V
resistencia a choques según IEC 60068-2-27	25g / 11 ms
vida útil mecánica (ciclos de maniobra)	
• de contactos principales típico	100 000
• de los contactos auxiliares típico	100 000
vida útil eléctrica (ciclos de maniobra) típico	100 000
modo de protección Ex según Directiva ATEX 2014/34/UE	Ex II (2) GD
certificado de aptitud según Directiva ATEX 2014/34/UE	DMT 02 ATEX F 001
designaciones de referencia según IEC 81346-2:2009	Q
Directiva RoHS (fecha)	01.10.2009
Condiciones ambiente	
altitud de instalación con altura sobre el nivel del mar máx.	2 000 m
temperatura ambiente	
• durante el funcionamiento	-20 ... +60 °C
• durante el almacenamiento	-50 ... +80 °C
• durante el transporte	-50 ... +80 °C
compensación de temperatura	-20 ... +60 °C
humedad relativa del aire durante el funcionamiento	10 ... 95 %
Circuito de corriente principal	

Figura 5. Ficha del guardamotor.

Fuente: Catálogo de SIEMENS



Anexo 3

Memoria de cálculo del dimensionamiento de componentes.

Cálculos para determinar los componentes del circuito inductivo

Cálculo de la protección eléctrica:

$$I_{protección} = 1,43 \times I_{nominal}$$

$$I_{protección} = 1,43 \times 2,10$$

$$I_{protección} = 3,00 [A]$$

En el mercado local existen breakers trifásico a partir de 6A, por lo tanto, se selecciona el breaker más cercano al calculado.

Cálculo del contactor:

$$I_{contactor} = 1,43 \times I_{nominal}$$

$$I_{contactor} = 1,43 \times 2,10$$

$$I_{contactor} = 3,00 [A]$$

En el mercado local existen contactores trifásicos a partir de 6A, por lo tanto, se selecciona el contactor más cercano al calculado.

Cálculo de la corriente a soportar por el guardamotor:

$$I_{guardamotor} = \frac{P}{\sqrt{3} \times 220 \times \cos\phi \times \eta}$$
$$I_{guardamotor} = \frac{370}{\sqrt{3} \times 220 \times 0,69 \times 0,53}$$
$$I_{guardamotor} = 2,65 [A]$$

Se configura el guardamotor con una protección de 3A.

Cálculo del conductor eléctrico:

$$I_{conductor} = 0,3 \times I_{nominal} + (I_{nominal})$$

$$I_{conductor} = 1,25 \times 3 + (3)$$

$$I_{conductor} = 6,75 [A]$$

El conductor que soporta la corriente dimensionada es el #12 AWG

Cálculos para determinar los componentes del circuito resistivo

Cálculo de la protección eléctrica:

$$P_{foco} = 100 [W]$$

$$P_{6foco} = 600 [W]$$

$$P = V \times I$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{600 W}{127 V}$$

$$I = 4,72 [A]$$

$$I_{nominal\ de\ la\ carga} = 4,72 [A]$$

$$I_{protección} = 1,43 \times I_{nominal}$$

$$I_{protección} = 1,43 \times 4,72$$

$$I_{protección} = \mathbf{6,74 [A]}$$

En el mercado existen breakers trifásico a partir de 6A, por lo tanto, se selecciona el breaker más cercano al calculado.

Cálculo del contactor:

$$I_{contactor} = 1,43 \times I_{nominal}$$

$$I_{contactor} = 1,43 \times 4,72$$

$$I_{contactor} = \mathbf{6,74 [A]}$$

En el mercado existen contactores trifásicos a partir de 6A, por lo tanto, se selecciona el contactor más cercano al calculado.

$$I_{conductor} = 0,3 \times I_{nominal} + (I_{nominal})$$

$$I_{conductor} = 1,25 \times 4,72 + (4,72)$$

$$I_{conductor} = \mathbf{10,67 [A]}$$

El conductor que soporta la corriente dimensionada es el #12 AWG

Cálculos para determinar los componentes del circuito capacitivo

- Factor de potencia inicial (θ_i): 0,34
- Factor de potencia deseado (θ_f): 0,92
- Potencia Activa (kW): 0,25

Condición Inicial

$$FP_{inicial} = 0,34$$

$$\cos\theta_{inicial} = 0,34$$

$$\theta_i = \cos^{-1}(0,34)$$

$$\theta_i = 70,12$$

Condición Requerida

$$FP_{inicial} = 0,92$$

$$\cos\theta_{inicial} = 0,92$$

$$\theta_i = \cos^{-1}(0,92)$$

$$\theta_i = 23,07$$

- Potencia aparente inicial y requerida

Condición Inicial

$$\cos\theta_{inicial} = \frac{P}{S_i}$$

$$S_i = \frac{P}{\cos\theta_{inicial}}$$

$$S_i = \frac{0,25 \text{ kW}}{\cos(70,12)}$$

$$S_i = 0,73 \text{ [kVA]}$$

Condición Requerida

$$\cos\theta_{inicial} = \frac{P}{S_i}$$

$$S_i = \frac{P}{\cos\theta_{inicial}}$$

$$S_i = \frac{0,25 \text{ kW}}{\cos(23,07)}$$

$$S_i = 0,27 \text{ [kVA]}$$

- Potencia reactiva inicial y requerida

Condición Inicial

$$Q_{inicial} = S_i * \sin\theta_{inicial}$$

$$Q_i = 0,73 * \sin(70,12)$$

$$Q_i = 0,68 \text{ [kvar]}$$

Condición Requerida

$$Q_{final} = S_f * \sin\theta_{final}$$

$$Q_f = 0,27 * \sin(23,07)$$

$$Q_f = 0,10 \text{ [kvar]}$$

- Potencia reactiva a compensar

$$Q_c = Q_{inicial} - Q_{final}$$

$$Q_c = 0,68 - 0,10$$

$$Q_c = 0,58 \text{ [kvar]}$$

- **Capacitancia**

$$Q_c = \frac{V^2}{X_c}$$
$$X_c = \frac{1}{\omega c} \rightarrow \omega = 2\pi f$$
$$X_c = \frac{1}{2\pi f c}$$
$$X_c = \frac{1}{2\pi 60 c} \Omega$$
$$Q_c = \frac{1}{\frac{377 c}{V^2} \Omega}$$
$$Q_c = \frac{377 c V^2}{0,58 \text{ kVAR}}$$
$$c = \frac{0,58 \text{ kVAR}}{377 (220)^2}$$
$$c = \mathbf{30 \text{ uF}}$$

Establecidos los cálculos se tiene los datos más importantes para el banco de condensadores:

- **Potencia Reactiva:** 0,58 [kvar]
- **Capacitancia:** 30uF

Dado que en el mercado local no existe esta configuración, se determina el más cercano de potencia reactiva: 1 [kvar], y capacitancia 50uF

Cálculo de la protección

$$I_{\text{condensador}} = \frac{Q_c}{\sqrt{3} * U_c}$$
$$I_c = \frac{1000 \text{ VAR}}{\sqrt{3} * 220 \text{ V}}$$
$$I_c = 2,62 \text{ [A]}$$
$$I_{\text{protección}} = 1,43 x I_{\text{nominal}}$$
$$I_{\text{protección}} = 1,43 x 2,62$$
$$I_{\text{protección}} = \mathbf{3,74 \text{ [A]}}$$

En el mercado existen breakers trifásico a partir de 6A, por lo tanto, se selecciona el breaker más cercano al calculado.

Cálculo del contactor

$$I_{\text{contactor}} = 1,43 x I_{\text{nominal}}$$
$$I_{\text{contactor}} = 1,43 x 2,62$$
$$I_{\text{contactor}} = \mathbf{3,74 \text{ [A]}}$$

En el mercado existen contactores trifásicos a partir de 6A, por lo tanto, se selecciona el contactor más cercano al calculado.

Cálculo del conductor eléctrico

$$I_{\text{conductor}} = 1,25 x I_{\text{nominal}} + (I_{\text{nominal}})$$

$$I_{conductor} = 1,25 \times 2,62 + (2,62)$$

$$I_{conductor} = 5,89 [A]$$

El conductor que soporta la corriente dimensionada es el #12 AWG

Cálculos para determinar los componentes del circuito auxiliar

Cálculo de la protección

$$I_{m\acute{a}xima\ del\ SentronPac\ 3220} = 4A$$

$$I_{protecci\acute{o}n} = 1,43 \times I_{nominal}$$

$$I_{protecci\acute{o}n} = 1,43 \times 4$$

$$I_{protecci\acute{o}n} = 5,72 [A]$$

En el mercado existen breakers trifásico a partir de 6A, por lo tanto, se selecciona el breaker más cercano al calculado.

Cálculo del conductor eléctrico

$$I_{conductor} = 0,3 \times I_{nominal} + (I_{nominal})$$

$$I_{conductor} = 1,25 \times 4 + (4)$$

$$I_{conductor} = 9 [A]$$

El conductor que soporta la corriente dimensionada es el #12 AWG.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
Carrera de Ingeniería Electromecánica



Anexo 4

Diseño de la mesa que sostendrá el sistema

Primero se escoge los materiales que se detallan en la tabla 11 y figura 7, además se diseña en el software FUSION 360, para su posterior elaboración:

Tabla 11. Dimensiones y materiales de la mesa de soporte.

Materiales		
Nombre	Dimensiones (mm)	Material
Tubo rectangular	50x25x1,5	Acero A36 con acabado en negro
Triplex para la base	1050x547x12	Madera tipo triplex
Triplex para el soporte	1050x647x12	Madera tipo triplex



Figura 6. Mesa de soporte del sistema

Para el compartimiento donde se realiza el cableado del módulo y la distribución de los componentes se realiza una estructura del tipo cajón con los materiales detallados en la tabla 12 y figura 3:

Tabla 12. Dimensiones y materiales del compartimiento.

Materiales		
Nombre	Dimensiones (mm)	Material
Tool	1234x1094x5	Acero A36 con acabado en negro
Triplex para el soporte	1050x790x12	Madera tipo triplex



Figura 7. Compartimiento para el cableado y componentes eléctricos.

Finalmente obtenemos el modelado de la mesa final:



Figura 8. Modelo final de la construcción.

Una vez diseñado el boceto de la mesa en fusión se procede a la elaboración de la misma:



Figura 9. Cortes iniciales de la mesa.



Figura 10. Proceso de soldadura de la mesa



Figura 11. Montaje del compartimento sobre la mesa de soporte.



Figura 12. Montaje de componentes y cableado eléctrico.

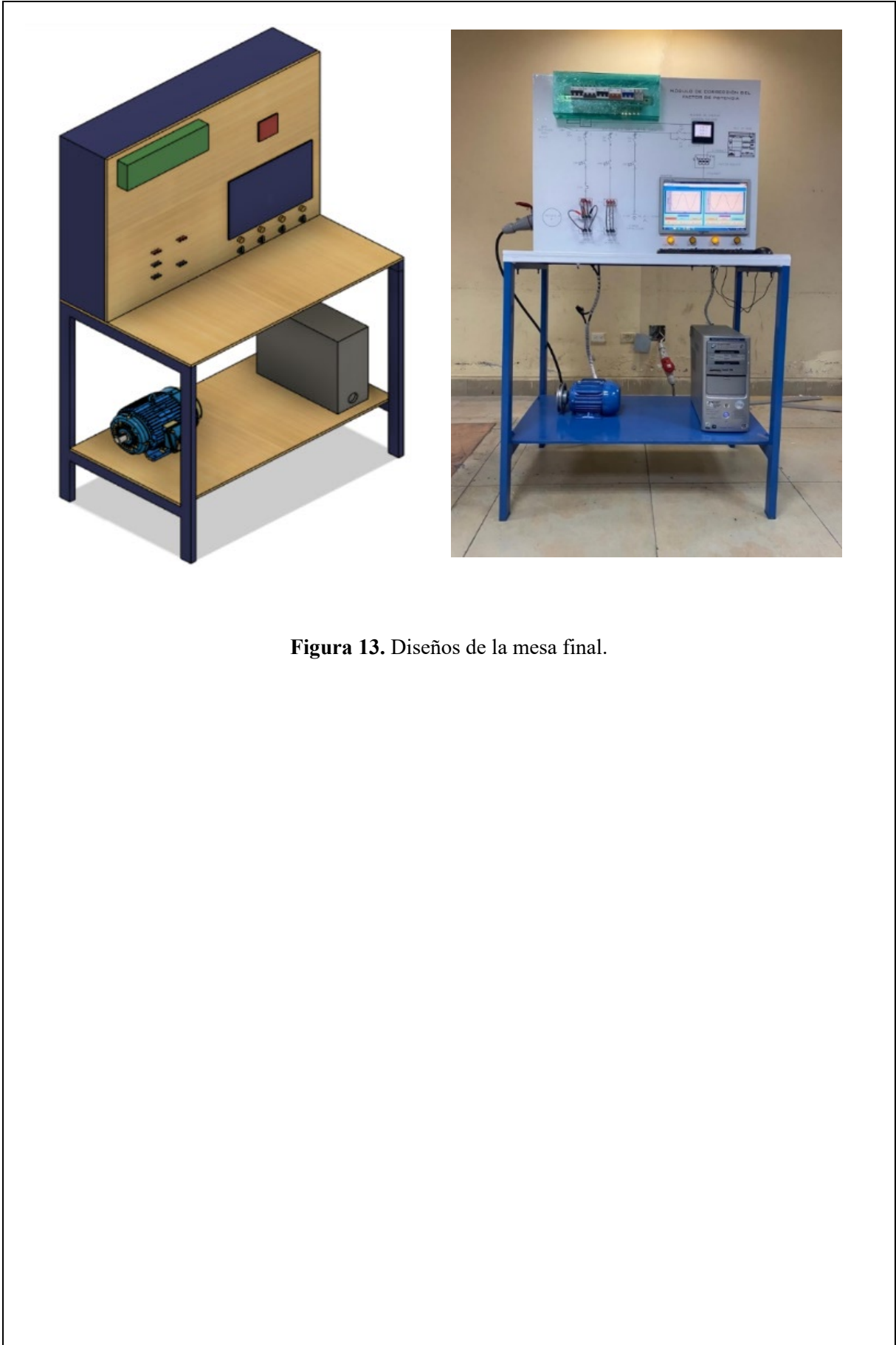


Figura 13. Diseños de la mesa final.

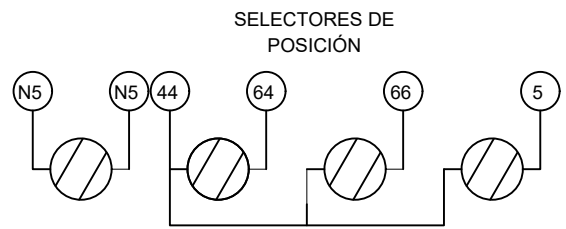
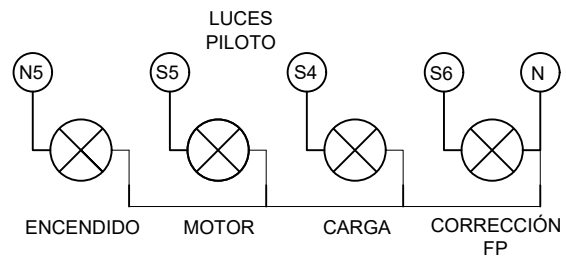
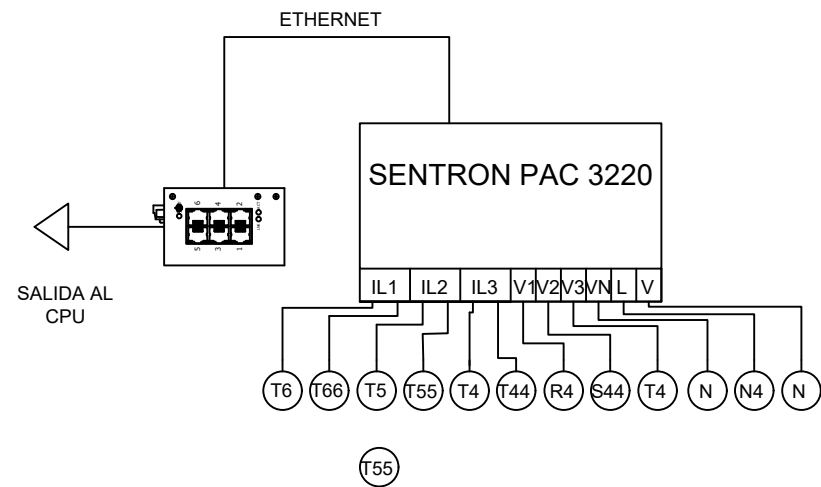


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
Carrera de Ingeniería Electromecánica

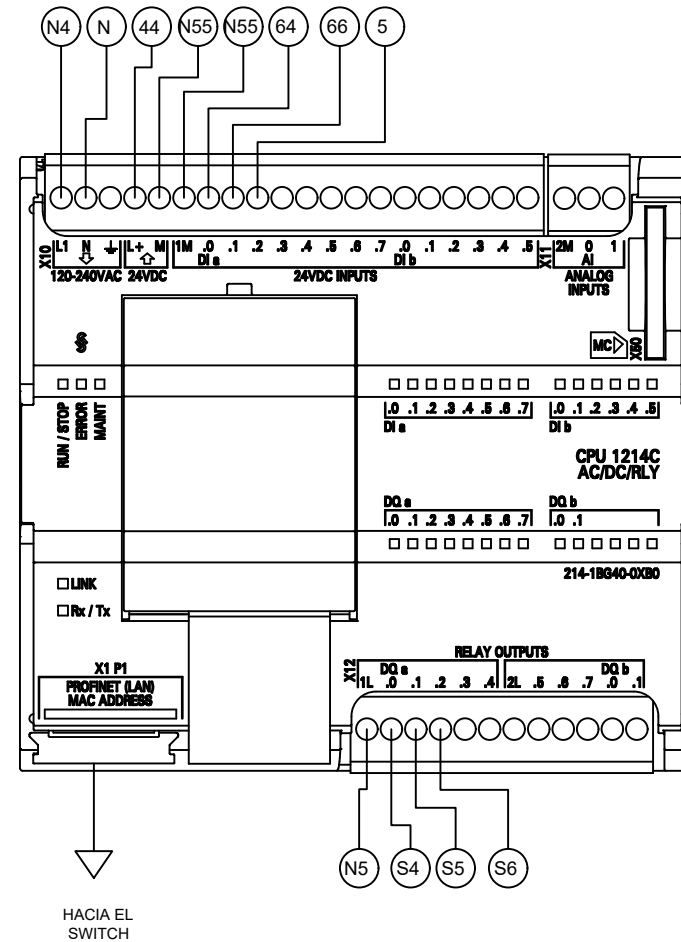
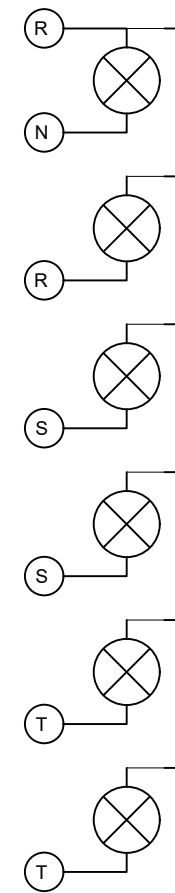
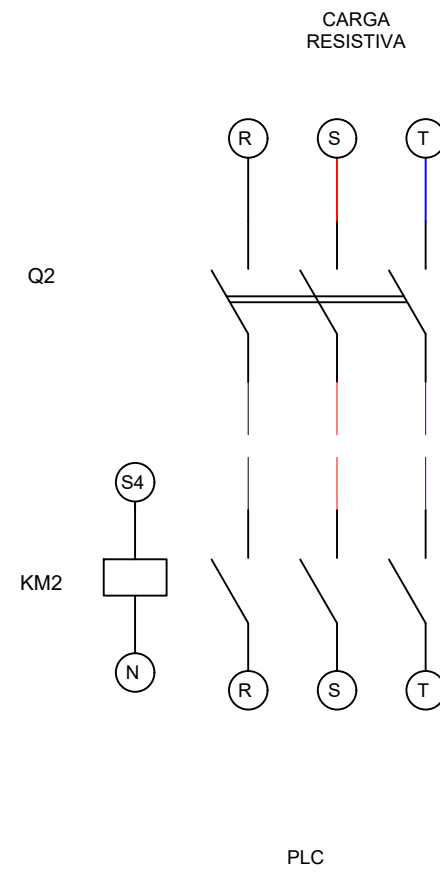
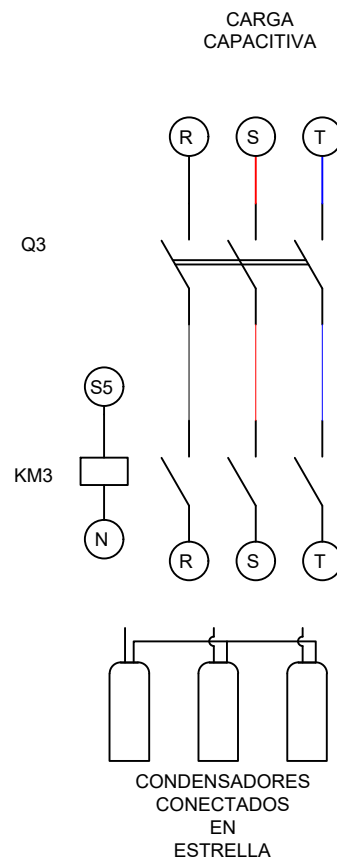
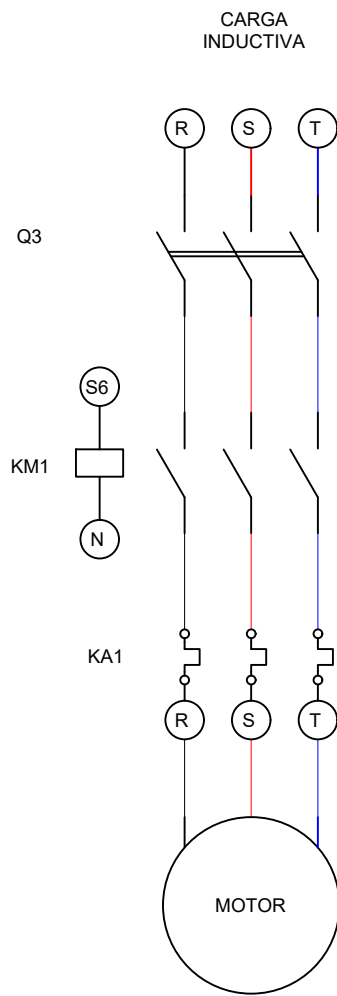
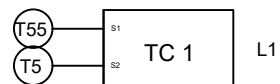


Anexo 5

DIAGRAMA DE CONEXIONES



TRANSFORMADOR DE CORRIENTE





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
Carrera de Ingeniería Electromecánica



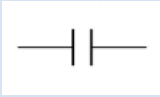
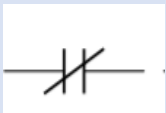
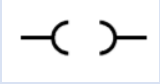
Anexo 6

PROGRAMACIÓN

Programación en TIA PORTAL

Para la programación del controlador lógico que permitirá la automatización del proceso y el intercambio de datos se realiza en el software TIA PORTAL, este proporciona un control fácil y detallado para programar la lógica del controlador, y permite escoger el PLC que disponemos para la programación. Se usa el lenguaje del tipo escalera “LADDER”, este es netamente gráfico, derivado del lenguaje de relés, su principal ventaja es que esta normalizado según el estándar IEC, en la tabla 13 se describe el lenguaje usado en la programación.

Tabla 13. Principales compontes del lenguaje LADDER

Programación LADDER				
Nombre	Características	Símbolos	Estado lógico	Observación
CONTACTOS	Contacto Abierto		0	Este contacto al activarse cambia de estado lógico y se cierra (1 - 0)
	Contacto Cerrado		1	Este contacto al activarse cambia de estado lógico y se abre (0 - 1)
Relés Internos o Marcas	Asignación de salida		M	Se usa para memorizar estados o acumular resultados

Se procede a declarar entradas y salidas lógicas que permitirán el control del sistema mediante pulsadores y contactores, en la tabla 14 se describe las variables:

Tabla 14. Entradas y salidas lógicas del sistema

Entradas lógicas		Salidas lógicas	
Marca	Variable	Marca	Variable
I0.0	Carga Resistiva	Q0.0	Carga Resistiva
I0.1	Carga Inductiva	Q0.1	Carga Inductiva
I0.2	Banco de condensadores	Q0.2	Banco de condensadores

Para establecer el intercambio de datos entre el PLC S7-1200 y el SENTRON PAC 3220, con el fin de poder realizar el interfaz gráfico para la interacción con el proceso de corrección del factor de potencia se usa en protocolo MODBUS, que mediante conexiones PROFINET entre los componentes nombrados, un switch y el CPU se podrá lograr el software didáctico que se propuso para el módulo.

Para lo cual se debe definir las direcciones IP correspondientes para la comunicación en la tabla 15 se describe los datos:

Tabla 15. Direcciones IP correspondientes para la comunicación

DIRECCIONES IP	
CPU	192.168.0.30
PLC S7-1200	192.168.0.50
SETRON PAC3220	192.168.0.20

La conexión MODBUS TCP/IP es un protocolo de comunicación simple neutral para la supervisión y control de equipos de automatización, es de uso común por su facilidad de conexión mediante cables Ethernet, permitiendo el intercambio de datos [41]. Sigue una arquitectura de maestro y esclavo en la cual un maestro transmite una solicitud a un esclavo y espera la respuesta.

Programación LabVIEW

LabVIEW al ser un software netamente gráfico, permite el desarrollo de la programación con el fin de que el usuario del módulo tenga un interfaz didáctico y pueda desarrollar prácticas de experimentación que permitan su desarrollo en la ingeniería.

Para lo cual se usa un protocolo OPC entre LabVIEW y TIA PORTAL, permitiendo el intercambio de datos para el diseño del interfaz gráfico.

Con la aplicación NI OPC SERVERS, se declara todas las variables que nos permitirá visualizar el software LABVIEW, para luego a su vez diseñar el interfaz.

TIA PORTAL

CONEXION MODBUS / FP_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

Main [OB1]

Main Propiedades					
General					
Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB
Idioma	KOP	Numeración	Automático		
Información					
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizado	
Main					
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario		
▼ Input					
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB		
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available		
Temp					
Constant					

Segmento 1: CONEXION MODBUS

En este segmento se genera la conexión del tipo MODBUS para el intercambio de datos entre el SENTRON PAC y el PLC S7-1200

Figura 14. Programación en el software TIA PORTAL V16 (parte 1)

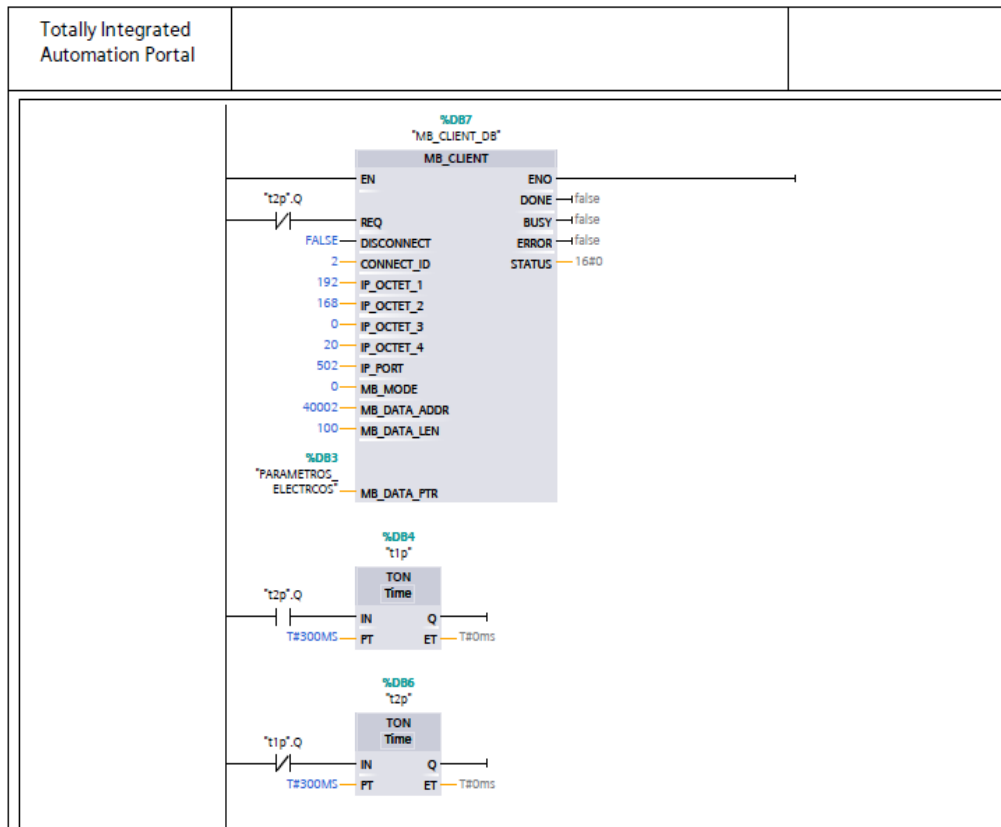


Figura 15. Programación en el software TIA PORTAL V16 (parte 2)

Segmento 2: ACTIVACIÓN CARGAS

En este segmento se procede a la activación de las cargas inductivas, capacitivas, resistivas

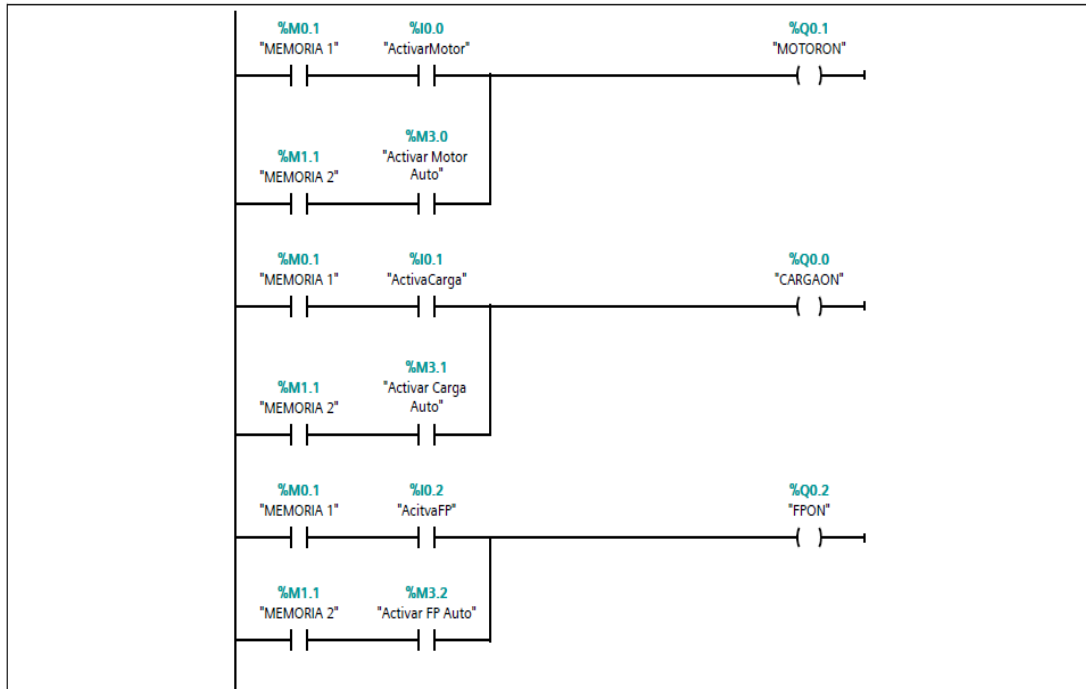


Figura 16. Programación en el software TIA PORTAL V16 (parte 3)

Segmento 3:

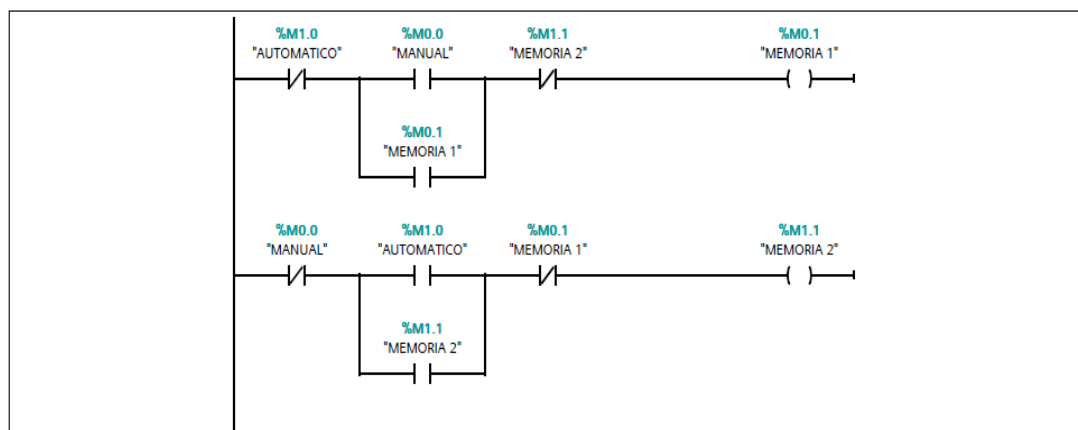


Figura 17. Programación en el software TIA PORTAL V16 (parte 4)

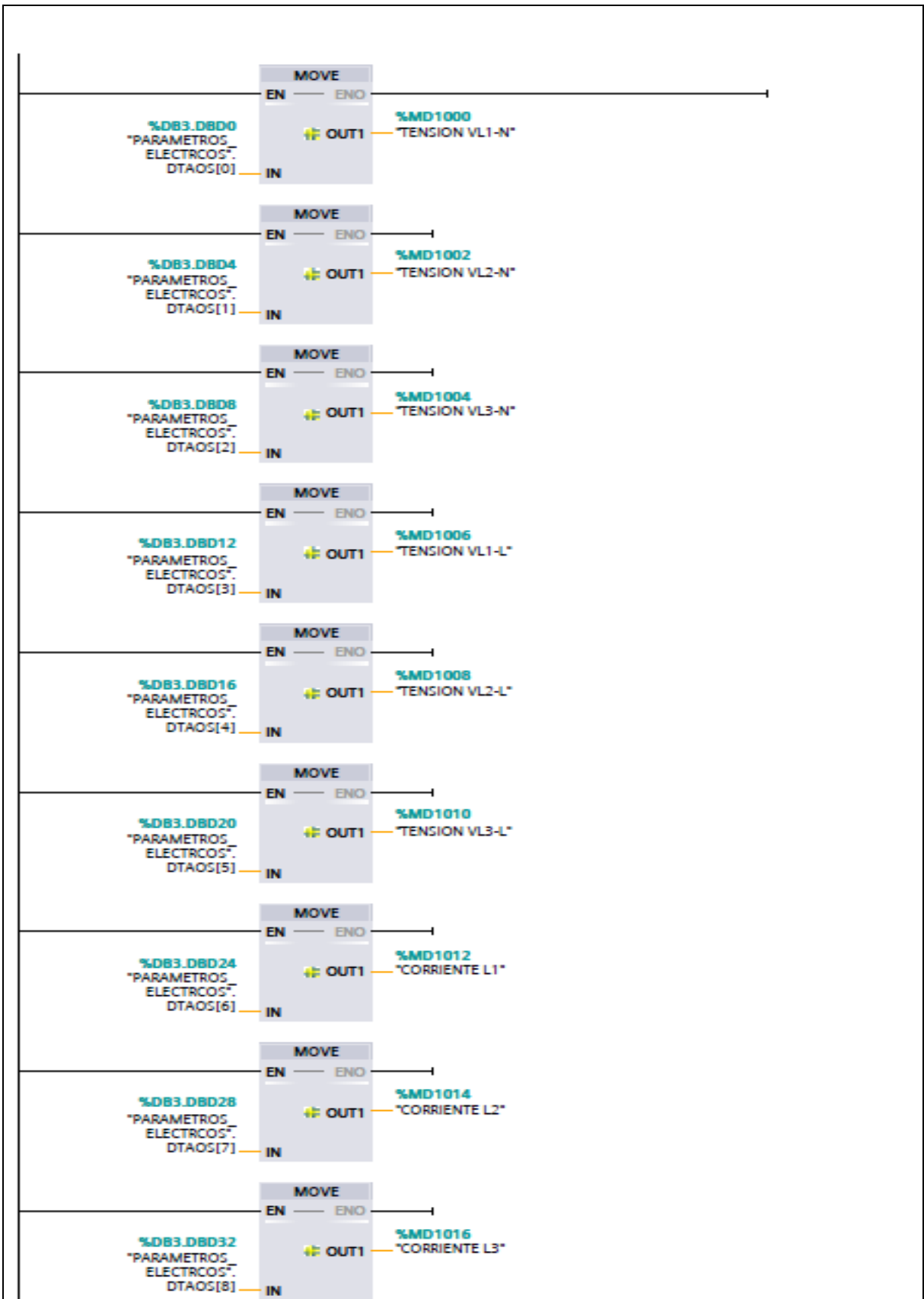


Figura 18. Programación en el software TIA PORTAL V16 (parte 5)



Figura 19. Programación en el software TIA PORTAL V16 (parte 6)

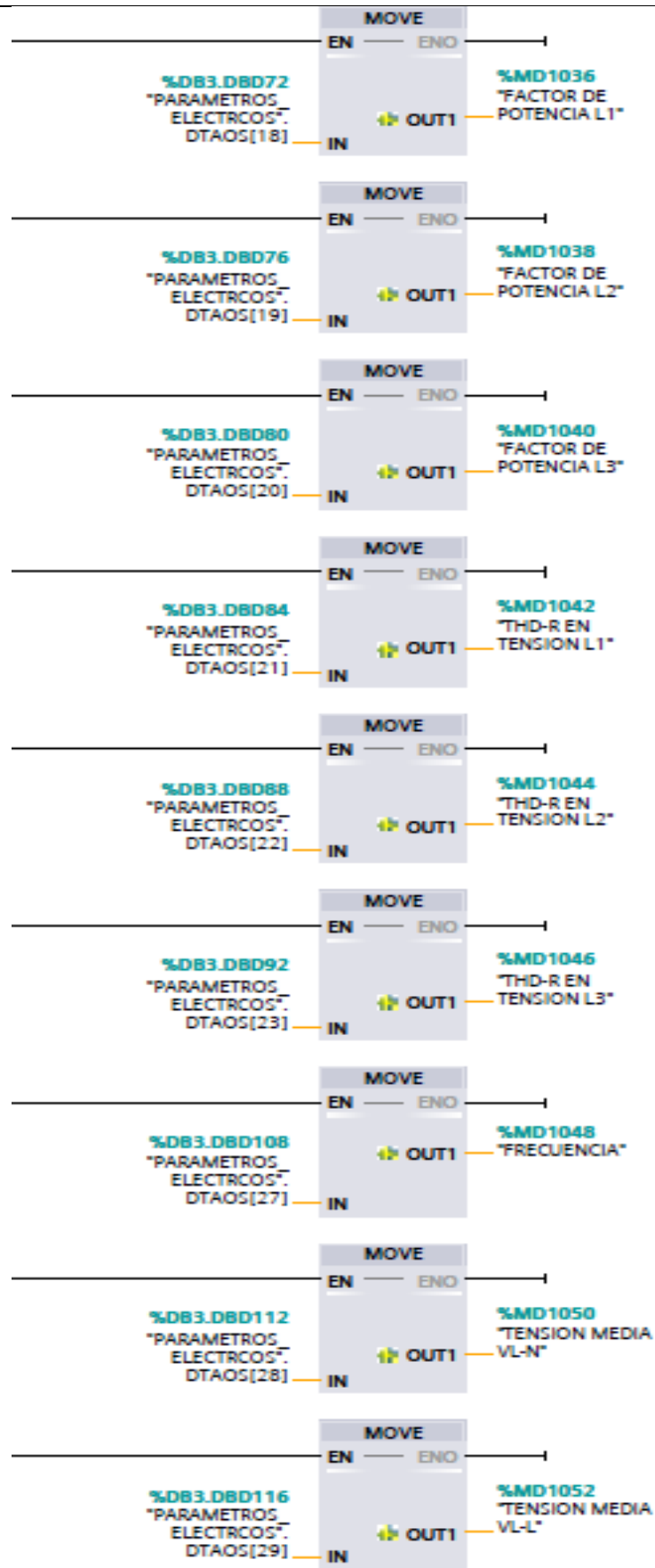


Figura 20. Programación en el software TIA PORTAL V16 (parte 7)

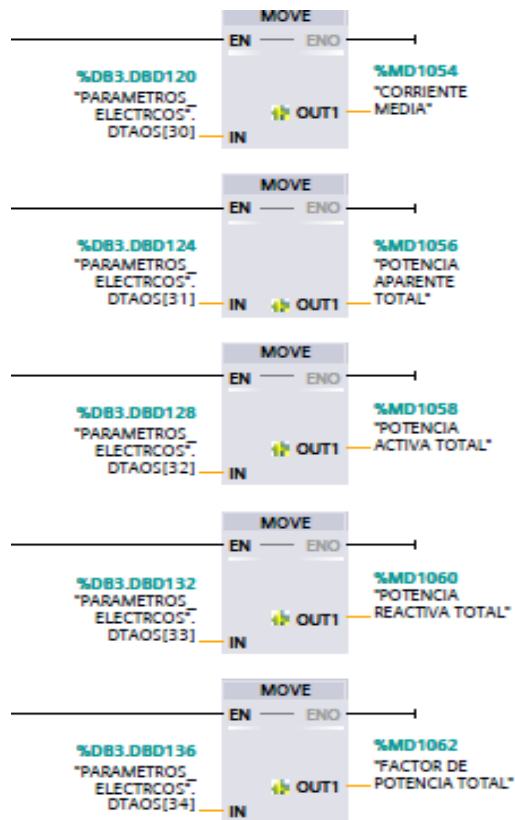


Figura 21. Programación en el software TIA PORTAL V16 (parte 8)

LabVIEW

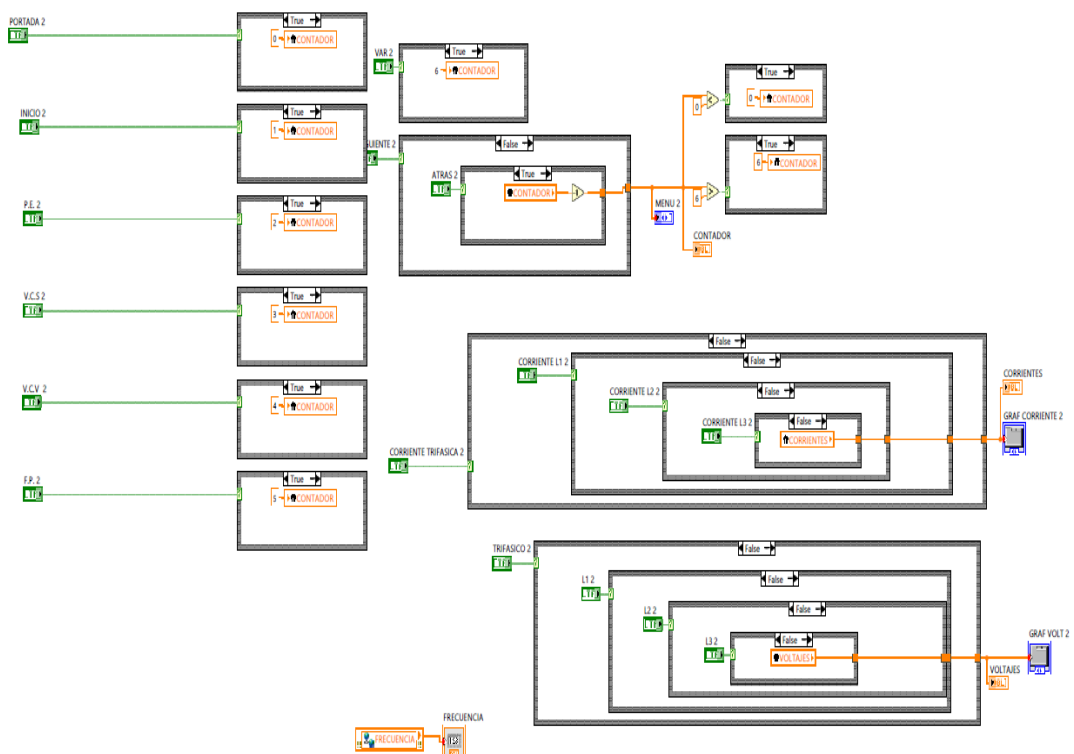


Figura 22. Programación en LabVIEW (parte 1)

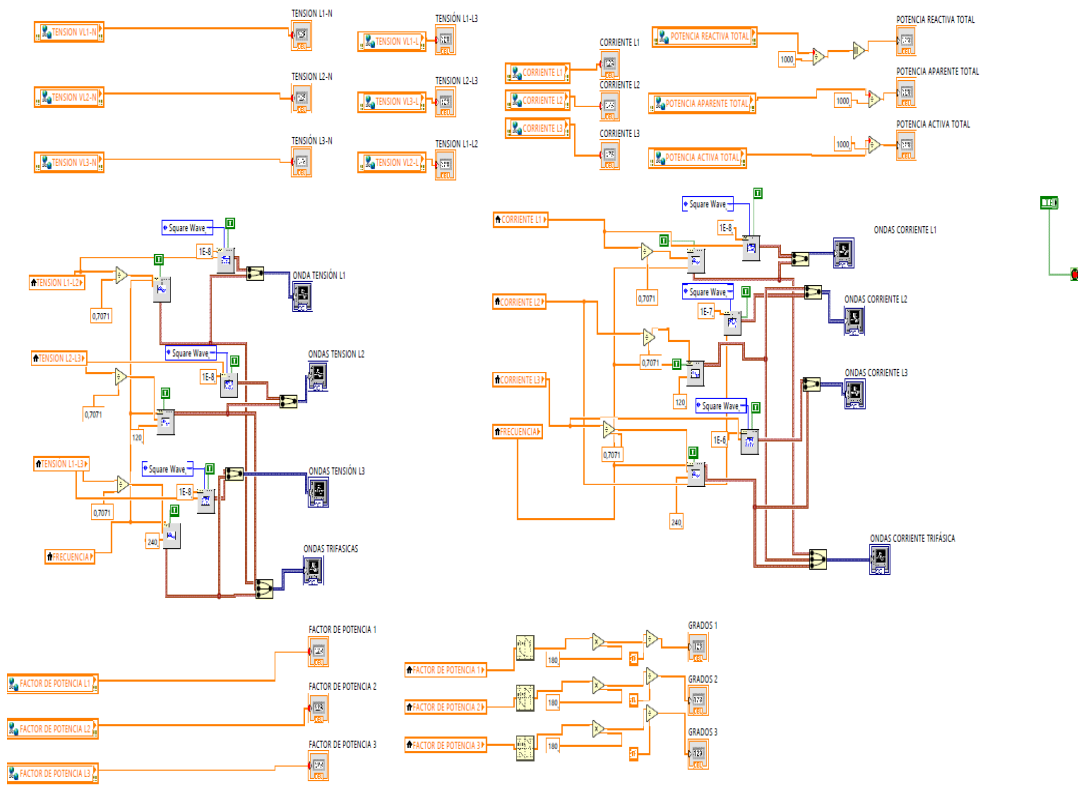


Figura 23. Programación en LabVIEW (parte 2)

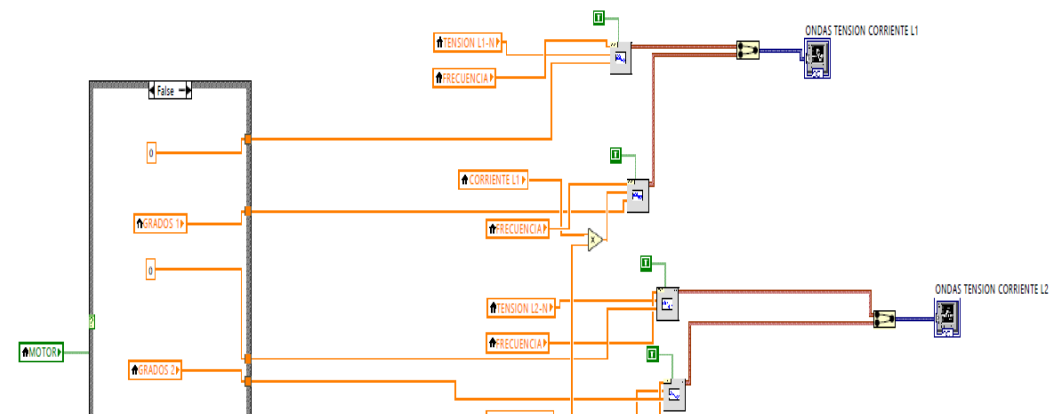


Figura 24. Programación en LabVIEW (parte 3)

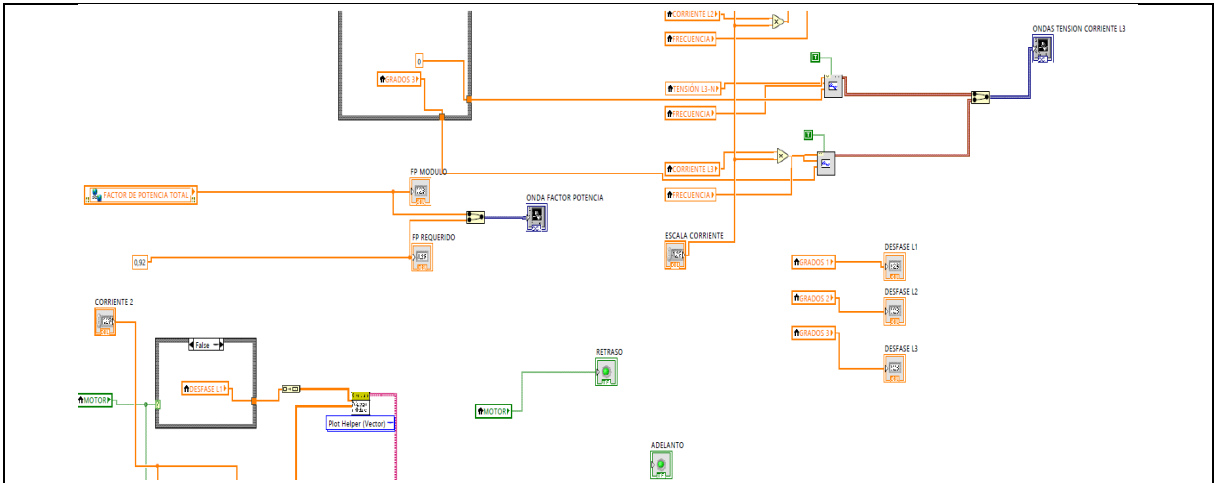


Figura 25. Programación en LabVIEW (parte 4)

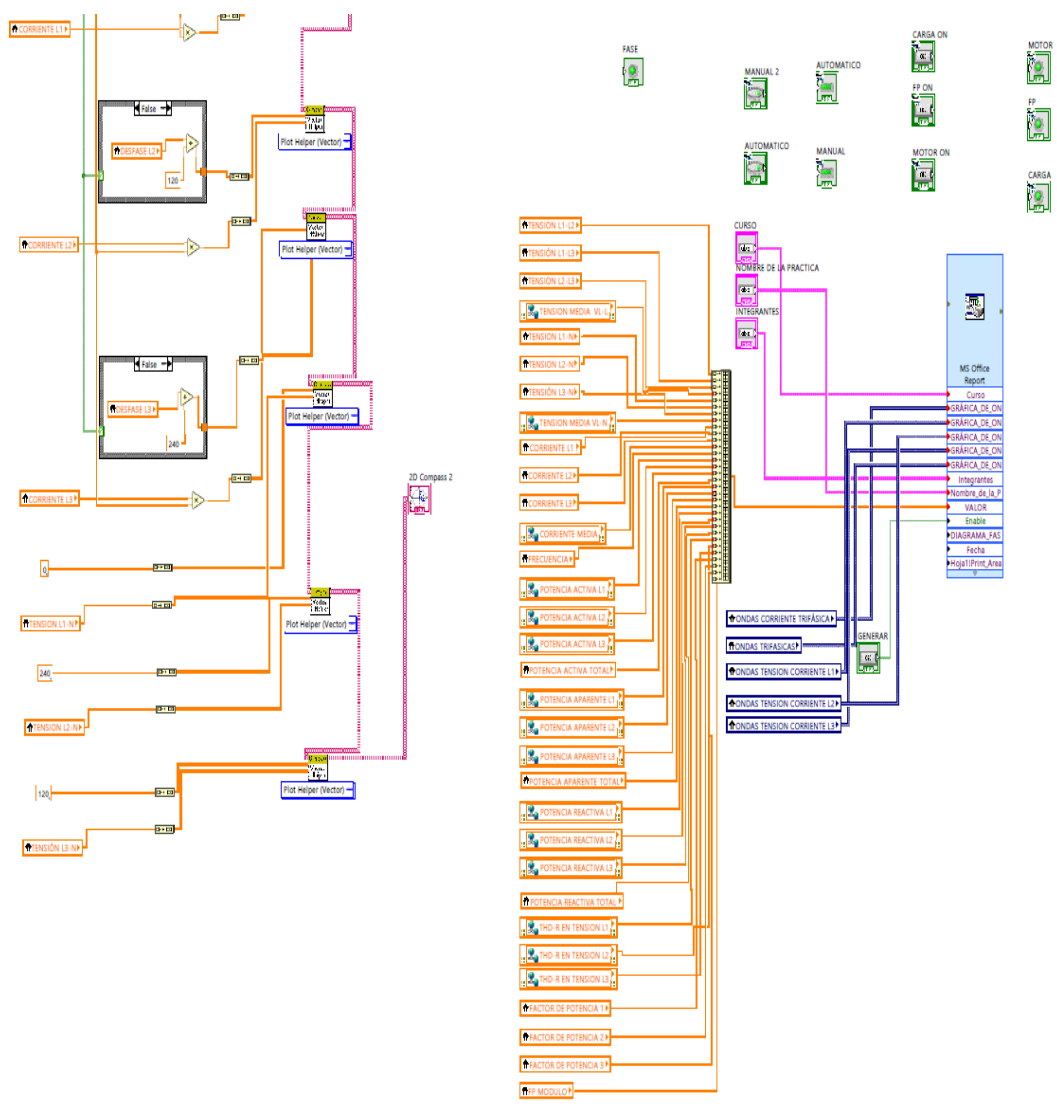


Figura 26. Programación en LabVIEW (parte 5)



Anexo 7

Comprobación de datos mediante cálculos

Parámetros eléctricos con carga inductiva

- Potencia Activa

$$P_{3\phi} = P_{L1} + P_{L2} + P_{L3}$$

$$P_{L1} = V \times I \times \cos\phi$$

$$P_{L1} = 123,63[V] \times 1,77[A] \times 0,25$$

$$P_{L1} = 54,71[W]$$

$$P_{L2} = V \times I \times \cos\phi$$

$$P_{L2} = 123,63[V] \times 1,72[A] \times 0,25$$

$$P_{L2} = 53,16[W]$$

$$P_{L3} = V \times I \times \cos\phi$$

$$P_{L3} = 124,63[V] \times 1,77[A] \times 0,26$$

$$P_{L3} = 57,35[W]$$

$$P_{3\phi} = 54,71 + 53,16 + 57,35 [W]$$

$$P_{3\phi} = 165,22[W]$$

$$P_{3\phi} = 0,17[kW]$$

- Potencia Aparente

$$S_{3\phi} = S_{L1} + S_{L2} + S_{L3}$$

$$S_{L1} = V \times I$$

$$S_{L1} = 123,63[V] \times 1,77[A]$$

$$S_{L1} = 218,82[VA]$$

$$S_{L2} = V \times I$$

$$S_{L2} = 123,63[V] \times 1,72[A]$$

$$S_{L2} = 212,64[VA]$$

$$S_{L3} = V \times I$$

$$S_{L3} = 124,63[V] \times 1,77[A]$$

$$S_{L3} = 220,6[VA]$$

$$S_{3\phi} = 218,82 + 212,64 + 220,6 [VA]$$

$$S_{3\phi} = 652,06[VA]$$

$$S_{3\phi} = 0,65 [kVA]$$

- **Potencia Reactiva**

$$Q_{3\phi} = Q_{L1} + Q_{L2} + Q_{L3}$$

$$Q_{L1} = V \times I \times \text{sen}\varphi$$

$$Q_{L1} = 123,63[V] \times 1,77[A] \times \text{sen}(75,3)$$

$$Q_{L1} = 211,66[\text{var}]$$

$$Q_{L2} = V \times I \times \text{sen}\varphi$$

$$Q_{L2} = 123,63[V] \times 1,72[A] \times \text{sen}(75,4)$$

$$Q_{L2} = 205,78[\text{var}]$$

$$Q_{L3} = V \times I \times \text{sen}\varphi$$

$$Q_{L3} = 124,63[V] \times 1,77[A] \times \text{sen}(75,1)$$

$$Q_{L3} = 213,17[\text{var}]$$

$$Q_{3\phi} = 211,66 + 205,78 + 213,17[\text{var}]$$

$$Q_{3\phi} = 630,61 [\text{var}]$$

$$Q_{3\phi} = 0,63[kvar]$$

Parámetros eléctricos con carga resistiva

- **Potencia Activa**

$$P_{3\phi} = P_{L1} + P_{L2} + P_{L3}$$

$$P_{L1} = V \times I \times \text{cos}\varphi$$

$$P_{L1} = 123,63[V] \times 2,05[A] \times 1$$

$$P_{L1} = 253,44[W]$$

$$P_{L2} = V \times I \times \text{cos}\varphi$$

$$P_{L2} = 123,63[V] \times 2,08[A] \times 1$$

$$P_{L2} = 257,15 [W]$$

$$P_{L3} = V \times I \times \text{cos}\varphi$$

$$P_{L3} = 124,63[V] \times 2,02[A] \times 1$$

$$P_{L3} = 251,75[W]$$

$$P_{3\phi} = 253,44 + 257,15 + 251,75 [W]$$

$$P_{3\phi} = 762,34[W]$$

$$P_{3\phi} = 0,76[kW]$$

- **Potencia Aparente**

$$S_{3\phi} = S_{L1} + S_{L2} + S_{L3}$$

$$S_{L1} = V \times I$$

$$S_{L1} = 123,63[V] \times 2,05[A]$$

$$S_{L1} = 253,44[VA]$$

$$S_{L2} = V \times I$$

$$S_{L2} = 123,63[V] \times 2,08[A]$$

$$S_{L2} = 257,15[VA]$$

$$S_{L3} = V \times I$$

$$S_{L3} = 124,63[V] \times 2,02[A]$$

$$S_{L3} = 251,75[VA]$$

$$S_{3\phi} = 253,44 + 257,15 + 251,75 [VA]$$

$$S_{3\phi} = 762,34[VA]$$

$$\mathbf{S_{3\phi} = 0,76 [kVA]}$$

- **Potencia Reactiva**

$$Q_{3\phi} = Q_{L1} + Q_{L2} + Q_{L3}$$

$$Q_{L1} = V \times I \times \text{sen}\phi$$

$$Q_{L1} = 123,63[V] \times 2,05[A] \times \text{sen}(0)$$

$$Q_{L1} = 0[var]$$

$$Q_{L2} = V \times I \times \text{sen}\phi$$

$$Q_{L2} = 123,63[V] \times 2,08[A] \times \text{sen}(0)$$

$$Q_{L2} = 0 [var]$$

$$Q_{L3} = V \times I \times \text{sen}\phi$$

$$Q_{L3} = 124,63[V] \times 2,02[A] \times \text{sen}(0)$$

$$Q_{L3} = 0 [var]$$

$$Q_{3\phi} = 0 + 0 + 0 [var]$$

$$Q_{3\phi} = 0 [var]$$

$$\mathbf{Q_{3\phi} = 0 [kvar]}$$

Parámetros eléctricos con carga capacitiva

- **Potencia Activa**

$$P_{3\phi} = P_{L1} + P_{L2} + P_{L3}$$

$$P_{L1} = V \times I \times \text{cos}\phi$$

$$P_{L1} = 124,13[V] \times 2,38 [A] \times 0,06$$

$$P_{L1} = -17,72[W]$$

** Nota: Valor negativo ya que los capacitores consumen potencia activa*

$$P_{L2} = V \times I \times \cos\phi$$

$$P_{L2} = 123,63[V] \times 2,49[A] \times 0,06$$

$$P_{L2} = -18,47[W]$$

$$P_{L3} = V \times I \times \cos\phi$$

$$P_{L3} = 124,63[V] \times 2,46[A] \times 0,08$$

$$P_{L3} = -24,52[W]$$

** Nota: Valor negativo ya que los capacitores consumen potencia activa*

$$P_{3\phi} = -17,58 - 18,47 - 24,62 [W]$$

$$P_{3\phi} = -60,67[W]$$

$$P_{3\phi} = -0,06[kW]$$

- Potencia Aparente

$$S_{3\phi} = S_{L1} + S_{L2} + S_{L3}$$

$$S_{L1} = V \times I$$

$$S_{L1} = 124,13[V] \times 2,38 [A]$$

$$S_{L1} = 295,43[VA]$$

$$S_{L2} = V \times I$$

$$S_{L2} = 123,63[V] \times 2,49[A]$$

$$S_{L2} = 315,31[VA]$$

$$S_{L3} = V \times I$$

$$S_{L3} = 124,63[V] \times 2,46[A]$$

$$S_{L3} = 306,59[VA]$$

$$S_{3\phi} = 295,43 + 315,31 + 306,59 (VA)$$

$$S_{3\phi} = 917,33[VA]$$

$$S_{3\phi} = 0,91[kVA]$$

- Potencia Reactiva

$$Q_{3\phi} = Q_{L1} + Q_{L2} + Q_{L3}$$

$$Q_{L1} = V \times I \times \sin\phi$$

$$Q_{L1} = 124,13[V] \times 2,38[A] \times \sin(86,5)$$

$$Q_{L1} = 294,88[var]$$

$$Q_{L2} = V \times I \times \text{sen}\varphi$$

$$Q_{L2} = 123,63[V] \times 2,49[A] \times \text{sen}(86,8)$$

$$Q_{L2} = 307,35 [\text{var}]$$

$$Q_{L3} = V \times I$$

$$Q_{L3} = 124,63[V] \times 2,46[A] \times \text{sen}(85,6)$$

$$Q_{L3} = 305,69 [\text{var}]$$

$$Q_{3\phi} = 294,88 + 307,35 + 305,69[\text{var}]$$

$$Q_{3\phi} = 907,92[\text{var}]$$

$$Q_{3\phi} = \mathbf{0,91 [kvar]}$$

Parámetros eléctricos con carga combinada

- Potencia Activa

$$P_{3\phi} = P_{L1} + P_{L2} + P_{L3}$$

$$P_{L1} = V \times I \times \text{cos}\varphi$$

$$P_{L1} = 124,63[V] \times 2,44[A] \times 0,95$$

$$P_{L1} = 288,9[W]$$

$$P_{L2} = V \times I \times \text{cos}\varphi$$

$$P_{L2} = 124,63[V] \times 2,5[A] \times 0,93$$

$$P_{L2} = 289,76[W]$$

$$P_{L3} = V \times I \times \text{cos}\varphi$$

$$P_{L3} = 125,63[V] \times 2,46[A] \times 0,93$$

$$P_{L3} = 287,42[W]$$

$$P_{3\phi} = 288,9 + 289,76 + 287,42 [W]$$

$$P_{3\phi} = 866,08[W]$$

$$P_{3\phi} = \mathbf{0,87[kW]}$$

- Potencia Aparente

$$S_{3\phi} = S_{L1} + S_{L2} + S_{L3}$$

$$S_{L1} = V \times I$$

$$S_{L1} = 124,63[V] \times 2,44[A]$$

$$S_{L1} = 304,1 [VA]$$

$$S_{L2} = V \times I$$

$$S_{L2} = 124,63[V] \times 2,5[A]$$

$$S_{L2} = 311,58[VA]$$

$$S_{L3} = V \times I$$

$$S_{L3} = 125,63[V] \times 2,46[A]$$

$$S_{L3} = 309,05[VA]$$

$$S_{3\emptyset} = 304,1 + 311,58 + 309,05 [VA]$$

$$S_{3\emptyset} = 924,73[VA]$$

$$\mathbf{S_{3\emptyset} = 0,92[kVA]}$$

- **Potencia Reactiva**

$$Q_{3\emptyset} = Q_{L1} + Q_{L2} + Q_{L3}$$

$$Q_{L1} = V \times I \times \text{sen}\varphi$$

$$Q_{L1} = 124,63[V] \times 2,44[A] \times \text{sen}(18,2)$$

$$Q_{L1} = 94,98[var]$$

$$Q_{L2} = V \times I \times \text{sen}\varphi$$

$$Q_{L2} = 124,63[V] \times 2,5[A] \times \text{sen}(21,5)$$

$$Q_{L2} = 114,2[var]$$

$$Q_{L3} = V \times I$$

$$Q_{L3} = 125,63[V] \times 2,46[A] \times \text{sen}(22,1)$$

$$Q_{L3} = 116,27[var]$$

$$Q_{3\emptyset} = 94,98 + 114,2 + 116,27[var]$$

$$Q_{3\emptyset} = 325,45 [var]$$

$$\mathbf{Q_{3\emptyset} = 0,33 [kvar]}$$





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
Carrera de Ingeniería Electromecánica



Anexo 8

Guías de Prácticas de experimentación y Manual de Operación-Mantenimiento

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
	GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO	
	UTC-MT-CIYA-IELM-LAB-GELAB-01-REG-03	

LABORATORIO DE CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ELABORADO POR: Docente	REVISADO POR: Laboratorista	APROBADO POR: Director de carrera
Fecha:	Fecha:	Fecha:
Firma:	Firma:	Firma:

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTROMECÁNICA	IELM 306	

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Eléctrica	DURACIÓN (HORAS)
01	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Visualización y medición de parámetros eléctricos con carga inductiva	2

1	OBJETIVO
<p>Visualizar el comportamiento de las variables eléctricas (tensión, corriente, potencia) en una red trifásica con cargas desequilibradas (inductiva, resistiva y capacitiva), para comprobar los datos emitidos por el instrumento de medición SENTRON PAC 3220 y observarlos en el software LabVIEW</p>	

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
<p>2.1. INTRODUCCIÓN</p> <p style="text-align: center;">CARGA INDUCTIVA</p> <p>Una carga inductiva es parte de un circuito eléctrico que usa energía magnética para producir trabajo. La mayoría de los aparatos eléctricos, motores y otros dispositivos se pueden clasificar como inductivos y esto generalmente tiene que ver con la forma en que absorben y procesan la energía [1].</p> <p>MOTOR ELÉCTRICO</p> <p>Son máquinas eléctricas que transforman energía mecánica la energía eléctrica que absorben por sus bornes [2]</p> <p>CONEXIÓN DELTA O TRIÁNGULO</p> <p>La conexión Delta, se le conoce también como conexión triángulo, por su similitud con el símbolo griego Delta. Es una forma de configuración en donde cada lado de este triángulo dispone de una fuente de voltaje, sin que exista una conexión en un punto en común. Al no existir un punto que conecte las tres fuentes, no se requiere un cable neutro como si ocurre con la "Y", de este modo, si una de las fuentes de voltaje falla, no afectaría el voltaje del</p>	

sistema en general, siendo esa una de las principales diferencias entre conexiones estrella y triángulo.

En esta conexión las bobinas crean tres voltajes desfasados, cada uno con una intensidad diferente. Se trata entonces de una conexión serial en el cual las bobinas del motor van conectadas una a otra, suministrando una conexión trifásica a cada nodo [3].

2.2. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Fuente de alimentación 220V.
- SENTRON PAC 3220.
- Multímetro.
- Cables para realizar la conexión.
- Módulo para visualizar la corrección del factor de potencia.
- Hoja de práctica.

2.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD

- Verificar que el equipo no este energizado.
- Realizar las conexiones de las cargas con la protección eléctrica abierta.
- Verificar el estado de los cables.
- Realizar correctamente la conexión del motor y de la carga resistiva.
- **EPP:** Mandil.

Instrucciones de seguridad:

- Lea y comprenda la presente guía de laboratorio.
- Lea y comprenda el manual de seguridad y operación del equipo de experimentación.
- Siga las instrucciones correspondientes para el correcto funcionamiento del equipo.
- No corra dentro del laboratorio.
- Absténgase de usar el teléfono celular.
- Aleje sus manos del motor.

2.4. TRABAJO PREPARATORIO

¿Qué es una carga desequilibrada?

Sistema de cargas desequilibrado, cuando las impedancias de las cargas son distintas y hacen que por el receptor circulen intensidades de fase distintas.

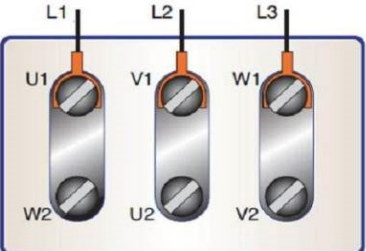
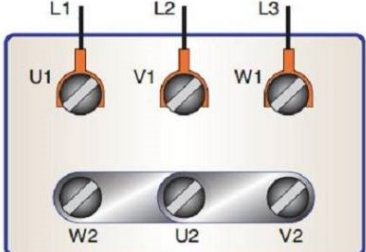
¿Defina el factor de potencia?

El factor de potencia es una medida de la eficiencia o rendimiento de nuestro sistema eléctrico. Este indicador mide el aprovechamiento de la energía (la cantidad requerida para transformar en trabajo).

¿Determina la clasificación de las potencias con su respectiva fórmula?

Nombre	Característica	Fórmula
1. Potencia Reactiva	Capacidad para transformar la energía eléctrica en trabajo útil (2)	$V * I * \cos\varphi$ (2)
2. Potencia Activa	Se mide en voltamperios (3)	$V * I$ (3)
3. Potencia Aparente	No produce potencia útil (1)	$V * I * \sen\varphi$ (1)

¿Determina cuál es la conexión delta o triángulo y la conexión estrella?

GRÁFICO	TIPO DE CONEXIÓN
	<p>Delta o triángulo</p> <hr/>
	<p>Estrella</p> <hr/>

2.5 ACTIVIDADES A DESARROLLAR

- 1) Alimentar el módulo mediante la conexión trifásica.



Figura 1. Alimentación trifásica del sistema

- 2) Encender el módulo mediante el accionamiento del breaker Q0 el cual permite la energización del total del mismo.

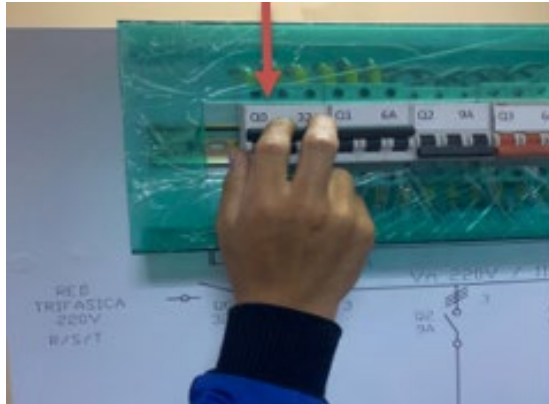


Figura 2. Accionamiento del breaker Q0

- 3) Accione el selector de energización “ENCENDIDO” para su operación (habilitación de energía al CPU, la pantalla, SENTRON PAC 3220 y PLC S7-1200).



Figura 3. Selector de Encendido

- 4) Encender el computador para la utilización del software LabVIEW 2019, lo cual permitirá la visualización de datos de las variables eléctricas y las señales senoidales de la carga.



Figura 4. Encendido del computador

- 5) Asegurarse que los breakers Q1, Q2, Q3 y Q4 estén en contacto abierto, evitando la energización de cada carga del módulo.



Figura 5. Breakers Q1, Q2, Q3 y Q4 desenergización

- 6) Realizar la conexión triángulo del motor trifásico en el módulo mediante los pines respectivos

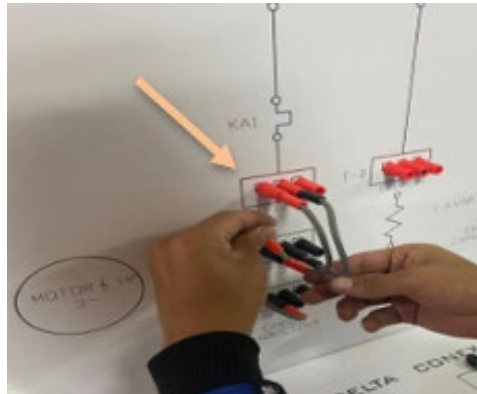


Figura 6. Conexión en triángulo para el motor

- 7) Accionar el breaker Q4 para la obtención de datos del SENTRON PAC 3220

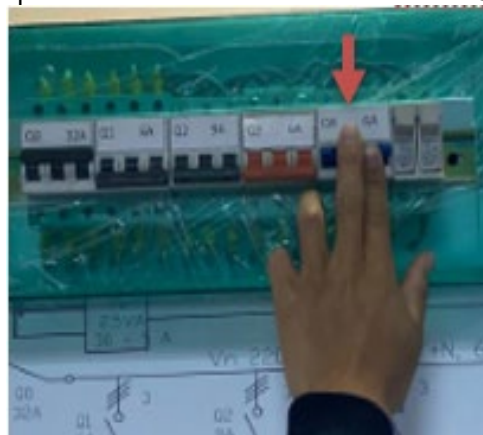


Figura 7. Accionamiento del breaker Q4

- 8) Accionar el breaker Q1 para energizar el motor.

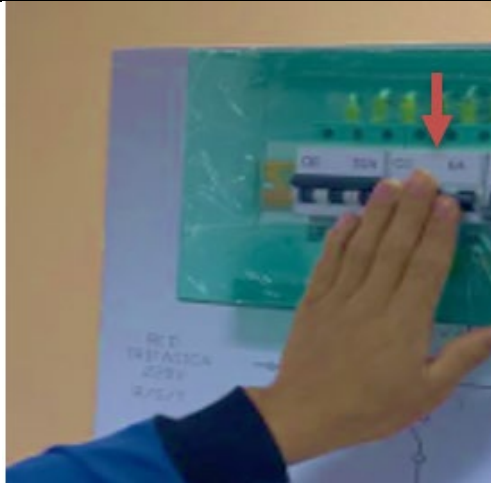


Figura 8. Accionamiento del breaker Q1

- 9) Accione el selector de Motor para el funcionamiento del mismo.



Figura 9. Selector del Motor

- 10) En la parte de escritorio se encuentra una aplicación del factor de potencia, la misma que dirige al software que permite la visualización de los parámetros eléctricos con sus respectivas ondas del proceso en tiempo real

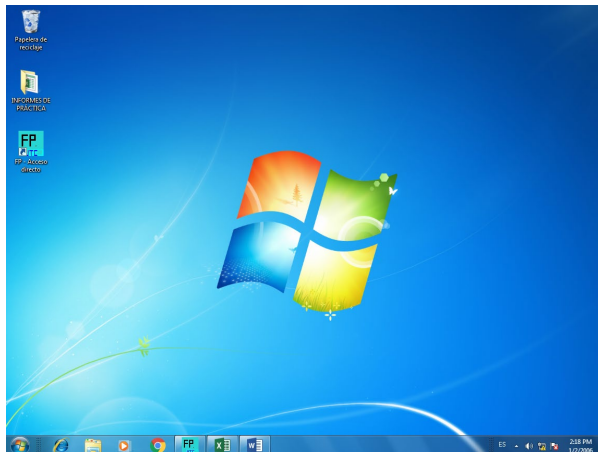


Figura 9. Escritorio de la computadora del módulo

11) Se procede a dar clic en el icono de la figura 10.

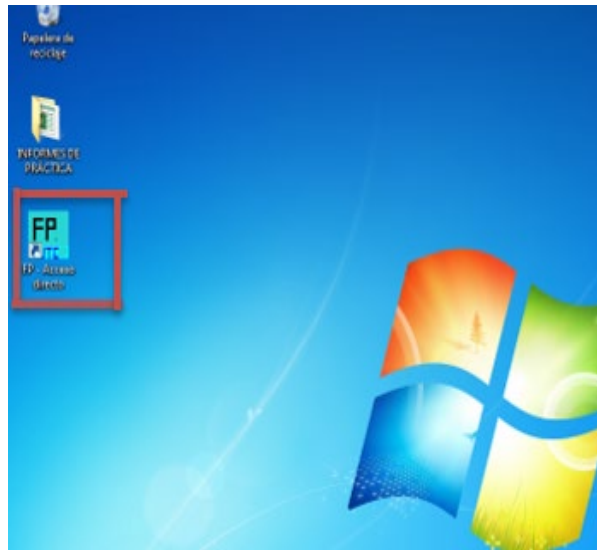


Figura 10. Archivo factor de potencia LabView Project

12) En la ventana principal del software, se encuentra los datos de los autores de la tesis.



Figura 11. Pantalla principal

13) Seleccionar el botón siguiente para dirigirse al menú principal que permitirá la interacción con las diferentes opciones que permite el programa.



Figura 12. Selección del botón 'SIGUIENTE'

14) Escoger el modo de manipulación del equipo ya sea manual que permitirá el accionamiento del resto de cargas mediante las perillas o virtual que permitirá el accionamiento mediante botones en el software.

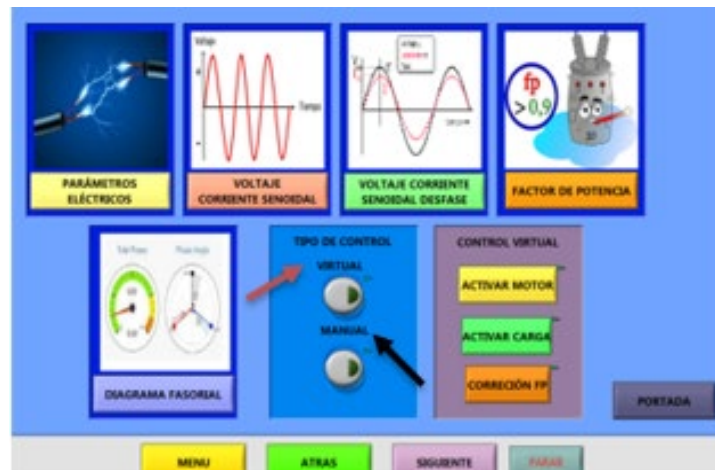


Figura 13. Modo de manipulación del sistema

- 15) Una vez escogido el modo de manipulación del equipo, se selecciona las diferentes categorías de visualización que nos ofrece el software.

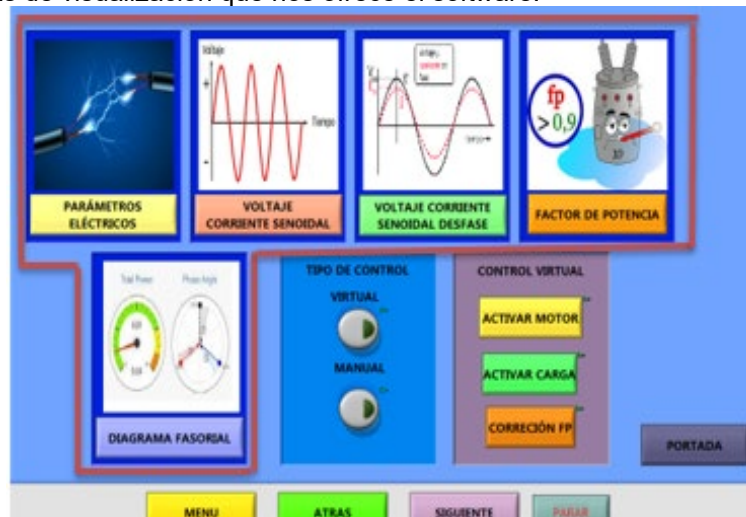


Figura 14. Visualización de parámetros eléctricos del sistema

- 16) En la pantalla visualizar y anotar los datos que nos aporta cada uno de los parámetros eléctricos cuando se trabaja con carga inductiva.
- 17) Se comparará los datos del interfaz gráfico con el multímetro digital
- 18) Manipulación del SENTRON PAC 3220:
- Con el número 1, la tecla se activa una vez mediante una breve pulsación de su superficie y está retrocede para visualizar los valores de los parámetros eléctricos.
 - Con el número 2, la tecla se activa una vez mediante una breve pulsación de su superficie y está avanza para visualizar los valores de los parámetros eléctricos ver figura 15.



Figura 15. SENTRON PAC 3220

2.5.1 METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

Para poder realizar esta práctica se requiere seguir el siguiente proceso:

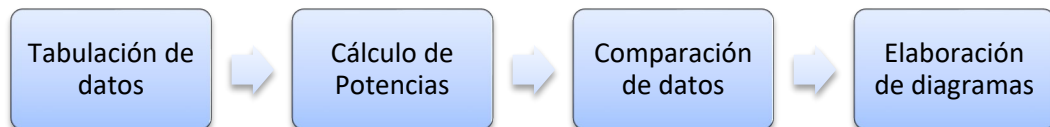


Figura 16. Metodología para la práctica

Tabulación de datos. – Una vez realizada los pasos descritos en las actividades a desarrollar, se procede a tabular los datos en la tabla 1, adquiridos por el software para realizar los cálculos respectivos de potencias, todo se realizará en el informe de práctica.

Cálculo de Potencias. - Una vez tabulados los datos necesarios se procede al cálculo de las potencias activas, reactiva y aparente para su posterior comparación con los datos obtenidos en el software LabVIEW, con el SENTRON PAC 3220.

- **Potencia Activa**

$$P_L = V \times I \times \cos\phi$$

Ecuación 1

- **Potencia Reactiva**

$$S_L = V \times I$$

Ecuación 2

- **Potencia Reactiva**

$$Q_L = V \times I \times \sin\phi$$

Ecuación 3

- **Factor de Potencia**

$$FP = \frac{P_{3\phi}}{S_{3\phi}}$$

Ecuación 4

En estas fórmulas descritas se encontrará las potencias para cada línea, posterior a eso para obtener la total, se requiere realizar una sumatoria de cada línea que conforma el sistema trifásico

Comparación de datos. – Se elabora la tabla 2 donde se compara los datos cálculos con los datos que nos arroja el software

Elaboración de diagramas. – Se dibuja los diagramas fasoriales, triángulos de potencias, ondas senoidales tensión – corriente.

2.6 BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- [1] SPIEGATO, «¿Qué es una carga inductiva?,» [En línea]. Available: <https://spiegato.com/es/que-es-una-carga-inductiva#:~:text=Una%20carga%20inductiva%20es%20parte,absorben%20y%20procesan%20la%20energ%C3%ADa..> [Último acceso: 08 02 2022].
- [2] MHEducation, «Motores Eléctricos,» [En línea]. Available: <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448173104.pdf>. [Último acceso: 08 02 2022].
- [3] Anónimo, «SUBBIR,» 12 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://subir.cc/conexiones-estrella-y-triangulo/>. [Último acceso: 25 Enero 2022].

INFORME DE PRÁCTICA

Nota: El informe debe ser conciso, simple y claro, no debe contener más de 5 hojas, debe ser desarrollado a mano, no carátula, no carpetas, no binchas, se debe presentar grapado y ocupando toda el área de la hoja.

TEMA:

NÚMERO DE PRÁCTICA:

NOMBRE(S):

FECHA:

1 RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabulación de datos obtenidos en el software

Tabla 1: Tabulación de datos obtenidos en el software

MEDICIÓN DE TENSIÓN L-L		
MAGNITUD	VALOR	UNIDAD
Tensión VL1 – L2	218,26	(Voltios)
Tensión VL1 – L3	216,26	(Voltios)
Tensión VL2 – L3	217,25	(Voltios)
MEDICIÓN DE TENSIÓN L-N		
Tensión VL1 – N	124,65	(Voltios)
Tensión VL2 – N	125,13	(Voltios)
Tensión VL3 – N	126,13	(Voltios)
MEDICIÓN DE CORRIENTE		
Corriente L1	1,81	(Amperios)
Corriente L2	2,44	(Amperios)
Corriente L3	1,82	(Amperios)
MEDICIÓN DE FACTOR DE POTENCIA		
L1	0,25	75,3 °
L2	0,53	58,1 °
L3	0,25	75,3 °
Factor de Potencia Total	0,36	68,89°

2 Cálculo matemático

Encontrar las potencias activa, reactiva y aparente en función a los datos tabulados

- **Potencia Activa**

$$P_{3\phi} = P_{L1} + P_{L2} + P_{L3}$$

$$P_{L1} = V \times I \times \cos\phi$$

$$P_{L1} = 123,63[V] \times 1,77[A] \times 0,25$$

$$P_{L1} = 54,71[W]$$

$$P_{L2} = V \times I \times \cos\phi$$

$$P_{L2} = 123,63[V] \times 1,72[A] \times 0,25$$

$$P_{L2} = 53,16[W]$$

$$P_{L3} = V \times I \times \cos\varphi$$

$$P_{L3} = 124,63[V] \times 1,77[A] \times 0,26$$

$$P_{L3} = 57,35[W]$$

$$P_{3\phi} = 54,71 + 53,16 + 57,35 [W]$$

$$P_{3\phi} = 165,22[W]$$

$$\mathbf{P_{3\phi} = 0,17[kW]}$$

- **Potencia Aparente**

$$S_{3\phi} = S_{L1} + S_{L2} + S_{L3}$$

$$S_{L1} = V \times I$$

$$S_{L1} = 123,63[V] \times 1,77[A]$$

$$S_{L1} = 218,82[VA]$$

$$S_{L2} = V \times I$$

$$S_{L2} = 123,63[V] \times 1,72[A]$$

$$S_{L2} = 212,64[VA]$$

$$S_{L3} = V \times I$$

$$S_{L3} = 124,63[V] \times 1,77[A]$$

$$S_{L3} = 220,6[VA]$$

$$S_{3\phi} = 218,82 + 212,64 + 220,6 [VA]$$

$$S_{3\phi} = 652,06[VA]$$

$$\mathbf{S_{3\phi} = 0,65 [kVA]}$$

- **Potencia Reactiva**

$$Q_{3\phi} = Q_{L1} + Q_{L2} + Q_{L3}$$

$$Q_{L1} = V \times I \times \text{sen}\varphi$$

$$Q_{L1} = 123,63[V] \times 1,77[A] \times \text{sen}(75,3)$$

$$Q_{L1} = 211,66[var]$$

$$Q_{L2} = V \times I \times \text{sen}\varphi$$

$$Q_{L2} = 123,63[V] \times 1,72[A] \times \text{sen}(75,4)$$

$$Q_{L2} = 205,78[var]$$

$$Q_{L3} = V \times I \times \text{sen}\varphi$$

$$Q_{L3} = 124,63[V] \times 1,77[A] \times \text{sen}(75,1)$$

$$Q_{L3} = 213,17[\text{var}]$$

$$Q_{3\phi} = 211,66 + 205,78 + 213,17[\text{var}]$$

$$Q_{3\phi} = 630,61 [\text{var}]$$

$$Q_{3\phi} = 0,63[\text{kvar}]$$

3

COMPARACIÓN DE DATOS

Tabla de comparación de datos, calculados respecto a obtenidos por el software

Tabla 2: Comparación de datos

Comparación de datos obtenidos vs calculados				
Parámetros	Datos obtenidos en LabVIEW		Datos calculados	
P. Activa	0,28	kW	0,28	kW
P. Reactiva	0,65	kVAR	0,69	kVAR
P. Aparente	0,76	kVA	0,76	kVA

Análisis:

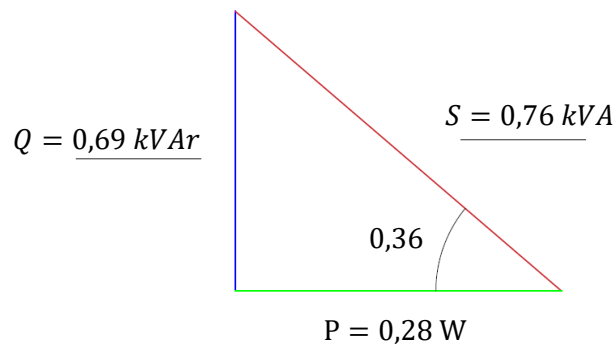
Respecto a la comparación de datos cálculos respecto a los obtenidos existe una mínima diferencia en la potencia reactiva, esta pequeña variación puede deberse a dos aspectos, el uso de decimales aproximados y la toma de datos de LabVIEW en tiempo real, de igual manera la variación de resultados es mínima.

4

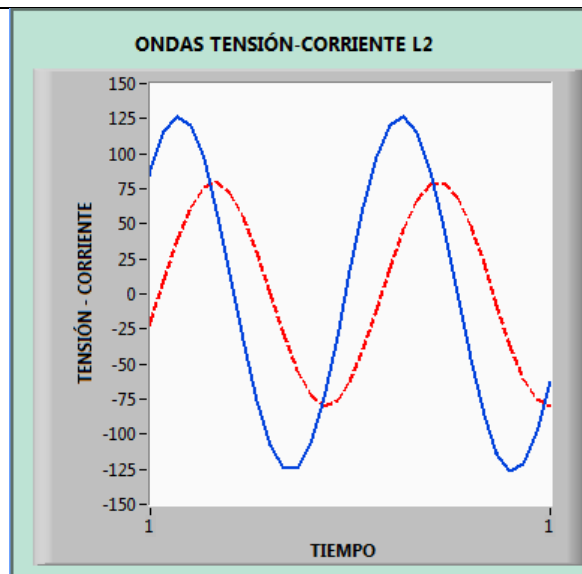
ELABORACIÓN DE DIAGRAMAS

Elabore los diagramas: triángulo de potencias, diagramas fasoriales y ondas senoidales tens corriente con los datos calculados

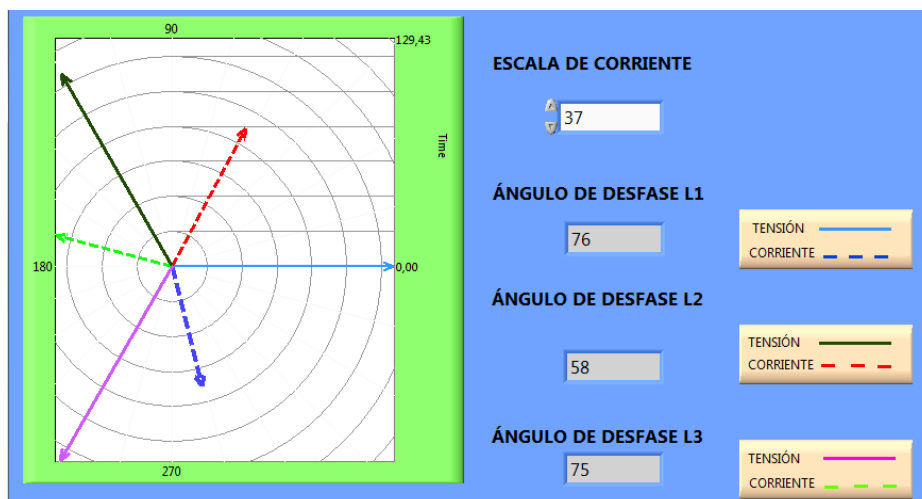
- Triángulo de Potencias



- Ondas Senoidales Tensión – Corriente (Escoger la línea de preferencia)



- Diagrama Fasorial



5

CUESTIONARIO

Describe el proceso de la práctica

1.- ¿Cuáles son las causas del bajo factor de potencia?

El bajo factor de potencia es causado por cargas inductivas (como transformadores, motores eléctricos e iluminación de descarga de alta intensidad), que son una parte importante de la energía consumida en los complejos industriales.

2.- ¿Cuál es la importancia de visualizar el proceso de corrección del factor de potencia?

El interactuar de manera gráfica y textual con los parámetros eléctricos de cada una de las cargas nos ayuda a entender de mejor manera el comportamiento de cada variable eléctrica como es tensión, corriente y potencias con respecto a las cargas (inductivas, resistivas y capacitivas).

3.- ¿Qué nos indica una corriente retrasada con respecto a la tensión?

Un factor de potencia atrasado significa que la corriente se retrasa con respecto a la tensión, lo que implica carga inductiva. Potencia reactiva positiva.

6

CONCLUSIONES

Escriba por lo menos 3 conclusiones

- Se observó que cuando se trabaja con una carga inductiva tenemos un bajo factor de potencia.
- En la onda senoidal voltaje corriente se produce un retraso de la corriente con respecto al voltaje
- Los valores calculados de las potencias tienen un margen de error mínimo con respecto a los valores que el sistema nos arroja.

7

ANEXOS



Colocar el informe que genera el LabView

8

BIBLIOGRAFÍA

Poner la bibliografía utilizada utilizando un formato estandarizado

- [1] SPIEGATO, «¿Qué es una carga inductiva?,» [En línea]. Available: <https://spiegato.com/es/que-es-una-carga-inductiva#:~:text=Una%20carga%20inductiva%20es%20parte,absorben%20y%20procesan%20la%20energ%C3%ADa..> [Último acceso: 08 02 2022].
- [2] MHEducation, «Motores Eléctricos,» [En línea]. Available: <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448173104.pdf>. [Último acceso: 08 02 2022].
- [3] Anónimo, «SUBBIR,» 12 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://subir.cc/conexiones-estrella-y-triangulo/>. [Último acceso: 25 Enero 2022].

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
	GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO	
	UTC-MT-CIYA-IELM-LAB-GELAB-01-REG-03	

LABORATORIO DE CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
--

ELABORADO POR: Docente	REVISADO POR: Laboratorista	APROBADO POR: Director de carrera
Fecha:	Fecha:	Fecha:
Firma:	Firma:	Firma:

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA	IELM 306	

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Eléctrica	DURACIÓN (HORAS)
03	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Visualización y medición de parámetros eléctricos con carga capacitiva	2

1	OBJETIVO
<p>Visualizar el comportamiento de las variables eléctricas (tensión, corriente, potencia) en una red trifásica con cargas desequilibradas (inductiva, resistiva y capacitiva), para comprobar los datos emitidos por el instrumento de medición SENTRON PAC 3220 y observarlos en el software LabVIEW</p>	

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
<p>2.1. INTRODUCCIÓN</p> <p style="text-align: center;">CARGA CAPACITIVA</p> <p>En las cargas capacitivas la corriente se encuentra adelantada con respecto a la tensión en 90°, su aplicación es muy útil para lograr la corrección del factor de potencia, el capacitor se carga y descarga (usa la potencia y la regresa, pero no la consume). Se encuentran en banco de condensadores, motores [1].</p> <p style="text-align: center;">BANCO DE CONDENSADORES</p> <p>Los condensadores almacenan energía eléctrica, y los bancos de condensadores son la unión de varios condensadores conectados entre sí que compensan la energía reactiva y aumentan el factor de potencia. Esto resulta en una rejilla más estable con mayor capacidad de transmisión y pérdidas reducidas.</p> <p>Dicha Energía Reactiva es absorbida por los condensadores, los cuales estabilizan la carga y evitan que sea transmitida a la red del operador. Esta acción recibe el nombre de compensación de energía.</p> <p>Existen varias ventajas de instalar un banco de condensadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuentan con una vida útil muy larga gracias a sus materiales de fabricación resistentes. 	

- Mantenimiento sencillo y de bajo costo
- Son fabricados con altas medidas de seguridad evitando el peligro en caso de una falla en la red eléctrica o de algún accidente.
- Elimina la penalización por energía reactiva, reduciendo el valor total de la factura mensual de energía.
- Reduce las caídas de tensión.
- Disminuye las pérdidas de la red eléctrica por calentamientos en sus componentes.
- Aumenta la vida útil de sus equipos y maquinarias [2].

Condensadores estáticos

El condensador estático recibe este nombre, debido a que no tiene partes móviles.

Son los más aconsejables para uso en plantas industriales ya que presenta las siguientes ventajas:

- Alto rendimiento 99% o más para potencias pequeñas
- No necesitan de combustible para la operación
- La energía eléctrica que consume es menor de 3vatios por kVAr
- Su mantenimiento es casi nulo
- La conexión y desconexión del equipo es más sencilla

También presentan las siguientes desventajas

- Cuando la planta está funcionando pueden aparecer ondas armónicas grandes por estar en resonancia con el transformador, causando un calentamiento excesivo de los condensadores [3].

2.2. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Fuente de alimentación 220V.
- SENTRON PAC 3220.
- Multímetro digital.
- Cables para realizar la conexión.
- Módulo para visualizar la corrección del factor de potencia.
- Hoja de práctica.

2.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD

- Verificar que el equipo no este energizado.
- Realizar las conexiones de las cargas con la protección eléctrica abierta.
- Verificar el estado de los cables.
- Realizar correctamente la conexión del motor y de la carga resistiva.
- **EPP:** Mandil.

Instrucciones de seguridad:

- Lea y comprenda la presente guía de laboratorio.
- Lea y comprenda el manual de seguridad y operación del equipo de experimentación.
- Siga las instrucciones correspondientes para el correcto funcionamiento del equipo.
- No corra dentro del laboratorio.
- Absténgase de usar el teléfono celular.
- Aleje sus manos del motor.

2.4. TRABAJO PREPARATORIO

¿Qué es un condensador?

Un condensador es un componente eléctrico que almacena carga eléctrica en forma de diferencia de potencial para liberarla posteriormente. También se suele llamar capacitor eléctrico.

¿Cuáles son los diferentes tipos de banco de condensadores?

Banco de condensadores de tipo fijo y banco de condensadores de tipo automático

¿Cuál es la diferencia entre carga inductiva y carga capacitiva?

Las cargas capacitivas incluyen la energía almacenada en materiales y dispositivos, como los condensadores, y provocan que los cambios en la tensión se retrasen respecto de los cambios en la corriente. Las cargas inductivas generalmente son aquellas en las que la electricidad circula a través de bobinas. Normalmente son motores.

2.5 ACTIVIDADES A DESARROLLAR

- 1) Alimentar el módulo mediante la conexión trifásica.



Figura 1. Alimentación trifásica del sistema

- 2) Encender el módulo mediante el accionamiento del breaker Q0 el cual permite la energización del total del mismo.



Figura 2. Accionamiento del breaker Q0

- 3) Accione el selector de energización “ENCENDIDO” para su operación (habilitación de energía al CPU, la pantalla, SENTRON PAC 3220 y PLC S7-1200).



Figura 3. Selector de Encendido

- 4) Encender el computador para la utilización del software LabVIEW 2019, lo cual permitirá la visualización de datos de las variables eléctricas, las señales senoidales de la carga y diagramas fasoriales.



Figura 4. Encendido del computador

- 5) Asegurarse que los breakers Q1, Q2, Q3 y Q4 estén en contacto abierto, evitando la energización de cada carga del módulo.

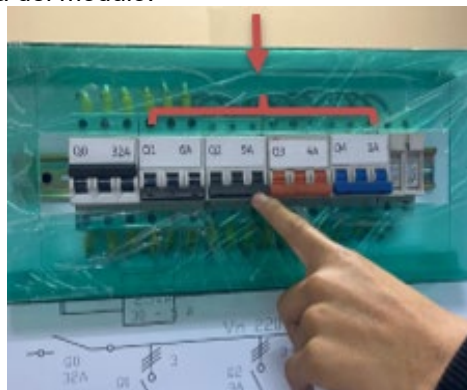


Figura 5. Breakers Q1, Q2, Q3 y Q4 desenergización

- 6) Accionar el breaker Q4 para la obtención de datos del Sentron Pac3220

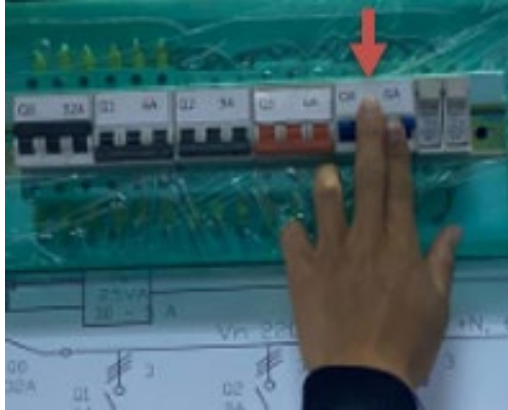


Figura 7. Accionamiento del breaker Q4

- 7) Accione Q3 para energizar los condensadores

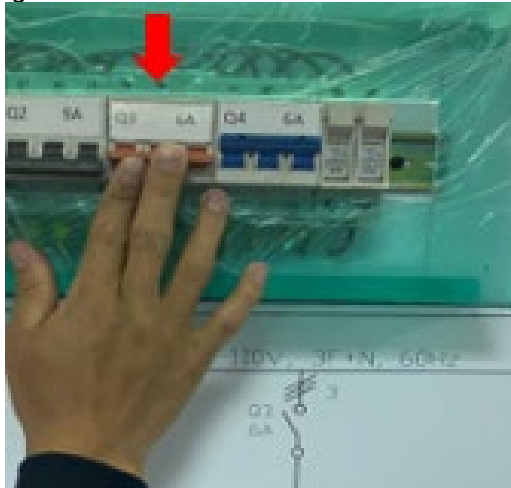


Figura 8. Accionamiento del breaker Q3

- 8) Accione el selector de CORRECCIÓN F.P. para el funcionamiento de los condensadores



Figura 9. Selector de la carga capacitiva

- 9) En la parte de escritorio se encuentra una aplicación del factor de potencia, la misma que dirige al software que permite la visualización de los parámetros eléctricos con sus respectivas ondas del proceso en tiempo real.

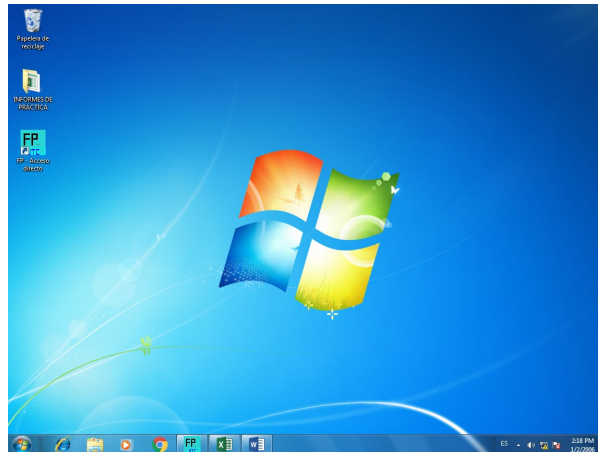


Figura 10. Escritorio de la computadora del módulo

10) Se procede a dar clic en el icono de la figura 11.

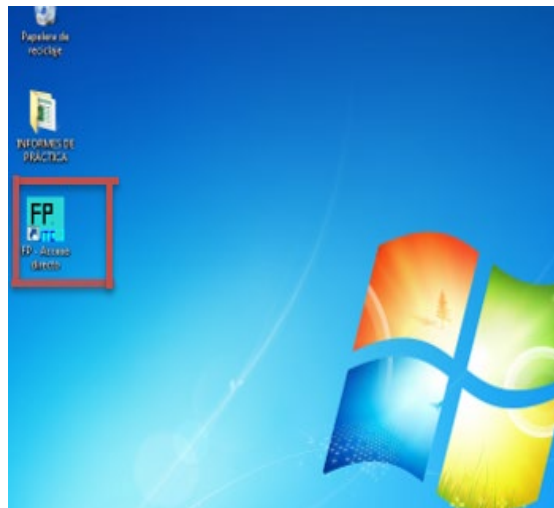


Figura 11. Aplicación del factor de potencia

11) En la ventana principal del software, se encuentra los datos de los autores de la tesis.



Figura 12. Pantalla principal

- 12) Seleccionar el botón siguiente para dirigirse al menú principal que permitirá la interacción con las diferentes opciones que permite el programa.

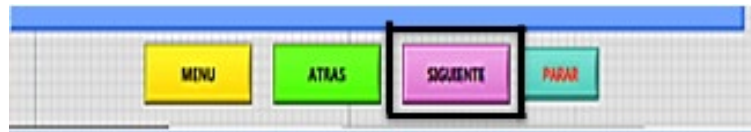


Figura 13. Selección del botón 'SIGUIENTE'

- 13) Escoger el modo de manipulación del equipo ya sea manual que permitirá el accionamiento del resto de cargas mediante las perillas o virtual que permitirá el accionamiento mediante botones en el software.

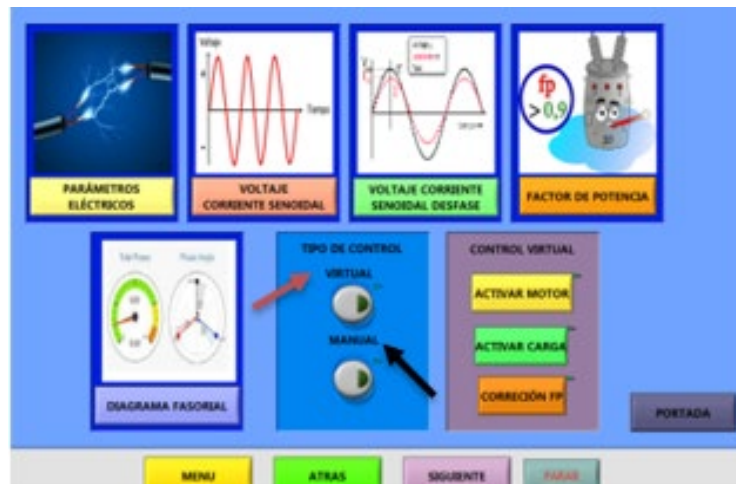


Figura 14. Modo de manipulación del sistema

- 14) Una vez escogido el modo de manipulación del equipo, se selecciona las diferentes categorías de visualización que nos ofrece el software.

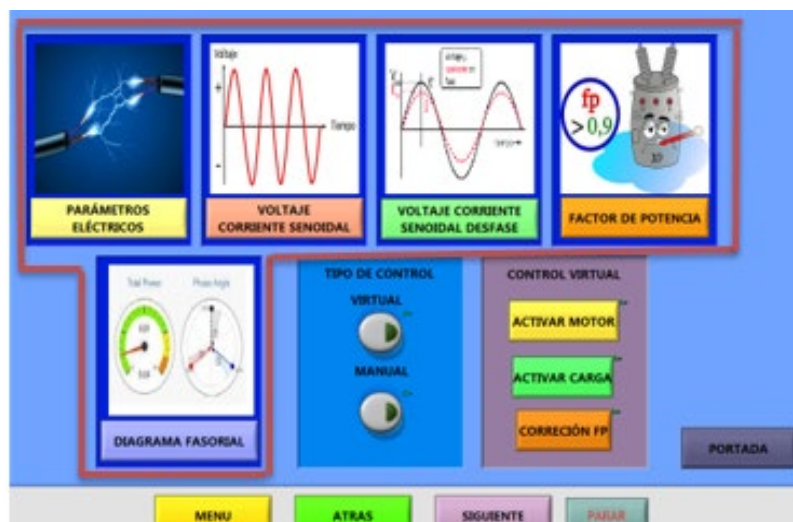


Figura 15. Visualización de parámetros eléctricos del sistema

- 15) En la pantalla visualizar y anotar los datos que nos aporta cada uno de los parámetros eléctricos cuando se trabaja con carga inductiva.
 16) Se comparará los datos del interfaz gráfico con el multímetro digital
 17) Manipulación del SENTRON PAC 3220:
 - Con el número 1, la tecla se activa una vez mediante una breve pulsación de su superficie y está retrocede para visualizar los valores de los parámetros eléctricos.

- Con el número 2, la tecla se activa una vez mediante una breve pulsación de su superficie y está avanza para visualizar los valores de los parámetros eléctricos ver figura 16.



Figura 16. SENTRON PAC3220

2.5.1 METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

Para poder realizar esta práctica se requiere seguir el siguiente proceso:

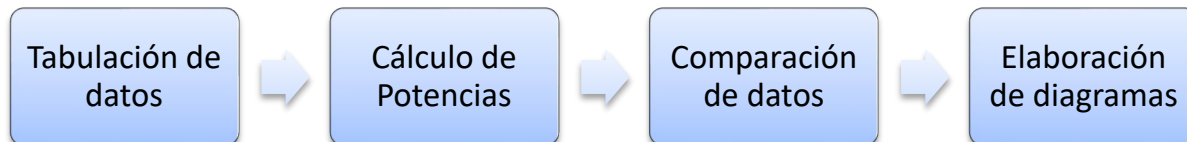


Figura 17. Metodología para la práctica

Tabulación de datos. – Una vez realizada los pasos descritos en las actividades a desarrollar, se procede a tabular los datos en la tabla 1, adquiridos por el software para realizar los cálculos respectivos de potencias, todo se realizará en el informe de práctica.

Cálculo de Potencias. - Una vez tabulados los datos necesarios se procede al cálculo de las potencias activas, reactiva y aparente para su posterior comparación con los datos obtenidos en el software LabVIEW, con el SENTRON PAC 3220.

- **Potencia Activa**

$$P_L = V \times I \times \cos\phi$$

Ecuación 1

- **Potencia Reactiva**

$$S_L = V \times I$$

Ecuación 2

- **Potencia Reactiva**

$$Q_L = V \times I \times \sin\phi$$

Ecuación 3

- **Factor de Potencia**

$$FP = \frac{P_{3\phi}}{S_{3\phi}}$$

Ecuación 4

En estas fórmulas descritas se encontrará las potencias para cada línea, posterior a eso para obtener la total, se requiere realizar una sumatoria de cada línea que conforma el sistema trifásico

Comparación de datos. – Se elabora la tabla 2 donde se compara los datos cálculos con los datos que nos arroja el software

Elaboración de diagramas. – Se dibuja los diagramas fasoriales, triángulos de potencias, ondas senoidales tensión – corriente.

2.6 BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

[1] Anónimo, «Cargas inductivas, capacitivas y resistivas,» [En línea]. Available:

<https://sites.google.com/site/maquinaselectricascarlos/clients/--cargas-inductivas-capacitivas-y-resistivas>. [Último acceso: 08 12 2021].

[2] Anónimo, «HG ingeniería,» 08 Mayo 2019. [En línea]. Available:

<https://hgingeneria.com.co/banco-de-condensadores-que-es-y-para-que-sirve/>. [Último acceso: 10 Febrero 2022].

[3] F. S. Llumiquinga Loya, «Diseño de un banco de condesadores para la corrección del factor de potencia de la empresa BANCHIFOOD S.A.,» UPS, Quito, 2012.

INFORME DE PRÁCTICA

Nota: El informe debe ser conciso, simple y claro, no debe contener más de 5 hojas, debe ser desarrollado a mano, no carátula, no carpetas, no binchas, se debe presentar grapado y ocupando toda el área de la hoja.

TEMA: Visualización y medición de parámetros eléctricos con carga capacitiva

NÚMERO DE PRÁCTICA: 03

NOMBRE(S): Ejemplo

FECHA: 16/02/2022

1 RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabulación de datos obtenidos en el software

Tabla 1: Tabulación de datos obtenidos en el software

MEDICIÓN DE TENSIÓN L-L		
MAGNITUD	VALOR	UNIDAD
Tensión VL1 – L2	215,26	(Voltios)
Tensión VL1 – L3	214,26	(Voltios)
Tensión VL2 – L3	216,25	(Voltios)
MEDICIÓN DE TENSIÓN L-N		
Tensión VL1 – N	124,13	(Voltios)
Tensión VL2 – N	123,63	(Voltios)
Tensión VL3 – N	125,13	(Voltios)
MEDICIÓN DE CORRIENTE		
Corriente L1	2,38	(Amperios)
Corriente L2	2,93	(Amperios)
Corriente L3	2,46	(Amperios)
MEDICIÓN DE FACTOR DE POTENCIA		
L1	0,66	86,6 °
L2	0,22	77,1 °
L3	0,25	85,5 °
Factor de Potencia Total	0,04	87,70°

2 Cálculo matemático

Encontrar las potencias activa, reactiva y aparente en función a los datos tabulados

- Potencia Activa

$$P_{3\phi} = P_{L1} + P_{L2} + P_{L3}$$

$$P_{L1} = V \times I \times \cos\phi$$

$$P_{L1} = 124,13[V] \times 2,38 [A] \times 0,06$$

$$P_{L1} = -17,72[W]$$

* Nota: Valor negativo ya que los capacitores consumen potencia activa

$$P_{L2} = V \times I \times \cos\phi$$

$$P_{L2} = 123,63[V] \times 2,49[A] \times 0,06$$

$$P_{L2} = -18,47[W]$$

$$P_{L3} = V \times I \times \cos\varphi$$

$$P_{L3} = 124,63[V] \times 2,46[A] \times 0,08$$

$$P_{L3} = -24,52[W]$$

** Nota: Valor negativo ya que los capacitores consumen potencia activa*

$$P_{3\phi} = -17,58 - 18,47 - 24,62 [W]$$

$$P_{3\phi} = -60,67[W]$$

$$P_{3\phi} = -0,06[kW]$$

- **Potencia Aparente**

$$S_{3\phi} = S_{L1} + S_{L2} + S_{L3}$$

$$S_{L1} = V \times I$$

$$S_{L1} = 124,13[V] \times 2,38 [A]$$

$$S_{L1} = 295,43[VA]$$

$$S_{L2} = V \times I$$

$$S_{L2} = 123,63[V] \times 2,49[A]$$

$$S_{L2} = 315,31[VA]$$

$$S_{L3} = V \times I$$

$$S_{L3} = 124,63[V] \times 2,46[A]$$

$$S_{L3} = 306,59[VA]$$

$$S_{3\phi} = 295,43 + 315,31 + 306,59 (VA)$$

$$S_{3\phi} = 917,33[VA]$$

$$S_{3\phi} = 0,91[kVA]$$

- **Potencia Reactiva**

$$Q_{3\phi} = Q_{L1} + Q_{L2} + Q_{L3}$$

$$Q_{L1} = V \times I \times \text{sen}\varphi$$

$$Q_{L1} = 124,13[V] \times 2,38[A] \times \text{sen}(86,5)$$

$$Q_{L1} = 294,88[var]$$

$$Q_{L2} = V \times I \times \text{sen}\varphi$$

$$Q_{L2} = 123,63[V] \times 2,49[A] \times \text{sen}(86,8)$$

$$Q_{L2} = 307,35 [var]$$

$$Q_{L3} = V \times I$$

$$Q_{L3} = 124,63[V] \times 2,46[A] \times \text{sen}(85,6)$$

$$Q_{L3} = 305,69 [\text{var}]$$

$$Q_{3\phi} = 294,88 + 307,35 + 305,69[\text{var}]$$

$$Q_{3\phi} = 907,92[\text{var}]$$

$$Q_{3\phi} = 0,91 [\text{kvar}]$$

3 COMPARACIÓN DE DATOS

Tabla de comparación de datos, calculados respecto a obtenidos por el software

Tabla 2: Comparación de datos

Comparación de datos obtenidos vs calculados				
Parámetros	Datos obtenidos en LabVIEW		Datos calculados	
P. Activa	0,05	kW	0,04	kW
P. Reactiva	0,91	kVAR	0,96	kVAR
P. Aparente	0,97	kVA	0,97	kVA

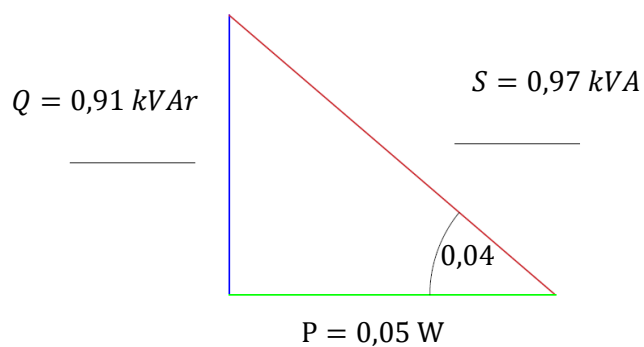
Análisis:

Respecto a la comparación de datos cálculos respecto a los obtenidos existe una mínima diferencia en la potencia reactiva, esta pequeña variación puede deberse a dos aspectos, el uso de decimales aproximados y la toma de datos de LabVIEW en tiempo real, de igual manera la variación de resultados es mínima.

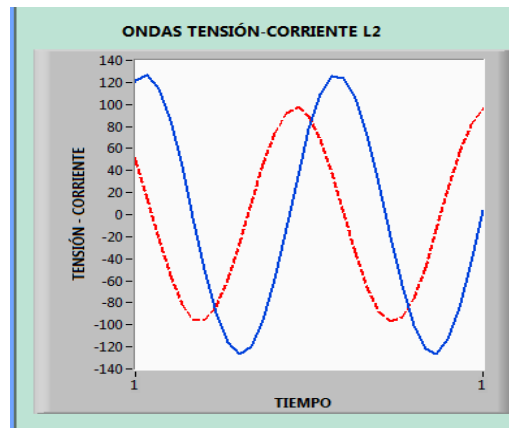
4 ELABORACIÓN DE DIAGRAMAS

Elabore los diagramas: triangulo de potencias, diagramas fasoriales y ondas senoidales tensión corriente con los datos calculados

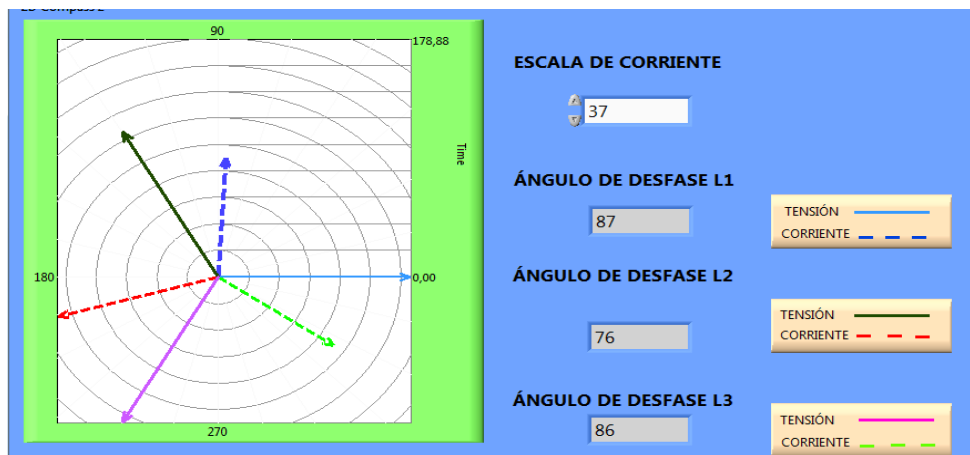
- Triángulo de Potencias



- Ondas Senoidales Tensión – Corriente (Escoger la línea de preferencia)



- **Diagramas Fasoriales**



5 CUESTIONARIO

Describe el proceso de la práctica

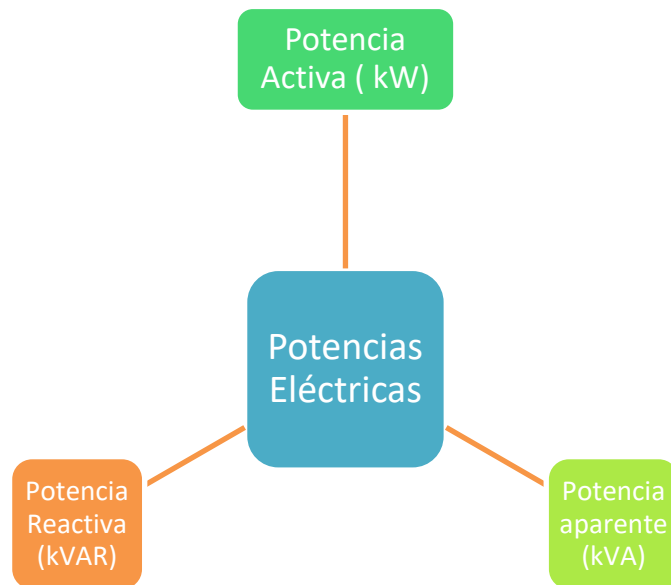
1.- ¿Por qué es importante el banco de condensadores en la corrección del factor de potencia?

Para la corrección del Factor de Potencia, la solución más factible es la instalación de Bancos de Capacitores, los cuales aportan la potencia reactiva capacitiva que contrarresta un porcentaje de la potencia reactiva inductiva que demanda la carga.

2.- ¿Qué tipo de instalaciones de banco de condensadores existe?

En las instalaciones de banco de condensadores existe dos tipos de conexión delta o triángulo y estrella

3. Realice un mapa de los tipos de potencias eléctricas.



6	<p>CONCLUSIONES Escriba por lo menos 3 conclusiones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para corregir el factor de potencia usualmente se instala un banco de condensadores • La carga capacitiva la corriente se encuentra adelantada con respecto al voltaje. • Los valores obtenidos a través de cálculos y una comparación con los valores del sistema se puede observar que tiene una mínima variación en sus datos.
7	<p>ANEXOS Colocar el informe que genera el LabView</p>
8	<p>BIBLIOGRAFÍA Poner la bibliografía utilizada utilizando un formato estandarizado</p> <p>[1] Anónimo, «Cargas inductivas, capacitivas y resistivas,» [En línea]. Available: https://sites.google.com/site/maquinaselectricascarlos/clientes/--cargas-inductivas-capacitivas-y-resistivas. [Último acceso: 08 12 2021].</p> <p>[2] Anónimo, «HG ingeniería,» 08 Mayo 2019. [En línea]. Available: https://hgingeneria.com.co/banco-de-condensadores-que-es-y-para-que-sirve/. [Último acceso: 10 Febrero 2022].</p> <p>[3] F. S. Llumiyinga Loya, «Diseño de un banco de condesadores para la corrección del factor de potencia de la empresa BANCHIFOOD S.A.,» UPS, Quito, 2012.</p>

**LABORATORIO DE
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

ELABORADO POR: Docente	REVISADO POR: Laboratorista	APROBADO POR: Director de carrera
Fecha:	Fecha:	Fecha:
Firma:	Firma:	Firma:

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA	IELM 306	

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Eléctrica	DURACIÓN (HORAS)
02	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Visualización y medición de parámetros eléctricos con carga resistiva	2

1	OBJETIVO
	Visualizar el comportamiento de las variables eléctricas (tensión, corriente, potencia) en una red trifásica con cargas desequilibradas (inductiva, resistiva y capacitiva), para comprobar los datos emitidos por el instrumento de medición SENTRON PAC 3220 y observarlos en el software LabVIEW

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
	<p>2.1. INTRODUCCIÓN</p> <p align="center">CARGA RESISTIVA</p> <p>Las cargas resistivas son simplemente aquellas en las que la electricidad produce calor y no movimiento. Típicas cargas de este tipo son las lámparas incandescentes o los radiadores eléctricos [1].</p> <p>Un resistor es un mecanismo que resiste el flujo de la electricidad. Al hacerlo, parte de la energía eléctrica es disipada como calor. Dos cargas comunes resistivas son los bulbos de luz incandescente y los calentadores eléctricos. La resistencia (R) es medida en ohms.</p> <p>Un bulbo de luz incandescente produce luz al pasar corriente eléctrica a través de un filamento en un vacío. La resistencia del filamento causa que se caliente y la energía eléctrica es convertida en energía luminosa. Los calentadores eléctricos trabajan de la misma manera, excepto que ellos producen una poca, si acaso, de luz.</p> <p>La corriente eléctrica y el voltaje en una carga resistiva se dicen estar "en fase" uno con otro. Como el voltaje se eleva o cae, la corriente también se eleva y cae con éste [2].</p> <p align="center">CONEXIÓN DELTA O TRIÁNGULO</p> <p>La conexión Delta, se le conoce también como conexión triángulo, por su similitud con el símbolo griego Delta. Es una forma de configuración en donde cada lado de este triángulo</p>

dispone de una fuente de voltaje, sin que exista una conexión en un punto en común. Al no existir un punto que conecte las tres fuentes, no se requiere un cable neutro como si ocurre con la “Y”, de este modo, si una de las fuentes de voltaje falla, no afectaría el voltaje del sistema en general, siendo esa una de las principales diferencias entre conexiones estrella y triángulo.

En esta conexión las bobinas crean tres voltajes desfasados, cada uno con una intensidad diferente. Se trata entonces de una conexión serial en el cual las bobinas del motor van conectadas una a otra, suministrando una conexión trifásica a cada nodo [3].

2.2. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Fuente de alimentación 220V.
- SENTRON PAC 3220.
- Multímetro digital.
- Cables para realizar la conexión.
- Módulo para visualizar la corrección del factor de potencia.
- Hoja de práctica.

2.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD

- Verificar que el equipo no este energizado.
- Realizar las conexiones de las cargas con la protección eléctrica abierta.
- Verificar el estado de los cables.
- Realizar correctamente la conexión del motor y de la carga resistiva.
- **EPP:** Mandil.

Instrucciones de seguridad:

- Lea y comprenda la presente guía de laboratorio.
- Lea y comprenda el manual de seguridad y operación del equipo de experimentación.
- Siga las instrucciones correspondientes para el correcto funcionamiento del equipo.
- No corra dentro del laboratorio.
- Absténgase de usar el teléfono celular.
- Aleje sus manos del motor.

2.4. TRABAJO PREPARATORIO

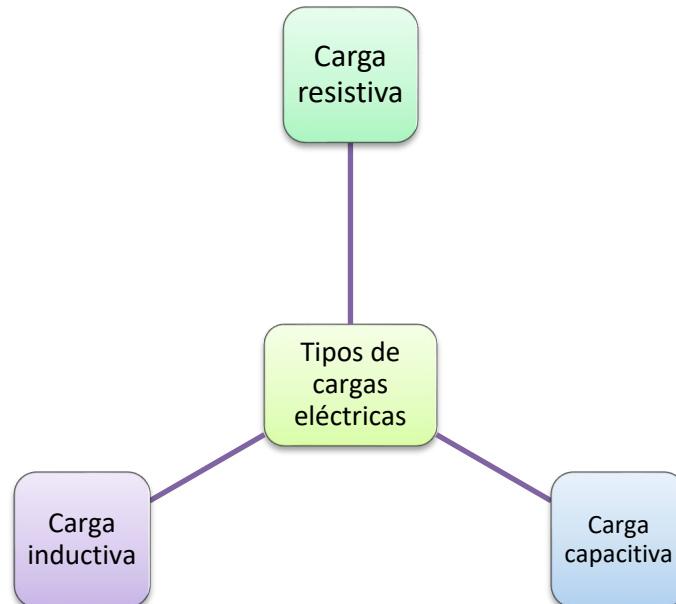
¿Qué es una carga lineal?

La mayor parte de las cargas eléctricas se tipifican como cargas convencionales; estas se comportan linealmente, lo cual significa que, al aplicar una tensión, la forma de onda de la corriente conserva esa misma forma.

¿Defina la diferencia entre carga inductiva y carga resistiva?

Las cargas resistivas son simplemente aquellas en las que la electricidad produce calor y no movimiento. Típicas cargas de este tipo son las lámparas incandescentes o los radiadores eléctricos. Las cargas inductivas generalmente son aquellas en las que la electricidad circula a través de bobinas.

Realice un mapa conceptual de los diferentes tipos de cargas eléctricas



2.5 ACTIVIDADES A DESARROLLAR

- 1) Alimentar el módulo mediante la conexión trifásica.



Figura 1. Alimentación trifásica del sistema

- 2) Encender el módulo mediante el accionamiento del breaker Q0 el cual permite la energización del total del mismo.



Figura 2. Accionamiento del breaker Q0

- 3) Accione el selector de energización “ENCENDIDO” para su operación (habilitación de energía al CPU, la pantalla, SENTRON PAC 3220 y PLC S7-1200).



Figura 3. Selector de Encendido

- 4) Encender el computador para la utilización del software LabVIEW 2019, lo cual permitirá la visualización de datos de las variables eléctricas, las señales senoidales de la carga y diagramas fasoriales.



Figura 4. Encendido del computador

- 5) Asegurarse que los breakers Q1, Q2, Q3 y Q4 estén en contacto abierto, evitando la energización de cada carga del módulo.



Figura 5. Breakers Q1, Q2, Q3 y Q4 desenergización

- 6) Realizar la conexión de la carga resistiva (focos) en el módulo mediante los pines respectivos



Figura 6. Conexión de los focos

- 7) Accionar el breaker Q4 para la obtención de datos del SENTRON PAC 3220

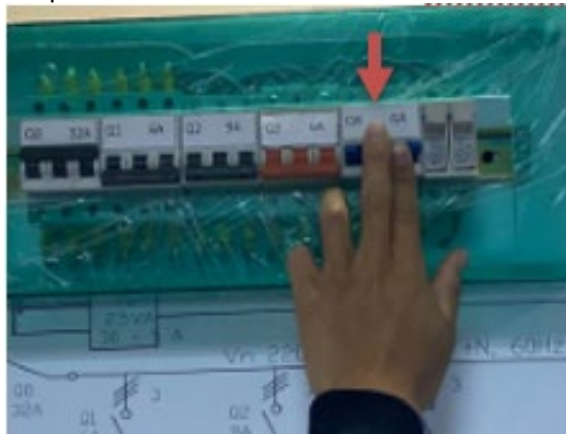


Figura 7. Accionamiento del breaker Q4

- 8) Accionar el breaker Q2 para energizar la carga resistiva.

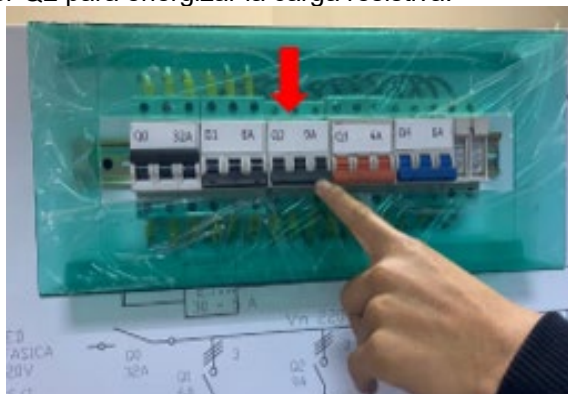


Figura 8. Accionamiento del breaker Q2

- 9) Accione el selector de CARGA para el funcionamiento de la carga resistiva.



Figura 9. Selector del la carga resistiva

- 10) En la parte de escritorio se encuentra una aplicación del factor de potencia, la misma que dirige al software que permite la visualización de los parámetros eléctricos con sus respectivas ondas del proceso en tiempo real.

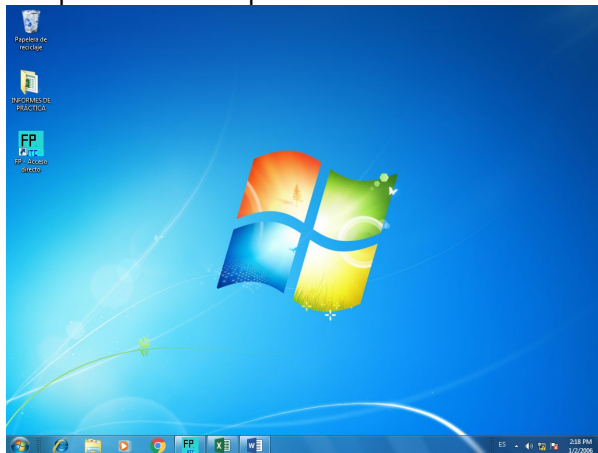


Figura 10. Escritorio de la computadora del módulo

- 11) Se procede a dar clic en el icono de la figura 11.

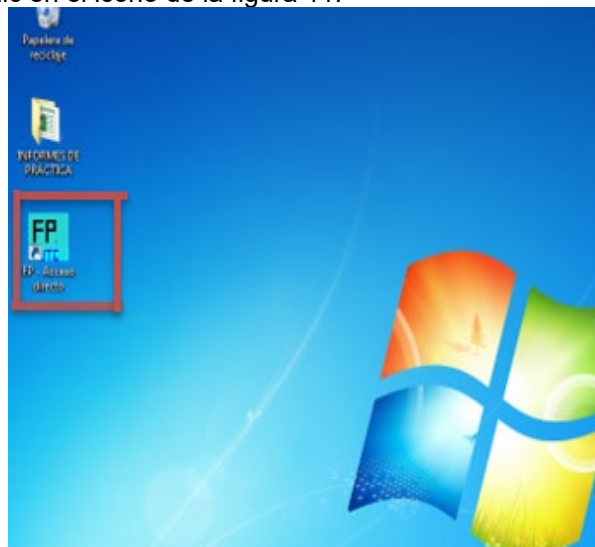


Figura 11. Aplicación del factor de potencia

- 12) En la ventana principal del software, se encuentra los datos de los autores de la tesis.



Figura 12. Pantalla principal

- 13) Seleccionar el botón siguiente para dirigirse al menú principal que permitirá la interacción con las diferentes opciones que permite el programa.



Figura 13. Selección del botón 'SIGUIENTE'

- 14) Escoger el modo de manipulación del equipo ya sea manual que permitirá el accionamiento del resto de cargas mediante las perillas o virtual que permitirá el accionamiento mediante botones en el software.

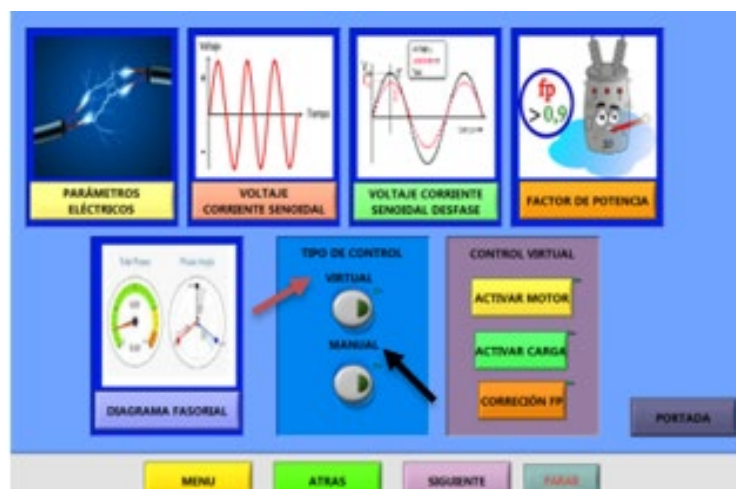


Figura 14. Modo de manipulación del sistema

- 15) Una vez escogido el modo de manipulación del equipo, se selecciona las diferentes categorías de visualización que nos ofrece el software.

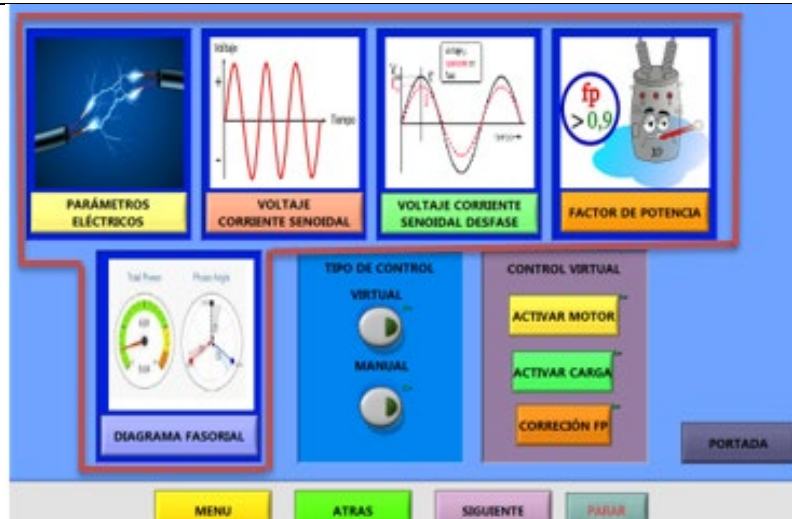


Figura 15. Visualización de parámetros eléctricos del sistema

- 16) En la pantalla visualizar y anotar los datos que nos aporta cada uno de los parámetros eléctricos cuando se trabaja con carga resistiva.
- 17) Se comparará los datos del interfaz gráfico con el multímetro digital
- 18) Manipulación del SENTRON PAC 3220:
 - Con el número 1, la tecla se activa una vez mediante una breve pulsación de su superficie y está retrocede para visualizar los valores de los parámetros eléctricos.
 - Con el número 2, la tecla se activa una vez mediante una breve pulsación de su superficie y está avanza para visualizar los valores de los parámetros eléctricos ver figura 16.



Figura 16. SENTRON PAC 3220

2.5.1 METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

Para poder realizar esta práctica se requiere seguir el siguiente proceso:

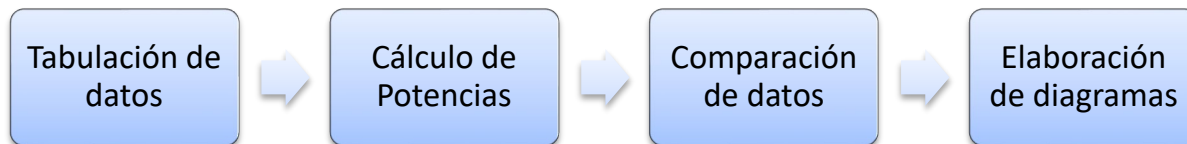


Figura 17. Metodología para la práctica

Tabulación de datos. – Una vez realizada los pasos descritos en las actividades a desarrollar, se procede a tabular los datos en la tabla 1, adquiridos por el software para realizar los cálculos respectivos de potencias, todo se realizará en el informe de práctica.

Cálculo de Potencias. - Una vez tabulados los datos necesarios se procede al cálculo de las potencias activas, reactiva y aparente para su posterior comparación con los datos obtenidos en el software LabVIEW, con el SENTRON PAC 3220.

- **Potencia Activa**

$$P_L = V \times I \times \cos\varphi \quad \text{Ecuación 1}$$

- **Potencia Reactiva**

$$S_L = V \times I \quad \text{Ecuación 2}$$

- **Potencia Reactiva**

$$Q_L = V \times I \times \sin\varphi \quad \text{Ecuación 3}$$

- **Factor de Potencia**

$$FP = \frac{P_{3\phi}}{S_{3\phi}} \quad \text{Ecuación 4}$$

En estas fórmulas descritas se encontrará las potencias para cada línea, posterior a eso para obtener la total, se requiere realizar una sumatoria de cada línea que conforma el sistema trifásico

Comparación de datos. – Se elabora la tabla 2 donde se compara los datos cálculos con los datos que nos arroja el software

Elaboración de diagramas. – Se dibuja los diagramas fasoriales, triángulos de potencias, ondas senoidales tensión – corriente.

2.6 BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

[1] Anónimo, «Proyecto fotovoltaico,» Marzo 2017. [En línea]. Available: https://www2.ineel.mx/proyectofotovoltaico/preg_22.html#:~:text=Las%20cargas%20resistivas%20son%20simplemente,circula%20a%20trav%C3%A9s%20de%20bobinas.. [Último acceso: 09 Febrero 2022].

[2] M. Logan, «Puro Motor,» 21 Julio 2017. [En línea]. Available: <https://www.puromotores.com/13175462/tipos-de-cargas-electricas>. [Último acceso: 09 Febrero 2022].

[3] Anónimo, «SUBBIR,» 12 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://subir.cc/conexiones-estrella-y-triangulo/>. [Último acceso: 25 Enero 2022].

INFORME DE PRÁCTICA

Nota: El informe debe ser conciso, simple y claro, no debe contener más de 5 hojas, debe ser desarrollado a mano, no carátula, no carpetas, no binchas, se debe presentar grapado y ocupando toda el área de la hoja.

TEMA: Visualización y medición de parámetros eléctricos con carga resistiva

NÚMERO DE PRÁCTICA: 02

NOMBRE(S): Ejemplo

FECHA: 16/02/2022

1 RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabulación de datos obtenidos en el software

Tabla 1: Tabulación de datos obtenidos en el software

MEDICIÓN DE TENSIÓN L-L		
MAGNITUD	VALOR	UNIDAD
Tensión VL1 – L2	215,26	(Voltios)
Tensión VL1 – L3	215,26	(Voltios)
Tensión VL2 – L3	215,26	(Voltios)
MEDICIÓN DE TENSIÓN L-N		
Tensión VL1 – N	124,13	(Voltios)
Tensión VL2 – N	124,13	(Voltios)
Tensión VL3 – N	125,13	(Voltios)
MEDICIÓN DE CORRIENTE		
Corriente L1	2,07	(Amperios)
Corriente L2	3,21	(Amperios)
Corriente L3	2,02	(Amperios)
MEDICIÓN DE FACTOR DE POTENCIA		
L1	1	4,4 °
L2	0,92	22,7 °
L3	1	4,4 °
Factor de Potencia Total	0,97	14°

2 Cálculo matemático

Encontrar las potencias activa, reactiva y aparente en función a los datos tabulados

- Potencia Activa

$$P_{3\phi} = P_{L1} + P_{L2} + P_{L3}$$

$$P_{L1} = V \times I \times \cos\phi$$

$$P_{L1} = 123,63[V] \times 2,05[A] \times 1$$

$$P_{L1} = 253,44[W]$$

$$P_{L2} = V \times I \times \cos\phi$$

$$P_{L2} = 123,63[V] \times 2,08[A] \times 1$$

$$P_{L2} = 257,15 [W]$$

$$P_{L3} = V \times I \times \cos\varphi$$

$$P_{L3} = 124,63[V] \times 2,02[A] \times 1$$

$$P_{L3} = 251,75[W]$$

$$P_{3\phi} = 253,44 + 257,15 + 251,75 [W]$$

$$P_{3\phi} = 762,34[W]$$

$$P_{3\phi} = \mathbf{0,76[kW]}$$

- **Potencia Aparente**

$$S_{3\phi} = S_{L1} + S_{L2} + S_{L3}$$

$$S_{L1} = V \times I$$

$$S_{L1} = 123,63[V] \times 2,05[A]$$

$$S_{L1} = 253,44[VA]$$

$$S_{L2} = V \times I$$

$$S_{L2} = 123,63[V] \times 2,08[A]$$

$$S_{L2} = 257,15[VA]$$

$$S_{L3} = V \times I$$

$$S_{L3} = 124,63[V] \times 2,02[A]$$

$$S_{L3} = 251,75[VA]$$

$$S_{3\phi} = 253,44 + 257,15 + 251,75 [VA]$$

$$S_{3\phi} = 762,34[VA]$$

$$S_{3\phi} = \mathbf{0,76 [kVA]}$$

- **Potencia Reactiva**

$$Q_{3\phi} = Q_{L1} + Q_{L2} + Q_{L3}$$

$$Q_{L1} = V \times I \times \text{sen}\varphi$$

$$Q_{L1} = 123,63[V] \times 2,05[A] \times \text{sen}(0)$$

$$Q_{L1} = 0[var]$$

$$Q_{L2} = V \times I \times \text{sen}\varphi$$

$$Q_{L2} = 123,63[V] \times 2,08[A] \times \text{sen}(0)$$

$$Q_{L2} = 0 [var]$$

$$Q_{L3} = V \times I \times \text{sen}\varphi$$

$$Q_{L3} = 124,63[V] \times 2,02[A] \times \text{sen}(0)$$

$$Q_{L3} = 0 [var]$$

$$Q_{3\phi} = 0 + 0 + 0 \text{ [var]}$$

$$Q_{3\phi} = 0 \text{ [var]}$$

$$Q_{3\phi} = 0 \text{ [kvar]}$$

3

COMPARACIÓN DE DATOS

Tabla de comparación de datos, calculados respecto a obtenidos por el software

Tabla 2: Comparación de datos

Comparación de datos obtenidos vs calculados				
Parámetros	Datos obtenidos en LabVIEW		Datos calculados	
P. Activa	0,88	kW	0,88	kW
P. Reactiva	0,91	kVAR	0,91	kVAR
P. Aparente	0,06	kVA	0,1	kVA

Análisis:

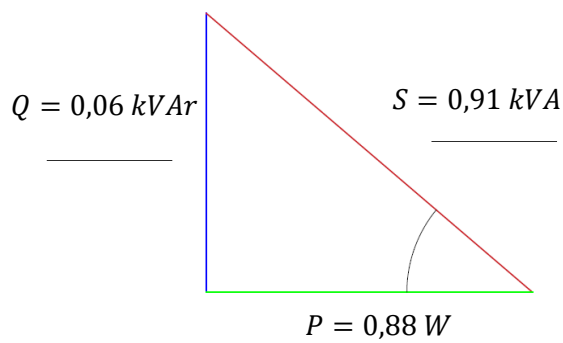
Respecto a la comparación de datos cálculos respecto a los obtenidos existe una mínima diferencia en la potencia reactiva, esta pequeña variación puede deberse a dos aspectos, el uso de decimales aproximados y la toma de datos de LabVIEW en tiempo real, de igual manera la variación de resultados es mínima.

4

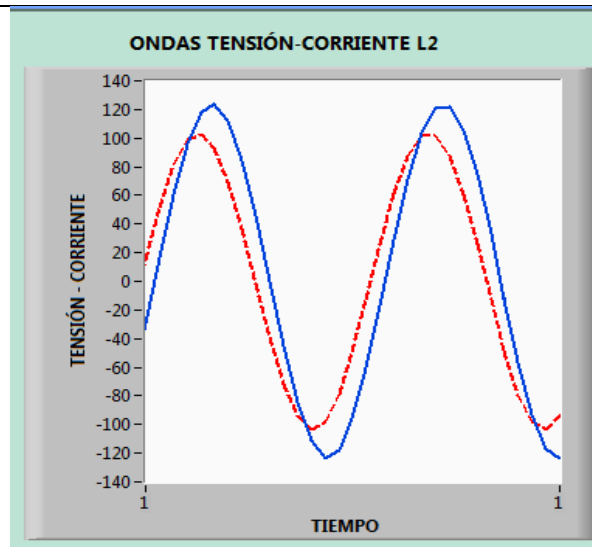
ELABORACIÓN DE DIAGRAMAS

Elabore los diagramas: triangulo de potencias, diagramas fasoriales y ondas senoidales tens corriente con los datos calculados

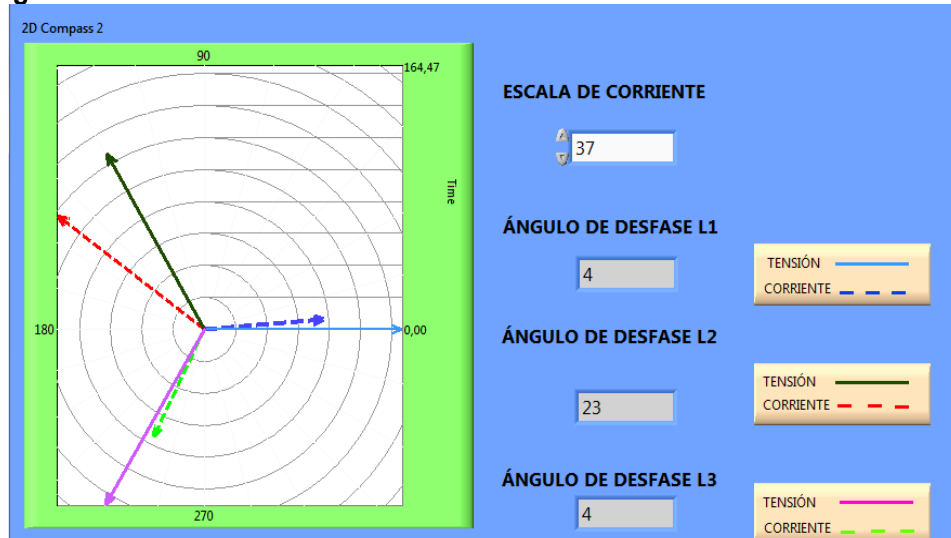
- Triángulo de Potencias



- Ondas Senoidales Tensión – Corriente (Escoger la línea de preferencia)



- Diagramas Fasoriales



5 CUESTIONARIO

Describe el proceso de la práctica

1.- Defina con sus propias palabras a la carga resistiva

Las cargas resistivas son simplemente aquellas en las que la electricidad produce calor y no movimiento.

2.- ¿Qué son las Cargas lineales y no lineales en los circuitos de C.A.?

Carga lineal: tensión y corriente relacionadas por un factor constante. Igual frecuencia.

Carga no lineal: relación tensión/corriente no es una constante.

3.- ¿Dónde se encuentran las cargas resistivas?

Dos ejemplos comunes de cargas resistivas son las lámparas incandescentes y los calentadores eléctricos.

Las cargas resistivas consumen energía eléctrica de tal manera que la onda de corriente permanece en fase con la onda de voltaje. Eso significa que, el factor de potencia para una carga resistiva es la unidad.

6	<p>CONCLUSIONES Escriba por lo menos 3 conclusiones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se determina que a una carga lineal el factor de potencia es 1. • En cargas resistivas el voltaje y tensión se encuentran en fase • En este caso las cargas resistivas el factor de potencia el resultado arrojará 1 puesto que son cargas lineales.
7	<p>ANEXOS Colocar el informe que genera el LabView</p>
8	<p>BIBLIOGRAFÍA Poner la bibliografía utilizada utilizando un formato estandarizado</p> <p>[1] Anónimo, «Proyecto fotovoltaico,» Marzo 2017. [En línea]. Available: https://www2.ineel.mx/proyectofotovoltaico/preg_22.html#:~:text=Las%20cargas%20resistivas%20son%20simplemente,circula%20a%20trav%C3%A9s%20de%20bobinas.. [Último acceso: 09 Febrero 2022].</p> <p>[2] M. Logan, «Puro Motor,» 21 Julio 2017. [En línea]. Available: https://www.puromotores.com/13175462/tipos-de-cargas-electricas. [Último acceso: 09 Febrero 2022].</p> <p>[3] Anónimo, «SUBBIR,» 12 Marzo 2018. [En línea]. Available: https://subir.cc/conexiones-estrella-y-triangulo/. [Último acceso: 25 Enero 2022].</p> <p>http://eia.udg.es/~secse/curso_calidad/curso_calidad_de_servicio_electrico_tema1.pdf</p>

**LABORATORIO DE
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**

ELABORADO POR: Docente	REVISADO POR: Laboratorista	APROBADO POR: Director de carrera
Fecha:	Fecha:	Fecha:
Firma:	Firma:	Firma:

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTROMECÁNICA	IELM 306	

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Eléctrica	DURACIÓN (HORAS)
04	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Visualización y medición de parámetros eléctricos con carga combinada (inductiva, resistiva y capacitiva)	2

1	OBJETIVO
	<p>Visualizar el comportamiento de las variables eléctricas (tensión, corriente, potencia) en una red trifásica con cargas desequilibradas (inductiva, resistiva y capacitiva), para comprobar los datos emitidos por el instrumento de medición SENTRON PAC 3220 y observarlos en el software LabVIEW</p>

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
	<p>2.1. INTRODUCCIÓN</p> <p>CARGA COMBINADAS</p> <p>En la vida real y práctica, un circuito está constituido por cargas resistivas, inductivas o capacitivas, o una combinación de las tres.</p> <p>FACTOR DE POTENCIA</p> <p>El factor de potencia se define como la relación entre la potencia activa (kW) usada en un sistema y la potencia aparente (kVA) que se obtiene de las líneas de alimentación [1].</p> <p>Los motores generan mayor carga inductiva ocasionando daños a la red por un bajo factor de potencia, se puede corregir mediante las cargas capacitivas “banco de condensadores” que permite suministrar potencia reactiva a la red eléctrica y mejorar el consumo de corriente de la misma.</p> <p>En Ecuador se registra por resolución número 074/17 del ARCONEL como valor mínimo de Factor de potencia a 0.92, menor de esto será penalizado aplicando el pliego tarifario de acuerdo a la categoría y grupo de tarifa que corresponde. En caso de que el factor de potencia sea menor a 0.6, el consumidor no regulado pondrá a consideración un plan de acción para corregir la desviación identificada [2].</p>

CAUSAS DEL BAJO FACTOR DE POTENCIA

Las cargas inductivas son el origen del bajo factor de potencia ya que son cargas no lineales que contaminan la red eléctrica.

A continuación, se detallan algunas causas por la cual se produce un bajo factor de potencia.

- **Iluminación de descarga (lámparas de vapor de mercurio y fluorescentes).** – estas lámparas requieren de inductancia o de un transformador, varias de estas tendrán mayor demanda de energía reactiva produciendo un bajo factor de potencia
- **Motores de inducción.** – la potencia reactiva que consumen es bajo, el factor de potencia es bajo cuando funciona en vacío o con cargas mucho menores que la nominal
- **Motores operando en vacío.** – cuando menor sea la carga mecánica solicitada, menor será la energía activa consumida, consecuentemente menor es el factor de potencia
- **Motores sobredimensionados.** – la sustitución de un motor por otro de mayor potencia, se da en casos de mantenimiento y reparación
- **Nivel de voltaje por encima del nominal.** – se aplica a motores de inducción, se da el aumento de consumo de energía reactiva
- **Hornos eléctricos de arco voltaico.** – Su factor de potencia varía al calentar el horno
- **Soldadores eléctricos de corriente alterna.** – máquinas construidas con una reactancia interna para limitar las corrientes de cortocircuito en el momento que se produce el arco, esta reactancia es la que produce un bajo factor de potencia [3].

Consecuencias del bajo factor de potencia. - Un bajo factor de potencia produce una mayor circulación de corriente eléctrica en sus instalaciones y en la red de distribución, trayendo consigo daños por efectos de sobrecarga [3].

Las instalaciones eléctricas con un factor de potencia menor a 1.0 afectan las redes eléctricas:

- **Incremento de las pérdidas por efecto joule.** – se dan por el calentamiento de los cables, calentamiento de los transformadores, y el disparo de los dispositivos de protección, debido al consumo excesivo de corriente
- **Sobrecarga de los generadores, transformadores y líneas de distribución.** – el exceso de corriente sobrepasa las corrientes nominales de funcionamiento
- **Aumento de la caída de tensión.** – ocasiona la caída de tensión por pérdida de potencia en el transporte del cable.
- **Incremento en el pago de la factura eléctrica.** – Debido al bajo factor, implica pérdidas en la red, esto hace que la empresa penalice al consumidor haciendo que pague multas por bajo factor de potencia [3].

2.2. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Fuente de alimentación 220V.
- SENTRON PAC 3220.
- Multímetro digital.
- Cables para realizar la conexión.
- Módulo para visualizar la corrección del factor de potencia.
- Hoja de práctica.

2.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD

- Verificar que el equipo no este energizado.
- Realizar las conexiones de las cargas con la protección eléctrica abierta.

- Verificar el estado de los cables.
- Realizar correctamente la conexión del motor y de la carga resistiva.
- **EPP:** Mandil.

Factor de Potencia	
Causas	Consecuencias
Iluminación de (lámparas de vapor de mercurio y fluorescentes)	Incremento de las pérdidas por efecto joule
Motores de inducción	Sobrecarga de los generadores, transformadores y líneas de distribución
Motores operando en vacío	
Motores sobredimensionados	Aumento de la caída de tensión
Hornos eléctricos de arco voltaico	
Soldadores eléctricos de corriente alterna	Incremento en el pago de la factura eléctrica

Instrucciones de seguridad:

- Lea y comprenda la presente guía de laboratorio.
- Lea y comprenda el manual de seguridad y operación del equipo de experimentación.
- Siga las instrucciones correspondientes para el correcto funcionamiento del equipo.
- No corra dentro del laboratorio.
- Absténgase de usar el teléfono celular.
- Aleje sus manos del motor.

2.4. TRABAJO PREPARATORIO

¿Qué es el Factor de Potencia?

El factor de potencia es una medida de la eficiencia o rendimiento de nuestro sistema eléctrico. Este indicador mide el aprovechamiento de la energía (la cantidad requerida para transformar en trabajo).

¿Cómo se corrige el factor de potencia?

Existen varios métodos para corregir o mejorar el factor de potencia, entre los que destacan la instalación de capacitores eléctricos o bien, la aplicación de motores sincrónicos que finalmente actúan como capacitores.

Realice un cuadro comparativo de las causas y consecuencias del Factor de Potencia

2.5 ACTIVIDADES A DESARROLLAR

- 1) Alimentar el módulo mediante la conexión trifásica.



Figura 1. Alimentación trifásica del sistema

- 2) Encender el módulo mediante el accionamiento del breaker Q0 el cual permite la energización del total del mismo.

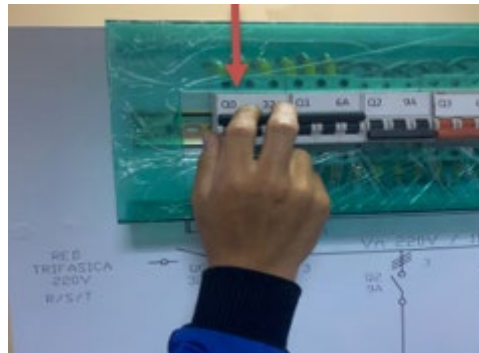


Figura 2. Accionamiento del breaker Q0

- 3) Accione el selector de energización "ENCENDIDO" para su operación (habilitación de energía al CPU, la pantalla, SENTRON PAC 3220 y PLC S7-1200).



Figura 3. Selector de Encendido

- 4) Encender el computador para la utilización del software LabVIEW 2019, lo cual permitirá la visualización de datos de las variables eléctricas, las señales senoidales de la carga y diagramas fasoriales.



Figura 4. Encendido del computador

- 5) Asegurarse que los breakers Q1, Q2, Q3 y Q4 estén en contacto abierto, evitando la energización de cada carga del módulo.

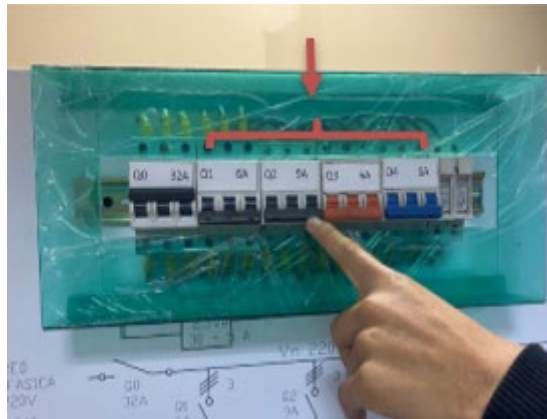


Figura 5. Breakers Q1, Q2, Q3 y Q4 desenergización

- 6) Accionar el breaker Q4 para la obtención de datos del Sentron Pac 3220

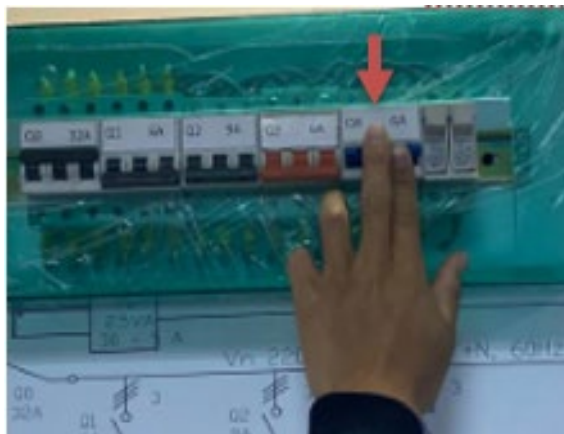


Figura 7. Accionamiento del breaker Q4

- 7) Realizar la conexión triángulo de la carga inductiva en el módulo mediante los pines respectivos
- 8) Accionar el breaker Q1 para energizar la carga inductiva.
- 9) Accione el selector de MOTOR para el funcionamiento del motor
- 10) Realizar la conexión de los focos

- 11) Accionar el breaker Q2 para energizar la carga resistiva.
- 12) Accione el selector de RESISTIVA para el funcionamiento del mismo.
- 13) Accionar el breaker Q3 para energizar la carga capacitiva.
- 14) Accione el selector de CORRECCION F.P. para el funcionamiento de los capacitores.
- 15) Asegurarse de que todas las cargas estén activadas, las luces se encenderán en señal de indicativo que están activadas.
- 16) En la parte de escritorio se encuentra una aplicación del factor de potencia, la misma que dirige al software que permite la visualización de los parámetros eléctricos con sus respectivas ondas del proceso en tiempo real.

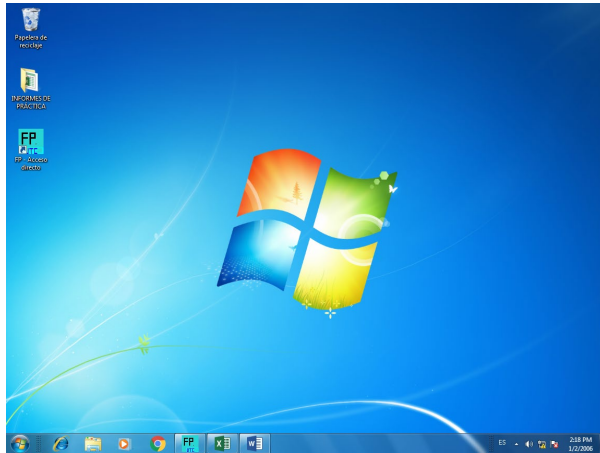


Figura 8. Escritorio de la computadora del módulo

- 17) Se procede a dar clic en el icono de la figura 9.



Figura 9. Aplicación del factor de potencia

- 18) En la ventana principal del software, se encuentra los datos de los autores de la tesis.



Figura 10. Pantalla principal

- 19) Seleccionar el botón siguiente para dirigirse al menú principal que permitirá la interacción con las diferentes opciones que permite el programa.



Figura 11. Selección del botón 'SIGUIENTE'

- 20) Escoger el modo de manipulación del equipo ya sea manual que permitirá el accionamiento del resto de cargas mediante las perillas o virtual que permitirá el accionamiento mediante botones en el software.

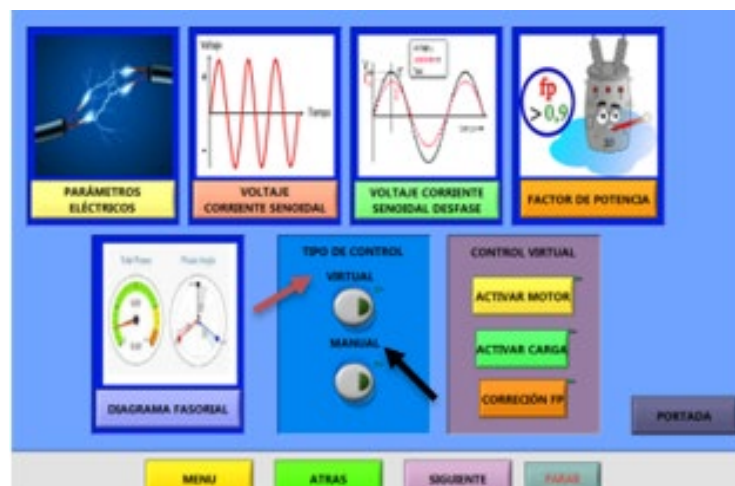


Figura 12. Modo de manipulación del sistema

- 21) Una vez escogido el modo de manipulación del equipo, se selecciona las diferentes categorías de visualización que nos ofrece el software.

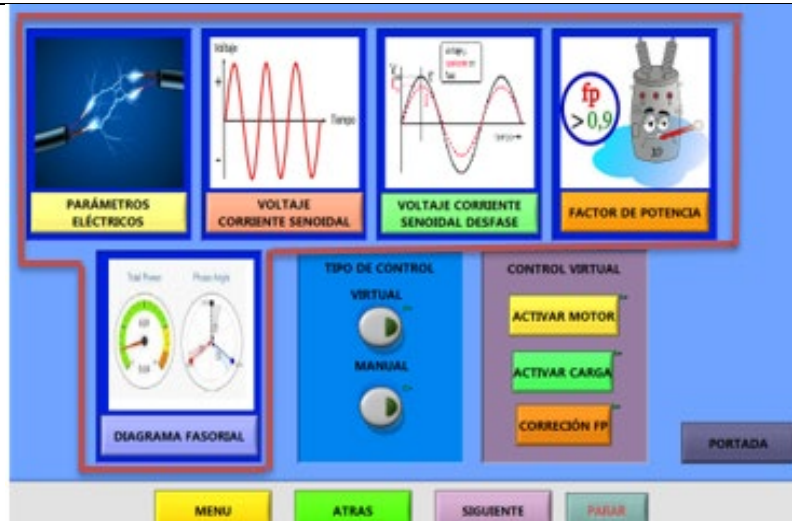


Figura 13. Visualización de parámetros eléctricos del sistema

22) En la pantalla visualizar y anotar los datos que nos aporta cada uno de los parámetros eléctricos cuando se trabaja con carga resistiva.

23) Se comparará los datos del interfaz gráfico con el multímetro digital

24) Manipulación del SENTRON PAC 3220:

- Con el número 1, la tecla se activa una vez mediante una breve pulsación de su superficie y está retrocede para visualizar los valores de los parámetros eléctricos.
- Con el número 2, la tecla se activa una vez mediante una breve pulsación de su superficie y está avanza para visualizar los valores de los parámetros eléctricos ver figura 14.



Figura 14. SENTRON PAC 3220

2.5.1 METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

Para poder realizar esta práctica se requiere seguir el siguiente proceso:

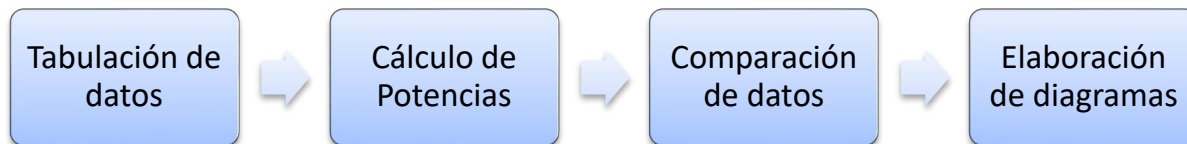


Figura 15. Metodología para la práctica

Tabulación de datos. – Una vez realizada los pasos descritos en las actividades a desarrollar, se procede a tabular los datos en la tabla 1, adquiridos por el software para realizar los cálculos respectivos de potencias, todo se realizará en el informe de práctica.

Cálculo de Potencias. - Una vez tabulados los datos necesarios se procede al cálculo de las potencias activas, reactiva y aparente para su posterior comparación con los datos obtenidos en el software LabVIEW, con el SENTRON PAC 3220.

- **Potencia Activa**

$$P_L = V \times I \times \cos\varphi \quad \text{Ecuación 1}$$

- **Potencia Reactiva**

$$S_L = V \times I \quad \text{Ecuación 2}$$

- **Potencia Reactiva**

$$Q_L = V \times I \times \sin\varphi \quad \text{Ecuación 3}$$

- **Factor de Potencia**

$$FP = \frac{P_{3\phi}}{S_{3\phi}} \quad \text{Ecuación 4}$$

En estas fórmulas descritas se encontrará las potencias para cada línea, posterior a eso para obtener la total, se requiere realizar una sumatoria de cada línea que conforma el sistema trifásico

Comparación de datos. – Se elabora la tabla 2 donde se compara los datos cálculos con los datos que nos arroja el software

Elaboración de diagramas. – Se dibuja los diagramas fasoriales, triángulos de potencias, ondas senoidales tensión – corriente.

2.6 BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- [1] J. C. Campos Avella y E. Lora Figueroa, Corrección del factor de potencia y control de la demanda, Cali: Universidad Autónoma de Occidente. [Último acceso: 10 Febrero 2022].
- [2] ARCONEL, «Agencia de Regulación y Control de Electricidad,» 7 Diciembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/074-17.doc.pdf>. [Último acceso: 28 Enero 2022].
- [3] J. G. Trasancos, Instalaciones Eléctricas en Media y Baja Tensión, España: Paraninfo, 2016.

INFORME DE PRÁCTICA

Nota: El informe debe ser conciso, simple y claro, no debe contener más de 5 hojas, debe ser desarrollado a mano, no carátula, no carpetas, no binchas, se debe presentar grapado y ocupando toda el área de la hoja.

TEMA: Visualización y medición de parámetros eléctricos con carga combinada

NÚMERO DE PRÁCTICA: 04

NOMBRE(S): Ejemplo

FECHA: 16/02/2022

1

RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabulación de datos obtenidos en el software

Tabla 1: Tabulación de datos obtenidos en el software

MEDICIÓN DE TENSIÓN L-L		
MAGNITUD	VALOR	UNIDAD
Tensión VL1 – L2	216,16	(Voltios)
Tensión VL1 – L3	215,26	(Voltios)
Tensión VL2 – L3	216,25	(Voltios)
MEDICIÓN DE TENSIÓN L-N		
Tensión VL1 – N	124,13	(Voltios)
Tensión VL2 – N	124,13	(Voltios)
Tensión VL3 – N	125,13	(Voltios)
MEDICIÓN DE CORRIENTE		
Corriente L1	2,46	(Amperios)
Corriente L2	3,58	(Amperios)
Corriente L3	2,44	(Amperios)
MEDICIÓN DE FACTOR DE POTENCIA		
L1	0,96	16,7 °
L2	0,9	25,9 °
L3	0,93	21 °
Factor de Potencia Total	0,97	14°

2

Cálculo matemático

Encontrar las potencias activa, reactiva y aparente en función a los datos tabulados

- Potencia Activa

$$P_{3\phi} = P_{L1} + P_{L2} + P_{L3}$$

$$P_{L1} = V \times I \times \cos\phi$$

$$P_{L1} = 124,63[V] \times 2,44[A] \times 0,95$$

$$P_{L1} = 288,9[W]$$

$$P_{L2} = V \times I \times \cos\phi$$

$$P_{L2} = 124,63[V] \times 2,5[A] \times 0,93$$

$$P_{L2} = 289,76[W]$$

$$P_{L3} = V \times I \times \cos\varphi$$

$$P_{L3} = 125,63[V] \times 2,46[A] \times 0,93$$

$$P_{L3} = 287,42[W]$$

$$P_{3\phi} = 288,9 + 289,76 + 287,42 [W]$$

$$P_{3\phi} = 866,08[W]$$

$$P_{3\phi} = \mathbf{0,87[kW]}$$

- **Potencia Aparente**

$$S_{3\phi} = S_{L1} + S_{L2} + S_{L3}$$

$$S_{L1} = V \times I$$

$$S_{L1} = 124,63[V] \times 2,44[A]$$

$$S_{L1} = 304,1 [VA]$$

$$S_{L2} = V \times I$$

$$S_{L2} = 124,63[V] \times 2,5[A]$$

$$S_{L2} = 311,58[VA]$$

$$S_{L3} = V \times I$$

$$S_{L3} = 125,63[V] \times 2,46[A]$$

$$S_{L3} = 309,05[VA]$$

$$S_{3\phi} = 304,1 + 311,58 + 309,05 [VA]$$

$$S_{3\phi} = 924,73[VA]$$

$$S_{3\phi} = \mathbf{0,92[kVA]}$$

- **Potencia Reactiva**

$$Q_{3\phi} = Q_{L1} + Q_{L2} + Q_{L3}$$

$$Q_{L1} = V \times I \times \text{sen}\varphi$$

$$Q_{L1} = 124,63[V] \times 2,44[A] \times \text{sen}(18,2)$$

$$Q_{L1} = 94,98[var]$$

$$Q_{L2} = V \times I \times \text{sen}\varphi$$

$$Q_{L2} = 124,63[V] \times 2,5[A] \times \text{sen}(21,5)$$

$$Q_{L2} = 114,2[var]$$

$$Q_{L3} = V \times I$$

$$Q_{L3} = 125,63[V] \times 2,46[A] \times \text{sen}(22,1)$$

$$Q_{L3} = 116,27[var]$$

$$Q_{3\phi} = 94,98 + 114,2 + 116,27 [\text{var}]$$

$$Q_{3\phi} = 325,45 [\text{var}]$$

$$Q_{3\phi} = 0,33 [\text{kvar}]$$

3

COMPARACIÓN DE DATOS

Tabla de comparación de datos, calculados respecto a obtenidos por el software

Tabla 2: Comparación de datos

Comparación de datos obtenidos vs calculados				
Parámetros	Datos obtenidos en LabVIEW		Datos calculados	
P. Activa	0,98	kW	0,98	kW
P. Reactiva	0,32	kVAR	0,39	kVAR
P. Aparente	1,06	kVA	1,06	kVA

Análisis:

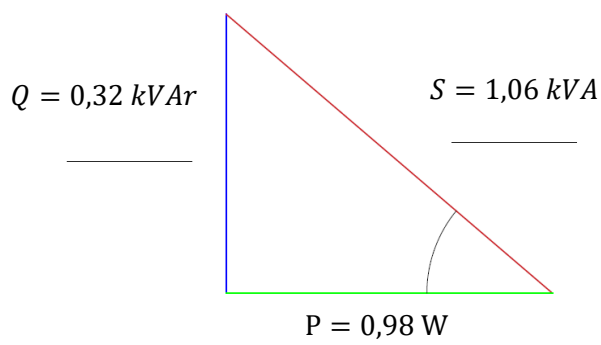
Respecto a la comparación de datos cálculos respecto a los obtenidos existe una mínima diferencia en la potencia reactiva, esta pequeña variación puede deberse a dos aspectos, el uso de decimales aproximados y la toma de datos de LabVIEW en tiempo real, de igual manera la variación de resultados es mínima.

4

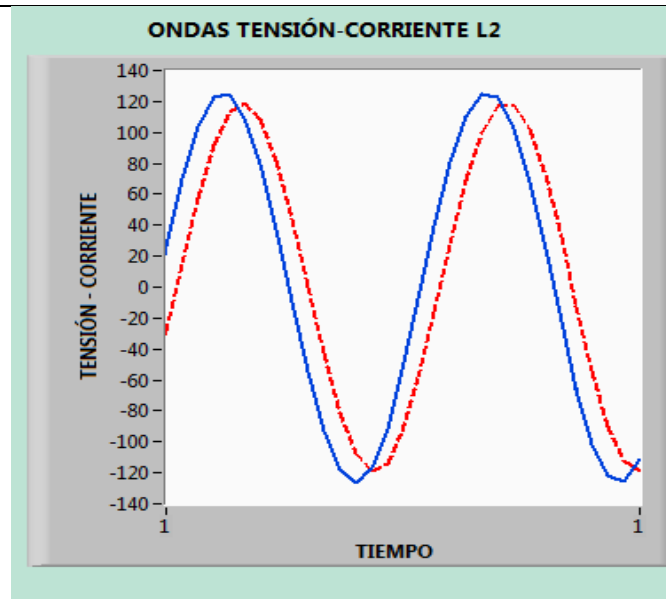
ELABORACIÓN DE DIAGRAMAS

Elabore los diagramas: triángulo de potencias, diagramas fasoriales y ondas senoidales tens corriente con los datos calculados

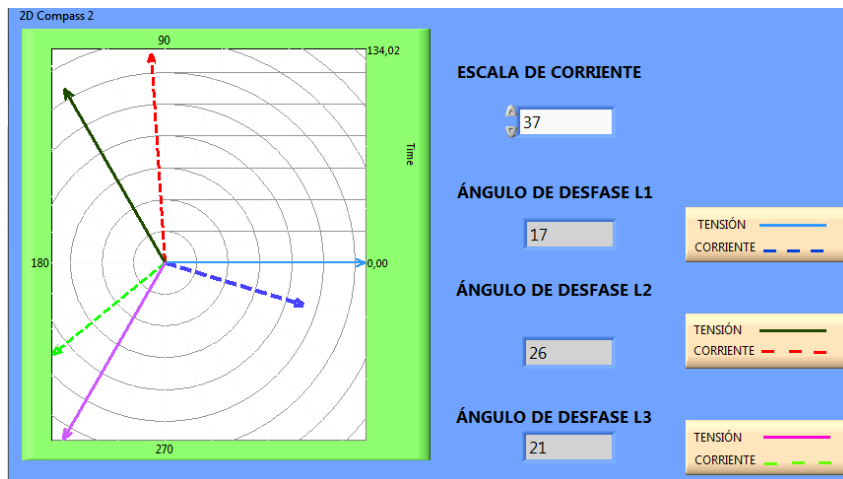
- Triángulo de Potencias



- Ondas de Tensión - Corriente



- **Diagramas Fasoriales**



5

CUESTIONARIO

Describe el proceso de la práctica

1.- ¿Por qué es necesario corregir el factor de potencia?

La finalidad de corregir el factor de potencia es reducir o aún eliminar el costo de energía reactiva en la factura de electricidad. Para lograr esto, es necesario distribuir las unidades capacitivas, dependiendo de su utilización, en el lado del usuario del medidor de potencia.

2.- ¿Qué tipos de banco de condensadores existe?

Existen tres tipos de banco de condensadores los fijos, semiautomáticos y automáticos.

3.- ¿Describe las potencias de un circuito de corriente alterna?

A la energía suministrada a un sistema se le conoce como “energía aparente”. El problema es que no toda la energía que se suministra es aprovechada en los procesos operativos.



A la energía aprovechada en los equipos se le conoce como “energía útil” o “potencia activa”, mientras que a la energía perdida se conoce como “potencia reactiva”.

6	<p>CONCLUSIONES Escriba por lo menos 3 conclusiones</p> <ul style="list-style-type: none"> • El conocer las potencias de un circuito de corriente alterna es base para entender el factor de potencia • Dimensionar un adecuado banco de condensadores para una correcta corrección del factor de potencia • El factor de potencia es la relación existente entre la energía absorbida y la energía útil neta obtenida.
7	<p>ANEXOS Especificaciones de los materiales utilizados (Pueden ser bajados de internet)</p>
8	<p>BIBLIOGRAFÍA Poner la bibliografía utilizada utilizando un formato estandarizado</p>

[1] J. C. Campos Avella y E. Lora Figueroa, Corrección del factor de potencia y control de la demanda, Cali: Universidad Autónoma de Occidente. [Último acceso: 10 Febrero 2022].

[2] ARCONEL, «Agencia de Regulación y Control de Electricidad,» 7 Diciembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/074-17.doc.pdf>. [Último acceso: 28 Enero 2022].

[3] J. G. Trasancos, Instalaciones Eléctricas en Media y Baja Tensión, España: Paraninfo, 2016.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
	GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO	
	UTC-MT-CIYA-IELM-LAB-GELAB-01-REG-03	

LABORATORIO DE CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ELABORADO POR: Docente	REVISADO POR: Laboratorista	APROBADO POR: Director de carrera
Fecha:	Fecha:	Fecha:
Firma:	Firma:	Firma:

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTROMECÁNICA	IELM 306	

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Eléctrica	DURACIÓN (HORAS)
01	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Visualización y medición de parámetros eléctricos con carga inductiva	2

1	OBJETIVO
	<p>Visualizar el comportamiento de las variables eléctricas (tensión, corriente, potencia) en una red trifásica con cargas desequilibradas (inductiva, resistiva y capacitiva), para comprobar los datos emitidos por el instrumento de medición SENTRON PAC 3220 y observarlos en el software LabVIEW</p>

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
	<p>2.1. INTRODUCCIÓN</p> <p style="text-align: center;">CARGA INDUCTIVA</p> <p>Una carga inductiva es parte de un circuito eléctrico que usa energía magnética para producir trabajo. La mayoría de los aparatos eléctricos, motores y otros dispositivos se pueden clasificar como inductivos y esto generalmente tiene que ver con la forma en que absorben y procesan la energía [1].</p> <p>MOTOR ELÉCTRICO</p> <p>Son máquinas eléctricas que transforman energía mecánica la energía eléctrica que absorben por sus bornes [2]</p> <p>CONEXIÓN DELTA O TRIÁNGULO</p> <p>La conexión Delta, se le conoce también como conexión triángulo, por su similitud con el símbolo griego Delta. Es una forma de configuración en donde cada lado de este triángulo dispone de una fuente de voltaje, sin que exista una conexión en un punto en común. Al no existir un punto que conecte las tres fuentes, no se requiere un cable neutro como si ocurre con la “Y”, de este modo, si una de las fuentes de voltaje falla, no afectaría el voltaje del</p>

sistema en general, siendo esa una de las principales diferencias entre conexiones estrella y triángulo.

En esta conexión las bobinas crean tres voltajes desfasados, cada uno con una intensidad diferente. Se trata entonces de una conexión serial en el cual las bobinas del motor van conectadas una a otra, suministrando una conexión trifásica a cada nodo [3].

2.2. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Fuente de alimentación 220V.
- SENTRON PAC 3220.
- Multímetro.
- Cables para realizar la conexión.
- Módulo para visualizar la corrección del factor de potencia.
- Hoja de práctica.

2.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD

- Verificar que el equipo no este energizado.
- Realizar las conexiones de las cargas con la protección eléctrica abierta.
- Verificar el estado de los cables.
- Realizar correctamente la conexión del motor y de la carga resistiva.
- **EPP:** Mandil.

Instrucciones de seguridad:

- Lea y comprenda la presente guía de laboratorio.
- Lea y comprenda el manual de seguridad y operación del equipo de experimentación.
- Siga las instrucciones correspondientes para el correcto funcionamiento del equipo.
- No corra dentro del laboratorio.
- Absténgase de usar el teléfono celular.
- Aleje sus manos del motor.

2.4. TRABAJO PREPARATORIO

¿Qué es una carga desequilibrada?

Sistema de cargas desequilibrado, cuando las impedancias de las cargas son distintas y hacen que por el receptor circulen intensidades de fase distintas.

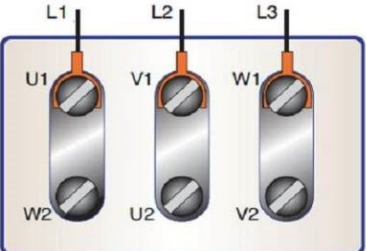
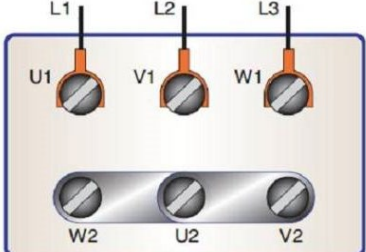
¿Defina el factor de potencia?

El factor de potencia es una medida de la eficiencia o rendimiento de nuestro sistema eléctrico. Este indicador mide el aprovechamiento de la energía (la cantidad requerida para transformar en trabajo).

¿Determina la clasificación de las potencias con su respectiva fórmula?

Nombre	Característica	Fórmula
1. Potencia Reactiva	Capacidad para transformar la energía eléctrica en trabajo útil (2)	$V * I * \cos\varphi$ (2)
2. Potencia Activa	Se mide en voltamperios (3)	$V * I$ (3)
3. Potencia Aparente	No produce potencia útil (1)	$V * I * \sen\varphi$ (1)

¿Determina cuál es la conexión delta o triángulo y la conexión estrella?

GRÁFICO	TIPO DE CONEXIÓN
	<p>Delta o triángulo</p> <hr/>
	<p>Estrella</p> <hr/>

2.5 ACTIVIDADES A DESARROLLAR

- 1) Alimentar el módulo mediante la conexión trifásica.



Figura 1. Alimentación trifásica del sistema

- 2) Encender el módulo mediante el accionamiento del breaker Q0 el cual permite la energización del total del mismo.

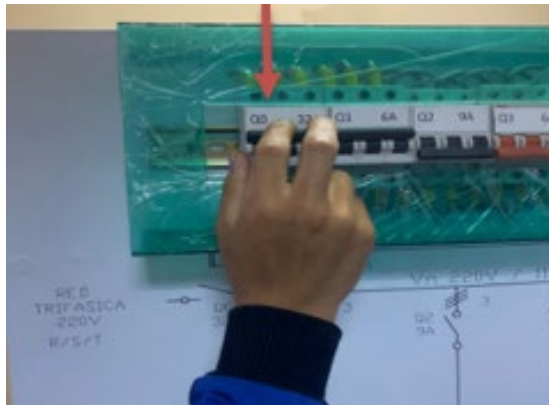


Figura 2. Accionamiento del breaker Q0

- 3) Accione el selector de energización “ENCENDIDO” para su operación (habilitación de energía al CPU, la pantalla, SENTRON PAC 3220 y PLC S7-1200).



Figura 3. Selector de Encendido

- 4) Encender el computador para la utilización del software LabVIEW 2019, lo cual permitirá la visualización de datos de las variables eléctricas y las señales senoidales de la carga.



Figura 4. Encendido del computador

- 5) Asegurarse que los breakers Q1, Q2, Q3 y Q4 estén en contacto abierto, evitando la energización de cada carga del módulo.



Figura 5. Breakers Q1, Q2, Q3 y Q4 desenergización

- 6) Realizar la conexión triángulo del motor trifásico en el módulo mediante los pines respectivos

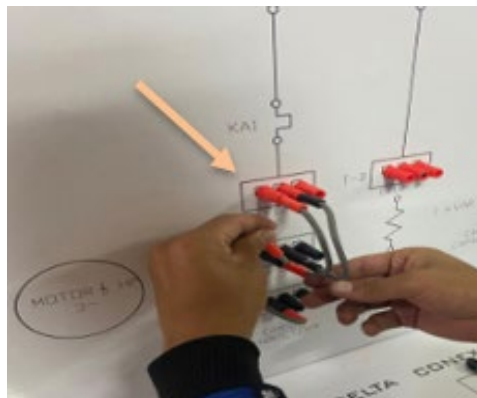


Figura 6. Conexión en triángulo para el motor

- 7) Accionar el breaker Q4 para la obtención de datos del SENTRON PAC 3220



Figura 7. Accionamiento del breaker Q4

- 8) Accionar el breaker Q1 para energizar el motor.

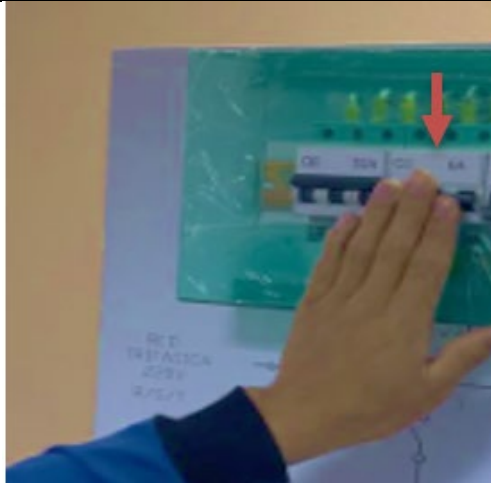


Figura 8. Accionamiento del breaker Q1

- 9) Accione el selector de Motor para el funcionamiento del mismo.



Figura 9. Selector del Motor

- 10) En la parte de escritorio se encuentra una aplicación del factor de potencia, la misma que dirige al software que permite la visualización de los parámetros eléctricos con sus respectivas ondas del proceso en tiempo real

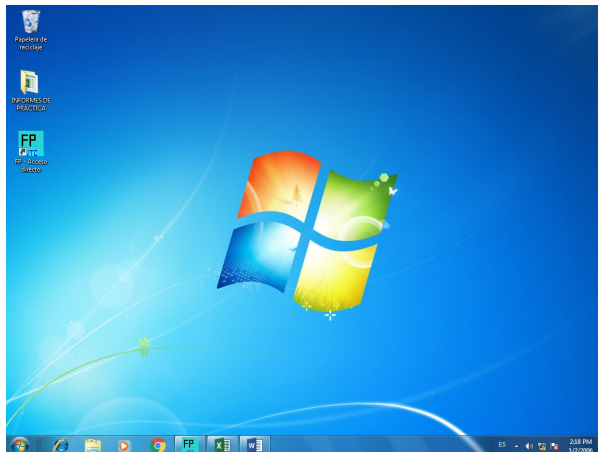


Figura 9. Escritorio de la computadora del módulo

11) Se procede a dar clic en el icono de la figura 10.



Figura 10. Archivo factor de potencia LabView Project

12) En la ventana principal del software, se encuentra los datos de los autores de la tesis.



Figura 11. Pantalla principal

13) Seleccionar el botón siguiente para dirigirse al menú principal que permitirá la interacción con las diferentes opciones que permite el programa.



Figura 12. Selección del botón 'SIGUIENTE'

14) Escoger el modo de manipulación del equipo ya sea manual que permitirá el accionamiento del resto de cargas mediante las perillas o virtual que permitirá el accionamiento mediante botones en el software.

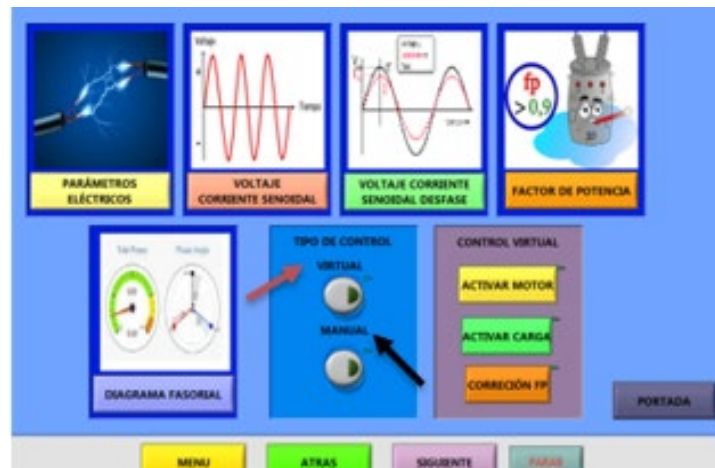


Figura 13. Modo de manipulación del sistema

- 15) Una vez escogido el modo de manipulación del equipo, se selecciona las diferentes categorías de visualización que nos ofrece el software.

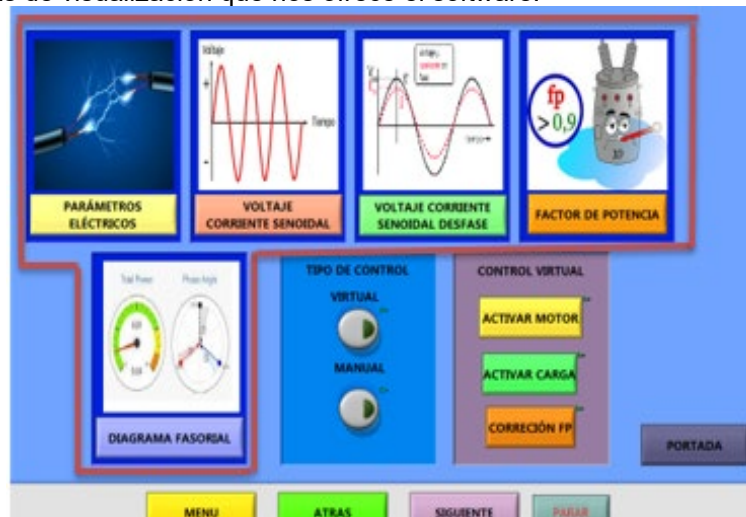


Figura 14. Visualización de parámetros eléctricos del sistema

- 16) En la pantalla visualizar y anotar los datos que nos aporta cada uno de los parámetros eléctricos cuando se trabaja con carga inductiva.
- 17) Se comparará los datos del interfaz gráfico con el multímetro digital
- 18) Manipulación del SENTRON PAC 3220:
- Con el número 1, la tecla se activa una vez mediante una breve pulsación de su superficie y está retrocede para visualizar los valores de los parámetros eléctricos.
 - Con el número 2, la tecla se activa una vez mediante una breve pulsación de su superficie y está avanza para visualizar los valores de los parámetros eléctricos ver figura 15.



Figura 15. SENTRON PAC 3220

2.5.1 METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

Para poder realizar esta práctica se requiere seguir el siguiente proceso:



Figura 16. Metodología para la práctica

Tabulación de datos. – Una vez realizada los pasos descritos en las actividades a desarrollar, se procede a tabular los datos en la tabla 1, adquiridos por el software para realizar los cálculos respectivos de potencias, todo se realizará en el informe de práctica.

Cálculo de Potencias. - Una vez tabulados los datos necesarios se procede al cálculo de las potencias activas, reactiva y aparente para su posterior comparación con los datos obtenidos en el software LabVIEW, con el SENTRON PAC 3220.

- **Potencia Activa**

$$P_L = V \times I \times \cos\phi$$

Ecuación 1

- **Potencia Reactiva**

$$S_L = V \times I$$

Ecuación 2

- **Potencia Reactiva**

$$Q_L = V \times I \times \sin\phi$$

Ecuación 3

- **Factor de Potencia**

$$FP = \frac{P_{3\phi}}{S_{3\phi}}$$

Ecuación 4

En estas fórmulas descritas se encontrará las potencias para cada línea, posterior a eso para obtener la total, se requiere realizar una sumatoria de cada línea que conforma el sistema trifásico

Comparación de datos. – Se elabora la tabla 2 donde se compara los datos cálculos con los datos que nos arroja el software

Elaboración de diagramas. – Se dibuja los diagramas fasoriales, triángulos de potencias, ondas senoidales tensión – corriente.

2.6 BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- [1] SPIEGATO, «¿Qué es una carga inductiva?,» [En línea]. Available: <https://spiegato.com/es/que-es-una-carga-inductiva#:~:text=Una%20carga%20inductiva%20es%20parte,absorben%20y%20procesan%20la%20energ%C3%ADa..> [Último acceso: 08 02 2022].
- [2] MHEducation, «Motores Eléctricos,» [En línea]. Available: <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448173104.pdf>. [Último acceso: 08 02 2022].
- [3] Anónimo, «SUBBIR,» 12 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://subir.cc/conexiones-estrella-y-triangulo/>. [Último acceso: 25 Enero 2022].

INFORME DE PRÁCTICA

Nota: El informe debe ser conciso, simple y claro, no debe contener más de 5 hojas, debe ser desarrollado a mano, no carátula, no carpetas, no binchas, se debe presentar grapado y ocupando toda el área de la hoja.

TEMA:

NÚMERO DE PRÁCTICA:

NOMBRE(S):

FECHA:

1

RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabulación de datos obtenidos en el software

Tabla 1: Tabulación de datos obtenidos en el software

MEDICIÓN DE TENSIÓN L-L		
MAGNITUD	VALOR	UNIDAD
Tensión VL1 – L2		
Tensión VL1 – L3		
Tensión VL2 – L3		
MEDICIÓN DE TENSIÓN L-N		
Tensión VL1 – N		
Tensión VL2 – N		
Tensión VL3 – N		
MEDICIÓN DE CORRIENTE		
Corriente L1		
Corriente L2		
Corriente L3		
MEDICIÓN DE FACTOR DE POTENCIA		
L1		
L2		
L3		
Factor de Potencia Total		

2

Cálculo matemático

Encontrar las potencias activa, reactiva y aparente en función a los datos tabulados

- **Potencia Activa**

- **Potencia Aparente**

- **Potencia Reactiva**

3 COMPARACIÓN DE DATOS
Tabla de comparación de datos, calculados respecto a obtenidos por el software

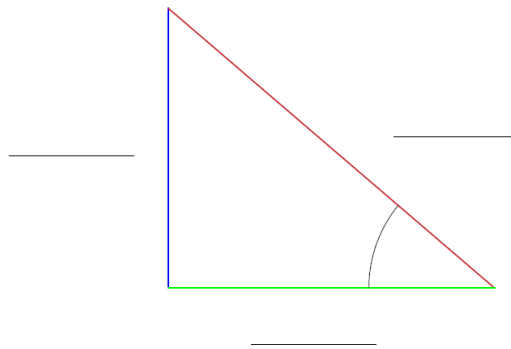
Tabla 2: Comparación de datos

Comparación de datos obtenidos vs calculados				
Parámetros	Datos obtenidos en LabVIEW		Datos calculados	

Análisis:

4 ELABORACIÓN DE DIAGRAMAS
Elabore los diagramas: triángulo de potencias, diagramas fasoriales y ondas senoidales tensión corriente con los datos calculados



- **Trángulo de Potencias**



- **Ondas Senoidales Tensión – Corriente (Escoger la línea de preferencia)**

- **Diagrama Fasorial**

5	<p>CUESTIONARIO Describe el proceso de la práctica</p> <p>1.- ¿Cuáles son las causas del bajo factor de potencia?</p> <p>2.- ¿Cuál es la importancia de visualizar el proceso de corrección del factor de potencia?</p> <p>3.- ¿Qué nos indica una corriente retrasada con respecto a la tensión?</p>
6	<p>CONCLUSIONES Escriba por lo menos 3 conclusiones</p>
7	<p>ANEXOS Colocar el informe que genera el LabView</p>
8	<p>BIBLIOGRAFÍA Poner la bibliografía utilizada utilizando un formato estandarizado</p> <p>[1] SPIEGATO, «¿Qué es una carga inductiva?,» [En línea]. Available: https://spiegato.com/es/que-es-una-carga-inductiva#:~:text=Una%20carga%20inductiva%20es%20parte,absorben%20y%20procesan%20la%20energ%C3%ADa.. [Último acceso: 08 02 2022].</p> <p>[2] MHEducation, «Motores Eléctricos,» [En línea]. Available: https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448173104.pdf. [Último acceso: 08 02 2022].</p> <p>[3] Anónimo, «SUBBIR,» 12 Marzo 2018. [En línea]. Available: https://subir.cc/conexiones-estrella-y-triangulo/. [Último acceso: 25 Enero 2022].</p>

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
	GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO	
	UTC-MT-CIYA-IELM-LAB-GELAB-01-REG-03	

LABORATORIO DE CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ELABORADO POR: Docente	REVISADO POR: Laboratorista	APROBADO POR: Director de carrera
Fecha:	Fecha:	Fecha:
Firma:	Firma:	Firma:

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTROMECÁNICA	IELM 306	

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Eléctrica	DURACIÓN (HORAS)
03	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Visualización y medición de parámetros eléctricos con carga capacitiva	2

1	OBJETIVO
	<p>Visualizar el comportamiento de las variables eléctricas (tensión, corriente, potencia) en una red trifásica con cargas desequilibradas (inductiva, resistiva y capacitiva), para comprobar los datos emitidos por el instrumento de medición SENTRON PAC 3220 y observarlos en el software LabVIEW</p>

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
	<p>2.1. INTRODUCCIÓN</p> <p style="text-align: center;">CARGA CAPACITIVA</p> <p>En las cargas capacitivas la corriente se encuentra adelantada con respecto a la tensión en 90°, su aplicación es muy útil para lograr la corrección del factor de potencia, el capacitor se carga y descarga (usa la potencia y la regresa, pero no la consume). Se encuentran en banco de condensadores, motores [1].</p> <p style="text-align: center;">BANCO DE CONDENSADORES</p> <p>Los condensadores almacenan energía eléctrica, y los bancos de condensadores son la unión de varios condensadores conectados entre sí que compensan la energía reactiva y aumentan el factor de potencia. Esto resulta en una rejilla más estable con mayor capacidad de transmisión y pérdidas reducidas.</p> <p>Dicha Energía Reactiva es absorbida por los condensadores, los cuales estabilizan la carga y evitan que sea transmitida a la red del operador. Esta acción recibe el nombre de compensación de energía.</p> <p>Existen varias ventajas de instalar un banco de condensadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuentan con una vida útil muy larga gracias a sus materiales de fabricación resistentes.

- Mantenimiento sencillo y de bajo costo
- Son fabricados con altas medidas de seguridad evitando el peligro en caso de una falla en la red eléctrica o de algún accidente.
- Elimina la penalización por energía reactiva, reduciendo el valor total de la factura mensual de energía.
- Reduce las caídas de tensión.
- Disminuye las pérdidas de la red eléctrica por calentamientos en sus componentes.
- Aumenta la vida útil de sus equipos y maquinarias [2].

Condensadores estáticos

El condensador estático recibe este nombre, debido a que no tiene partes móviles.

Son los más aconsejables para uso en plantas industriales ya que presenta las siguientes ventajas:

- Alto rendimiento 99% o más para potencias pequeñas
- No necesitan de combustible para la operación
- La energía eléctrica que consume es menor de 3vatios por kVAR
- Su mantenimiento es casi nulo
- La conexión y desconexión del equipo es más sencilla

También presentan las siguientes desventajas

- Cuando la planta está funcionando pueden aparecer ondas armónicas grandes por estar en resonancia con el transformador, causando un calentamiento excesivo de los condensadores [3].

2.2. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Fuente de alimentación 220V.
- SENTRON PAC 3220.
- Multímetro digital.
- Cables para realizar la conexión.
- Módulo para visualizar la corrección del factor de potencia.
- Hoja de práctica.

2.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD

- Verificar que el equipo no este energizado.
- Realizar las conexiones de las cargas con la protección eléctrica abierta.
- Verificar el estado de los cables.
- Realizar correctamente la conexión del motor y de la carga resistiva.
- **EPP:** Mandil.

Instrucciones de seguridad:

- Lea y comprenda la presente guía de laboratorio.
- Lea y comprenda el manual de seguridad y operación del equipo de experimentación.
- Siga las instrucciones correspondientes para el correcto funcionamiento del equipo.
- No corra dentro del laboratorio.
- Absténgase de usar el teléfono celular.
- Aleje sus manos del motor.

2.4. TRABAJO PREPARATORIO

¿Qué es un condensador?

Un condensador es un componente eléctrico que almacena carga eléctrica en forma de diferencia de potencial para liberarla posteriormente. También se suele llamar capacitor eléctrico.

¿Cuáles son los diferentes tipos de banco de condensadores?

Banco de condensadores de tipo fijo y banco de condensadores de tipo automático

¿Cuál es la diferencia entre carga inductiva y carga capacitiva?

Las cargas capacitivas incluyen la energía almacenada en materiales y dispositivos, como los condensadores, y provocan que los cambios en la tensión se retrasen respecto de los cambios en la corriente. Las cargas inductivas generalmente son aquellas en las que la electricidad circula a través de bobinas. Normalmente son motores.

2.5 ACTIVIDADES A DESARROLLAR

- 1) Alimentar el módulo mediante la conexión trifásica.



Figura 1. Alimentación trifásica del sistema

- 2) Encender el módulo mediante el accionamiento del breaker Q0 el cual permite la energización del total del mismo.



Figura 2. Accionamiento del breaker Q0

- 3) Accione el selector de energización "ENCENDIDO" para su operación (habilitación de energía al CPU, la pantalla, SENTRON PAC 3220 y PLC S7-1200).



Figura 3. Selector de Encendido

- 4) Encender el computador para la utilización del software LabVIEW 2019, lo cual permitirá la visualización de datos de las variables eléctricas, las señales senoidales de la carga y diagramas fasoriales.



Figura 4. Encendido del computador

- 5) Asegurarse que los breakers Q1, Q2, Q3 y Q4 estén en contacto abierto, evitando la energización de cada carga del módulo.

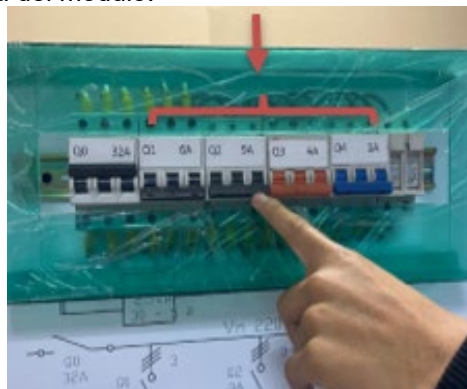


Figura 5. Breakers Q1, Q2, Q3 y Q4 desenergización

- 6) Accionar el breaker Q4 para la obtención de datos del SENTRON PAC 3220

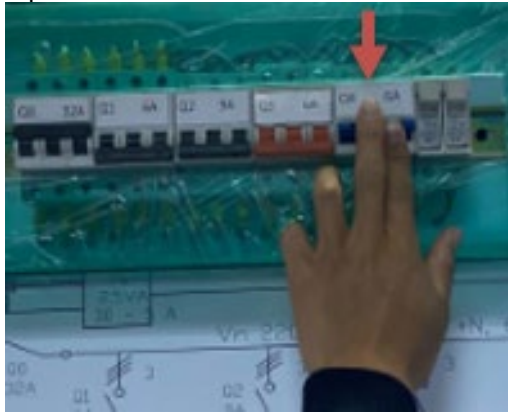


Figura 7. Accionamiento del breaker Q4

- 7) Accione Q3 para energizar los condensadores

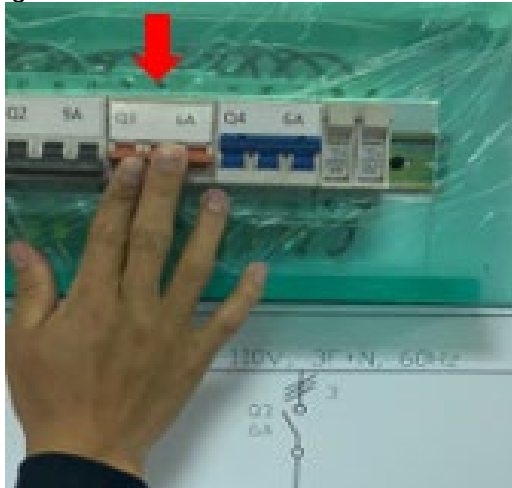


Figura 8. Accionamiento del breaker Q3

- 8) Accione el selector de CORRECCIÓN F.P. para el funcionamiento de los condensadores



Figura 9. Selector de la carga capacitiva

- 9) En la parte de escritorio se encuentra una aplicación del factor de potencia, la misma que dirige al software que permite la visualización de los parámetros eléctricos con sus respectivas ondas del proceso en tiempo real.

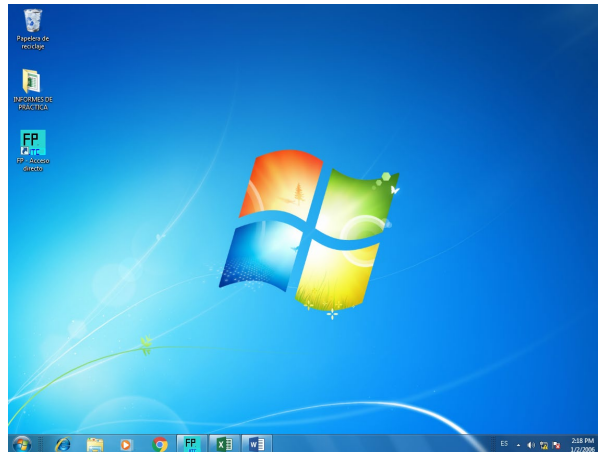


Figura 10. Escritorio de la computadora del módulo

10) Se procede a dar clic en el icono de la figura 11.



Figura 11. Aplicación del factor de potencia

11) En la ventana principal del software, se encuentra los datos de los autores de la tesis.



Figura 12. Pantalla principal

- 12) Seleccionar el botón siguiente para dirigirse al menú principal que permitirá la interacción con las diferentes opciones que permite el programa.



Figura 13. Selección del botón 'SIGUIENTE'

- 13) Escoger el modo de manipulación del equipo ya sea manual que permitirá el accionamiento del resto de cargas mediante las perillas o virtual que permitirá el accionamiento mediante botones en el software.

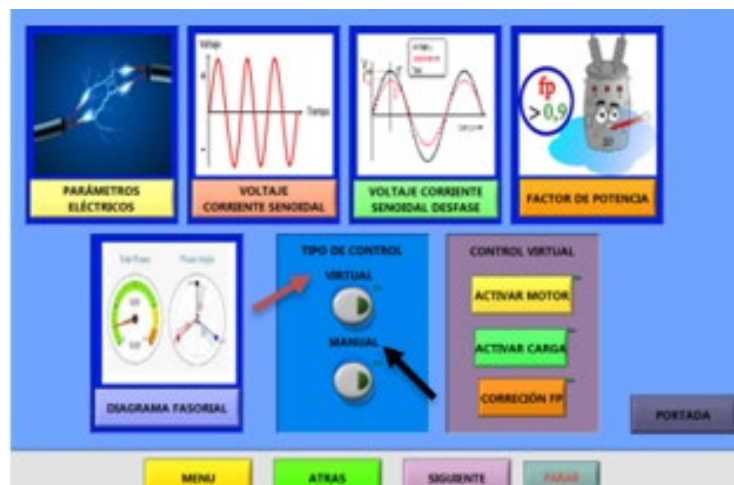


Figura 14. Modo de manipulación del sistema

- 14) Una vez escogido el modo de manipulación del equipo, se selecciona las diferentes categorías de visualización que nos ofrece el software.

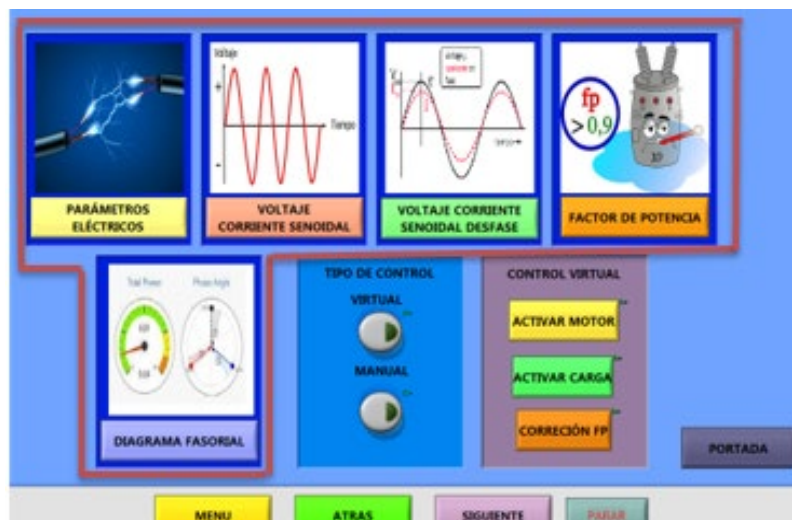


Figura 15. Visualización de parámetros eléctricos del sistema

- 15) En la pantalla visualizar y anotar los datos que nos aporta cada uno de los parámetros eléctricos cuando se trabaja con carga inductiva.
16) Se comparará los datos del interfaz gráfico con el multímetro digital
17) Manipulación del SENTRON PAC 3220:

- Con el número 1, la tecla se activa una vez mediante una breve pulsación de su superficie y está retrocede para visualizar los valores de los parámetros eléctricos.
- Con el número 2, la tecla se activa una vez mediante una breve pulsación de su superficie y está avanza para visualizar los valores de los parámetros eléctricos ver figura 16.



Figura 16. SENTRON PAC3220

2.5.1 METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

Para poder realizar esta práctica se requiere seguir el siguiente proceso:

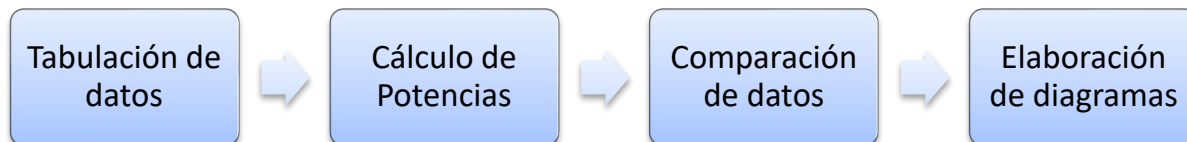


Figura 17. Metodología para la práctica

Tabulación de datos. – Una vez realizada los pasos descritos en las actividades a desarrollar, se procede a tabular los datos en la tabla 1, adquiridos por el software para realizar los cálculos respectivos de potencias, todo se realizará en el informe de práctica.

Cálculo de Potencias. - Una vez tabulados los datos necesarios se procede al cálculo de las potencias activas, reactiva y aparente para su posterior comparación con los datos obtenidos en el software LabVIEW, con el SENTRON PAC 3220.

- **Potencia Activa**

$$P_L = V \times I \times \cos\phi$$

Ecuación 1

- **Potencia Reactiva**

$$S_L = V \times I$$

Ecuación 2

- **Potencia Reactiva**



$$Q_L = V \times I \times \sin\phi$$

Ecuación 3

- **Factor de Potencia**

$$FP = \frac{P_{3\phi}}{S_{3\phi}}$$

Ecuación 4

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
	GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO	
	UTC-MT-CIYA-IELM-LAB-GELAB-01-REG-03	

En estas fórmulas descritas se encontrará las potencias para cada línea, posterior a eso para obtener la total, se requiere realizar una sumatoria de cada línea que conforma el sistema trifásico

Comparación de datos. – Se elabora la tabla 2 donde se compara los datos cálculos con los datos que nos arroja el software

Elaboración de diagramas. – Se dibuja los diagramas fasoriales, triángulos de potencias, ondas senoidales tensión – corriente.

2.6 BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

[1] Anónimo, «Cargas inductivas, capacitivas y resistivas,» [En línea]. Available:

<https://sites.google.com/site/maquinaselectricascarlos/clients/--cargas-inductivas-capacitivas-y-resistivas>. [Último acceso: 08 12 2021].

[2] Anónimo, «HG ingeniería,» 08 Mayo 2019. [En línea]. Available:

<https://hgingeneria.com.co/banco-de-condensadores-que-es-y-para-que-sirve/>. [Último acceso: 10 Febrero 2022].

[3] F. S. Llumiquinga Loya, «Diseño de un banco de condesadores para la corrección del factor de potencia de la empresa BANCHIFOOD S.A.,» UPS, Quito, 2012.

INFORME DE PRÁCTICA

Nota: El informe debe ser conciso, simple y claro, no debe contener más de 5 hojas, debe ser desarrollado a mano, no carátula, no carpetas, no binchas, se debe presentar grapado y ocupando toda el área de la hoja.

TEMA: Visualización y medición de parámetros eléctricos con carga capacitiva

NÚMERO DE PRÁCTICA: 03

NOMBRE(S): Ejemplo

FECHA: 16/02/2022

1 RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabulación de datos obtenidos en el software

Tabla 1: Tabulación de datos obtenidos en el software

MEDICIÓN DE TENSIÓN L-L		
MAGNITUD	VALOR	UNIDAD
Tensión VL1 – L2		
Tensión VL1 – L3		
Tensión VL2 – L3		
MEDICIÓN DE TENSIÓN L-N		
Tensión VL1 – N		
Tensión VL2 – N		
Tensión VL3 – N		
MEDICIÓN DE CORRIENTE		
Corriente L1		
Corriente L2		
Corriente L3		
MEDICIÓN DE FACTOR DE POTENCIA		
L1		
L2		
L3		
Factor de Potencia Total		

2 Cálculo matemático

Encontrar las potencias activa, reactiva y aparente en función a los datos tabulados

- **Potencia Activa**

- **Potencia Aparente**

-

- **Potencia Reactiva**

3 **COMPARACIÓN DE DATOS**
Tabla de comparación de datos, calculados respecto a obtenidos por el software

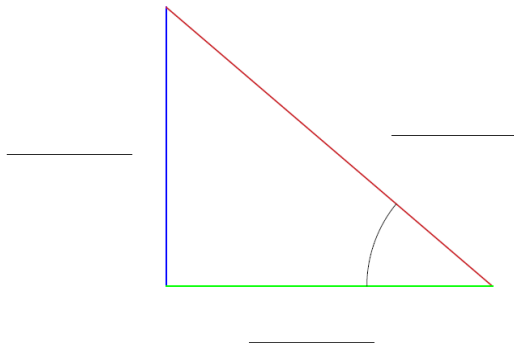
Tabla 2: Comparación de datos

Comparación de datos obtenidos vs calculados				
Parámetros	Datos obtenidos en LabVIEW		Datos calculados	

Análisis:

4 **ELABORACIÓN DE DIAGRAMAS**
Elabore los diagramas: triángulo de potencias, diagramas fasoriales y ondas senoidales tens corriente con los datos calculados

- **Trángulo de Potencias**



- **Ondas Senoidales Tensión – Corriente (Escoger la línea de preferencia)**
- **Diagramas Fasoriales**

5	CUESTIONARIO Describe el proceso de la práctica
<p>1.- ¿Por qué es importante el banco de condensadores en la corrección del factor de potencia?</p> <p>2.- ¿Qué tipo de instalaciones de banco de condensadores existe?</p> <p>3. Realice un mapa conceptual de los tipos de potencias eléctricas.</p>	
6	CONCLUSIONES Escriba por lo menos 3 conclusiones
7	ANEXOS Colocar el informe que genera el LabView
8	BIBLIOGRAFÍA Poner la bibliografía utilizada utilizando un formato estandarizado

**LABORATORIO DE
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

ELABORADO POR: Docente	REVISADO POR: Laboratorista	APROBADO POR: Director de carrera
Fecha:	Fecha:	Fecha:
Firma:	Firma:	Firma:

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA	IELM 306	

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Eléctrica	DURACIÓN (HORAS)
02	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Visualización y medición de parámetros eléctricos con carga resistiva	2

1	OBJETIVO
	Visualizar el comportamiento de las variables eléctricas (tensión, corriente, potencia) en una red trifásica con cargas desequilibradas (inductiva, resistiva y capacitiva), para comprobar los datos emitidos por el instrumento de medición SENTRON PAC 3220 y observarlos en el software LabVIEW

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
	<p>2.1. INTRODUCCIÓN</p> <p align="center">CARGA RESISTIVA</p> <p>Las cargas resistivas son simplemente aquellas en las que la electricidad produce calor y no movimiento. Típicas cargas de este tipo son las lámparas incandescentes o los radiadores eléctricos [1].</p> <p>Un resistor es un mecanismo que resiste el flujo de la electricidad. Al hacerlo, parte de la energía eléctrica es disipada como calor. Dos cargas comunes resistivas son los bulbos de luz incandescente y los calentadores eléctricos. La resistencia (R) es medida en ohms.</p> <p>Un bulbo de luz incandescente produce luz al pasar corriente eléctrica a través de un filamento en un vacío. La resistencia del filamento causa que se caliente y la energía eléctrica es convertida en energía luminosa. Los calentadores eléctricos trabajan de la misma manera, excepto que ellos producen una poca, si acaso, de luz.</p> <p>La corriente eléctrica y el voltaje en una carga resistiva se dicen estar "en fase" uno con otro. Como el voltaje se eleva o cae, la corriente también se eleva y cae con éste [2].</p> <p align="center">CONEXIÓN DELTA O TRIÁNGULO</p> <p>La conexión Delta, se le conoce también como conexión triángulo, por su similitud con el símbolo griego Delta. Es una forma de configuración en donde cada lado de este triángulo</p>

dispone de una fuente de voltaje, sin que exista una conexión en un punto en común. Al no existir un punto que conecte las tres fuentes, no se requiere un cable neutro como si ocurre con la “Y”, de este modo, si una de las fuentes de voltaje falla, no afectaría el voltaje del sistema en general, siendo esa una de las principales diferencias entre conexiones estrella y triángulo.

En esta conexión las bobinas crean tres voltajes desfasados, cada uno con una intensidad diferente. Se trata entonces de una conexión serial en el cual las bobinas del motor van conectadas una a otra, suministrando una conexión trifásica a cada nodo [3].

2.2. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Fuente de alimentación 220V.
- SENTRON PAC 3220.
- Multímetro digital.
- Cables para realizar la conexión.
- Módulo para visualizar la corrección del factor de potencia.
- Hoja de práctica.

2.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD

- Verificar que el equipo no este energizado.
- Realizar las conexiones de las cargas con la protección eléctrica abierta.
- Verificar el estado de los cables.
- Realizar correctamente la conexión del motor y de la carga resistiva.
- **EPP:** Mandil.

Instrucciones de seguridad:

- Lea y comprenda la presente guía de laboratorio.
- Lea y comprenda el manual de seguridad y operación del equipo de experimentación.
- Siga las instrucciones correspondientes para el correcto funcionamiento del equipo.
- No corra dentro del laboratorio.
- Absténgase de usar el teléfono celular.
- Aleje sus manos del motor.

2.4. TRABAJO PREPARATORIO

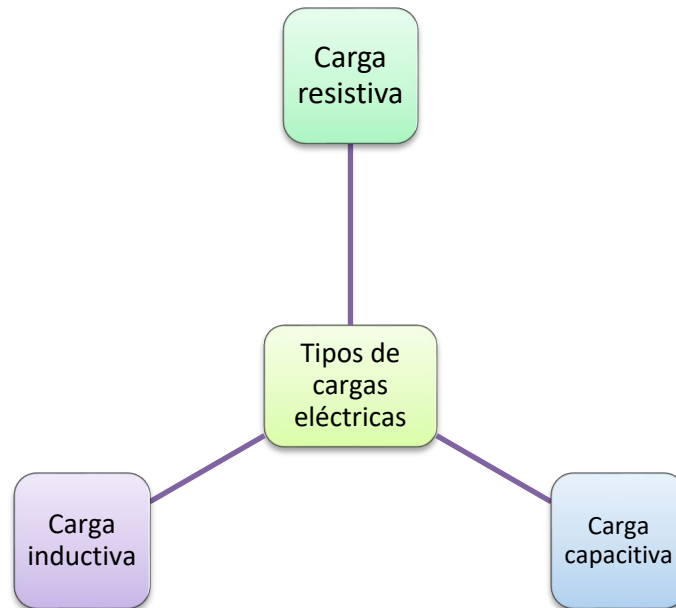
¿Qué es una carga lineal?

La mayor parte de las cargas eléctricas se tipifican como cargas convencionales; estas se comportan linealmente, lo cual significa que, al aplicar una tensión, la forma de onda de la corriente conserva esa misma forma.

¿Defina la diferencia entre carga inductiva y carga resistiva?

Las cargas resistivas son simplemente aquellas en las que la electricidad produce calor y no movimiento. Típicas cargas de este tipo son las lámparas incandescentes o los radiadores eléctricos. Las cargas inductivas generalmente son aquellas en las que la electricidad circula a través de bobinas.

Realice un mapa conceptual de los diferentes tipos de cargas eléctricas



2.5 ACTIVIDADES A DESARROLLAR

- 1) Alimentar el módulo mediante la conexión trifásica.



Figura 1. Alimentación trifásica del sistema

- 2) Encender el módulo mediante el accionamiento del breaker Q0 el cual permite la energización del total del mismo.

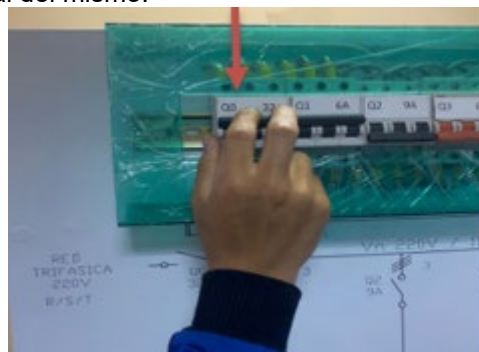


Figura 2. Accionamiento del breaker Q0

- 3) Accione el selector de energización “ENCENDIDO” para su operación (habilitación de energía al CPU, la pantalla, SENTRON PAC 3220 y PLC S7-1200).



Figura 3. Selector de Encendido

- 4) Encender el computador para la utilización del software LabVIEW 2019, lo cual permitirá la visualización de datos de las variables eléctricas, las señales senoidales de la carga y diagramas fasoriales.



Figura 4. Encendido del computador

- 5) Asegurarse que los breakers Q1, Q2, Q3 y Q4 estén en contacto abierto, evitando la energización de cada carga del módulo.



Figura 5. Breakers Q1, Q2, Q3 y Q4 desenergización

- 6) Realizar la conexión de la carga resistiva (focos) en el módulo mediante los pines respectivos



Figura 6. Conexión de los focos

- 7) Accionar el breaker Q4 para la obtención de datos del SENTRON PAC 3220

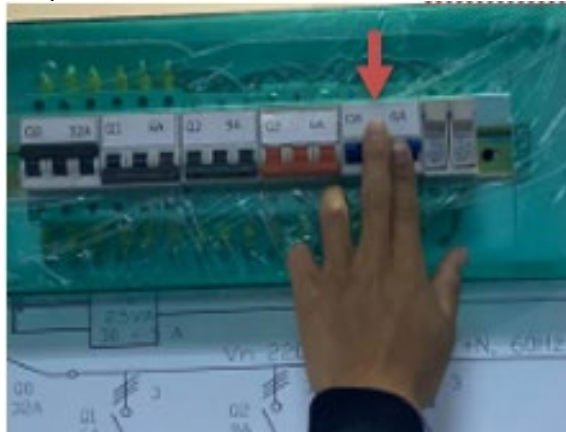


Figura 7. Accionamiento del breaker Q4

- 8) Accionar el breaker Q2 para energizar la carga resistiva.

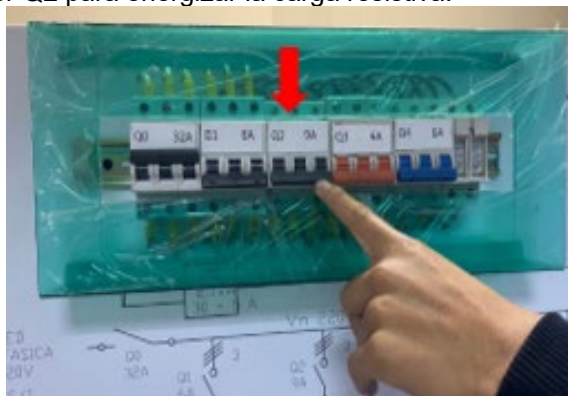


Figura 8. Accionamiento del breaker Q2

- 9) Accione el selector de CARGA para el funcionamiento de la carga resistiva.



Figura 9. Selector del la carga resistiva

- 10) En la parte de escritorio se encuentra una aplicación del factor de potencia, la misma que dirige al software que permite la visualización de los parámetros eléctricos con sus respectivas ondas del proceso en tiempo real.

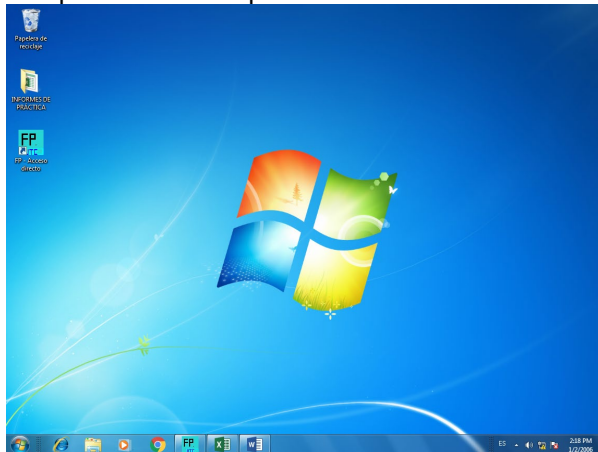


Figura 10. Escritorio de la computadora del módulo

- 11) Se procede a dar clic en el icono de la figura 11.

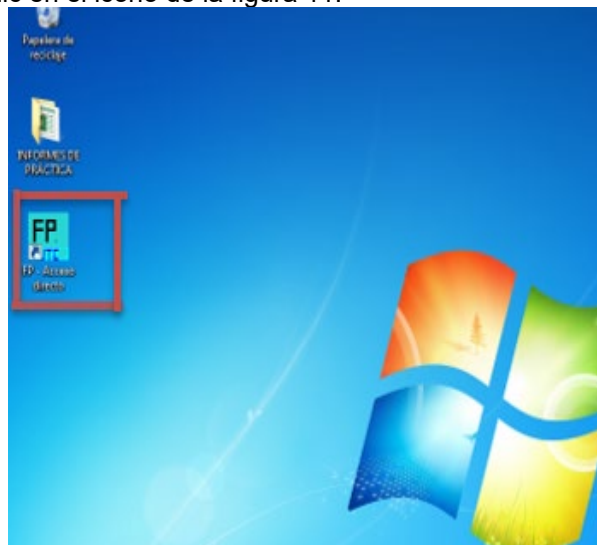


Figura 11. Aplicación del factor de potencia

12) En la ventana principal del software, se encuentra los datos de los autores de la tesis.



Figura 12. Pantalla principal

13) Seleccionar el botón siguiente para dirigirse al menú principal que permitirá la interacción con las diferentes opciones que permite el programa.



Figura 13. Selección del botón 'SIGUIENTE'

14) Escoger el modo de manipulación del equipo ya sea manual que permitirá el accionamiento del resto de cargas mediante las perillas o virtual que permitirá el accionamiento mediante botones en el software.

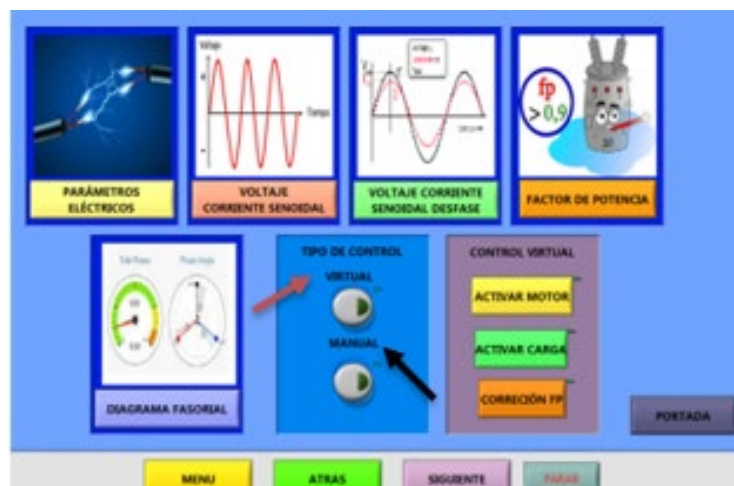


Figura 14. Modo de manipulación del sistema

- 15) Una vez escogido el modo de manipulación del equipo, se selecciona las diferentes categorías de visualización que nos ofrece el software.

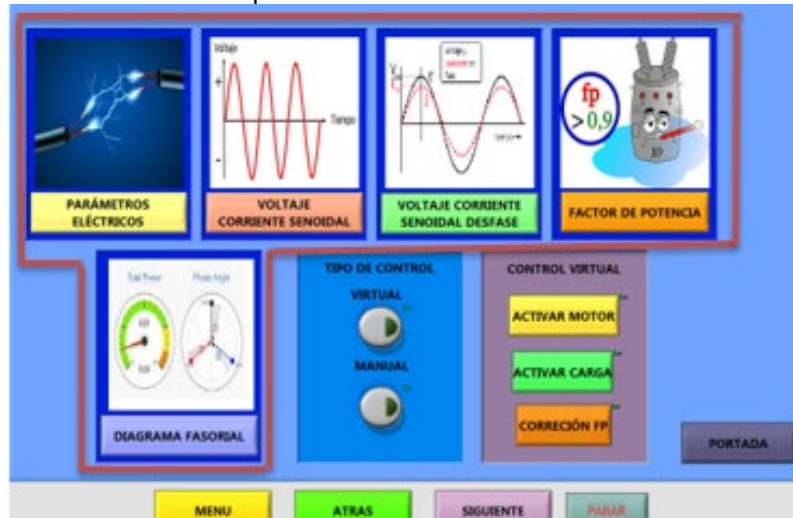


Figura 15. Visualización de parámetros eléctricos del sistema

- 16) En la pantalla visualizar y anotar los datos que nos aporta cada uno de los parámetros eléctricos cuando se trabaja con carga resistiva.
- 17) Se comparará los datos del interfaz gráfico con el multímetro digital
- 18) Manipulación del SENTRON PAC 3220:
- Con el número 1, la tecla se activa una vez mediante una breve pulsación de su superficie y está retrocede para visualizar los valores de los parámetros eléctricos.
 - Con el número 2, la tecla se activa una vez mediante una breve pulsación de su superficie y está avanza para visualizar los valores de los parámetros eléctricos ver figura 16.



Figura 16. SENTRON PAC 3220

2.5.1 METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

Para poder realizar esta práctica se requiere seguir el siguiente proceso:

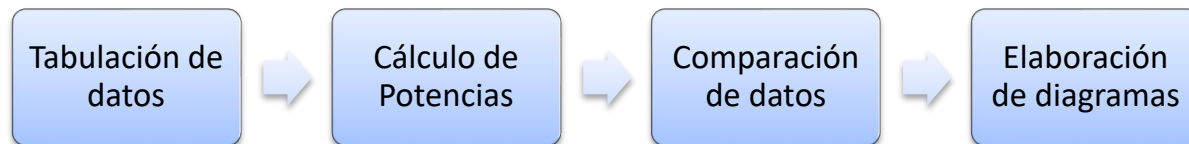


Figura 17. Metodología para la práctica

Tabulación de datos. – Una vez realizada los pasos descritos en las actividades a desarrollar, se procede a tabular los datos en la tabla 1, adquiridos por el software para realizar los cálculos respectivos de potencias, todo se realizará en el informe de práctica.

Cálculo de Potencias. - Una vez tabulados los datos necesarios se procede al cálculo de las potencias activas, reactiva y aparente para su posterior comparación con los datos obtenidos en el software LabVIEW, con el SENTRON PAC 3220.

- **Potencia Activa**

$$P_L = V \times I \times \cos\varphi \quad \text{Ecuación 1}$$

- **Potencia Reactiva**

$$S_L = V \times I \quad \text{Ecuación 2}$$

- **Potencia Reactiva**

$$Q_L = V \times I \times \sin\varphi \quad \text{Ecuación 3}$$

- **Factor de Potencia**

$$FP = \frac{P_{3\phi}}{S_{3\phi}} \quad \text{Ecuación 4}$$

En estas fórmulas descritas se encontrará las potencias para cada línea, posterior a eso para obtener la total, se requiere realizar una sumatoria de cada línea que conforma el sistema trifásico

Comparación de datos. – Se elabora la tabla 2 donde se compara los datos cálculos con los datos que nos arroja el software

Elaboración de diagramas. – Se dibuja los diagramas fasoriales, triángulos de potencias, ondas senoidales tensión – corriente.

2.6 BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

[1] Anónimo, «Proyecto fotovoltaico,» Marzo 2017. [En línea]. Available: https://www2.ineel.mx/proyectofotovoltaico/preg_22.html#:~:text=Las%20cargas%20resistivas%20son%20simplemente,circula%20a%20trav%C3%A9s%20de%20bobinas.. [Último acceso: 09 Febrero 2022].

[2] M. Logan, «Puro Motor,» 21 Julio 2017. [En línea]. Available: <https://www.puromotores.com/13175462/tipos-de-cargas-electricas>. [Último acceso: 09 Febrero 2022].

[3] Anónimo, «SUBBIR,» 12 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://subir.cc/conexiones-estrella-y-triangulo/>. [Último acceso: 25 Enero 2022].

INFORME DE PRÁCTICA

Nota: El informe debe ser conciso, simple y claro, no debe contener más de 5 hojas, debe ser desarrollado a mano, no carátula, no carpetas, no binchas, se debe presentar grapado y ocupando toda el área de la hoja.

TEMA: Visualización y medición de parámetros eléctricos con carga resistiva

NÚMERO DE PRÁCTICA: 02

NOMBRE(S): Ejemplo

FECHA: 16/02/2022

1 RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabulación de datos obtenidos en el software

Tabla 1: Tabulación de datos obtenidos en el software

MEDICIÓN DE TENSIÓN L-L		
MAGNITUD	VALOR	UNIDAD
Tensión VL1 – L2		
Tensión VL1 – L3		
Tensión VL2 – L3		
MEDICIÓN DE TENSIÓN L-N		
Tensión VL1 – N		
Tensión VL2 – N		
Tensión VL3 – N		
MEDICIÓN DE CORRIENTE		
Corriente L1		
Corriente L2		
Corriente L3		
MEDICIÓN DE FACTOR DE POTENCIA		
L1		
L2		
L3		
Factor de Potencia Total		

2 Cálculo matemático

Encontrar las potencias activa, reactiva y aparente en función a los datos tabulados

- **Potencia Activa**
- **Potencia Aparente**
- **Potencia Reactiva**

3 COMPARACIÓN DE DATOS
Tabla de comparación de datos, calculados respecto a obtenidos por el software

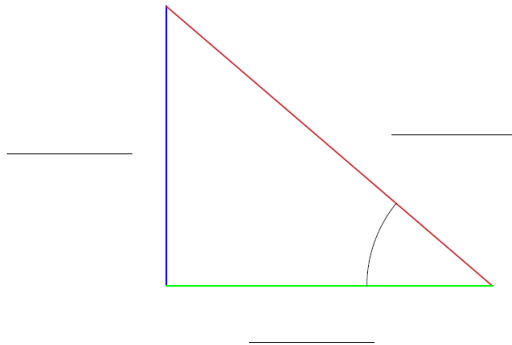
Tabla 2: Comparación de datos

Comparación de datos obtenidos vs calculados				
Parámetros	Datos obtenidos en LabVIEW		Datos calculados	

Análisis:

4 ELABORACIÓN DE DIAGRAMAS
Elabore los diagramas: triangulo de potencias, diagramas fasoriales y ondas senoidales tensión corriente con los datos calculados

- **Trángulo de Potencias**



- **Ondas Senoidales Tensión – Corriente (Escoger la línea de preferencia)**

- **Diagramas Fasoriales**

5	<p>CUESTIONARIO Describe el proceso de la práctica</p> <p>1.- Defina con sus propias palabras a la carga resistiva 2.- ¿Qué son las Cargas lineales y no lineales en los circuitos de C.A.? 3.- ¿Dónde se encuentran las cargas resistivas?</p>
6	<p>CONCLUSIONES Escriba por lo menos 3 conclusiones</p>
7	<p>ANEXOS Colocar el informe que genera el LabView</p>
8	<p>BIBLIOGRAFÍA Poner la bibliografía utilizada utilizando un formato estandarizado</p> <p>[1] Anónimo, «Proyecto fotovoltaico,» Marzo 2017. [En línea]. Available: https://www2.ineel.mx/proyectofotovoltaico/preg_22.html#:~:text=Las%20cargas%20resistivas%20son%20simplemente,circula%20a%20trav%C3%A9s%20de%20bobinas.. [Último acceso: 09 Febrero 2022].</p> <p>[2] M. Logan, «Puro Motor,» 21 Julio 2017. [En línea]. Available: https://www.puromotores.com/13175462/tipos-de-cargas-electricas. [Último acceso: 09 Febrero 2022].</p> <p>[3] Anónimo, «SUBBIR,» 12 Marzo 2018. [En línea]. Available: https://subir.cc/conexiones-estrella-y-triangulo/. [Último acceso: 25 Enero 2022].</p> <p>http://eia.udg.es/~secse/curso_calidad/curso_calidad_de_servicio_electrico_tema1.pdf</p>

**LABORATORIO DE
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**

ELABORADO POR: Docente	REVISADO POR: Laboratorista	APROBADO POR: Director de carrera
Fecha:	Fecha:	Fecha:
Firma:	Firma:	Firma:

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTROMECÁNICA	IELM 306	

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Eléctrica	DURACIÓN (HORAS)
04	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Visualización y medición de parámetros eléctricos con carga combinada (inductiva, resistiva y capacitiva)	2

1	OBJETIVO
	Visualizar el comportamiento de las variables eléctricas (tensión, corriente, potencia) en una red trifásica con cargas desequilibradas (inductiva, resistiva y capacitiva), para comprobar los datos emitidos por el instrumento de medición SENTRON PAC 3220 y observarlos en el software LabVIEW

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
	<p>2.1. INTRODUCCIÓN</p> <p>CARGA COMBINADAS</p> <p>En la vida real y práctica, un circuito está constituido por cargas resistivas, inductivas o capacitivas, o una combinación de las tres.</p> <p>FACTOR DE POTENCIA</p> <p>El factor de potencia se define como la relación entre la potencia activa (kW) usada en un sistema y la potencia aparente (kVA) que se obtiene de las líneas de alimentación [1].</p> <p>Los motores generan mayor carga inductiva ocasionando daños a la red por un bajo factor de potencia, se puede corregir mediante las cargas capacitivas “banco de condensadores” que permite suministrar potencia reactiva a la red eléctrica y mejorar el consumo de corriente de la misma.</p> <p>En Ecuador se registra por resolución número 074/17 del ARCONEL como valor mínimo de Factor de potencia a 0.92, menor de esto será penalizado aplicando el pliego tarifario de acuerdo a la categoría y grupo de tarifa que corresponde. En caso de que el factor de potencia sea menor a 0.6, el consumidor no regulado pondrá a consideración un plan de acción para corregir la desviación identificada [2].</p>

CAUSAS DEL BAJO FACTOR DE POTENCIA

Las cargas inductivas son el origen del bajo factor de potencia ya que son cargas no lineales que contaminan la red eléctrica.

A continuación, se detallan algunas causas por la cual se produce un bajo factor de potencia.

- **Iluminación de descarga (lámparas de vapor de mercurio y fluorescentes).** – estas lámparas requieren de inductancia o de un transformador, varias de estas tendrán mayor demanda de energía reactiva produciendo un bajo factor de potencia
- **Motores de inducción.** – la potencia reactiva que consumen es bajo, el factor de potencia es bajo cuando funciona en vacío o con cargas mucho menores que la nominal
- **Motores operando en vacío.** – cuando menor sea la carga mecánica solicitada, menor será la energía activa consumida, consecuentemente menor es el factor de potencia
- **Motores sobredimensionados.** – la sustitución de un motor por otro de mayor potencia, se da en casos de mantenimiento y reparación
- **Nivel de voltaje por encima del nominal.** – se aplica a motores de inducción, se da el aumento de consumo de energía reactiva
- **Hornos eléctricos de arco voltaico.** – Su factor de potencia varía al calentar el horno
- **Soldadores eléctricos de corriente alterna.** – máquinas construidas con una reactancia interna para limitar las corrientes de cortocircuito en el momento que se produce el arco, esta reactancia es la que produce un bajo factor de potencia [3].

Consecuencias del bajo factor de potencia. - Un bajo factor de potencia produce una mayor circulación de corriente eléctrica en sus instalaciones y en la red de distribución, trayendo consigo daños por efectos de sobrecarga [3].

Las instalaciones eléctricas con un factor de potencia menor a 1.0 afectan las redes eléctricas:

- **Incremento de las pérdidas por efecto joule.** – se dan por el calentamiento de los cables, calentamiento de los transformadores, y el disparo de los dispositivos de protección, debido al consumo excesivo de corriente
- **Sobrecarga de los generadores, transformadores y líneas de distribución.** – el exceso de corriente sobrepasa las corrientes nominales de funcionamiento
- **Aumento de la caída de tensión.** – ocasiona la caída de tensión por pérdida de potencia en el transporte del cable.
- **Incremento en el pago de la factura eléctrica.** – Debido al bajo factor, implica pérdidas en la red, esto hace que la empresa penalice al consumidor haciendo que pague multas por bajo factor de potencia [3].

2.2. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Fuente de alimentación 220V.
- SENTRON PAC 3220.
- Multímetro digital.
- Cables para realizar la conexión.
- Módulo para visualizar la corrección del factor de potencia.
- Hoja de práctica.

2.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD

- Verificar que el equipo no este energizado.
- Realizar las conexiones de las cargas con la protección eléctrica abierta.

- Verificar el estado de los cables.
- Realizar correctamente la conexión del motor y de la carga resistiva.
- **EPP:** Mandil.

Factor de Potencia	
Causas	Consecuencias
Iluminación de (lámparas de vapor de mercurio y fluorescentes)	Incremento de las pérdidas por efecto joule
Motores de inducción	Sobrecarga de los generadores, transformadores y líneas de distribución
Motores operando en vacío	
Motores sobredimensionados	Aumento de la caída de tensión
Hornos eléctricos de arco voltaico	
Soldadores eléctricos de corriente alterna	Incremento en el pago de la factura eléctrica

Instrucciones de seguridad:

- Lea y comprenda la presente guía de laboratorio.
- Lea y comprenda el manual de seguridad y operación del equipo de experimentación.
- Siga las instrucciones correspondientes para el correcto funcionamiento del equipo.
- No corra dentro del laboratorio.
- Absténgase de usar el teléfono celular.
- Aleje sus manos del motor.

2.4. TRABAJO PREPARATORIO

¿Qué es el Factor de Potencia?

El factor de potencia es una medida de la eficiencia o rendimiento de nuestro sistema eléctrico. Este indicador mide el aprovechamiento de la energía (la cantidad requerida para transformar en trabajo).

¿Cómo se corrige el factor de potencia?

Existen varios métodos para corregir o mejorar el factor de potencia, entre los que destacan la instalación de capacitores eléctricos o bien, la aplicación de motores sincrónicos que finalmente actúan como capacitores.

Realice un cuadro comparativo de las causas y consecuencias del Factor de Potencia

2.5 ACTIVIDADES A DESARROLLAR

- 1) Alimentar el módulo mediante la conexión trifásica.



Figura 1. Alimentación trifásica del sistema

- 2) Encender el módulo mediante el accionamiento del breaker Q0 el cual permite la energización del total del mismo.

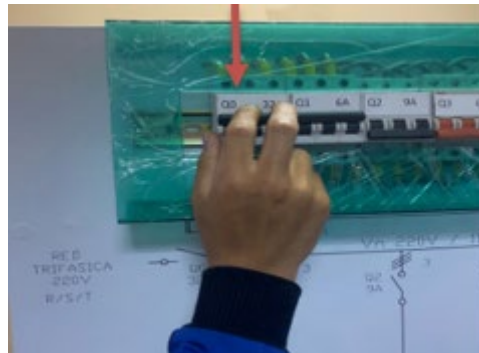


Figura 2. Accionamiento del breaker Q0

- 3) Accione el selector de energización "ENCENDIDO" para su operación (habilitación de energía al CPU, la pantalla, SENTRON PAC 3220 y PLC S7-1200).



Figura 3. Selector de Encendido

- 4) Encender el computador para la utilización del software LabVIEW 2019, lo cual permitirá la visualización de datos de las variables eléctricas, las señales senoidales de la carga y diagramas fasoriales.



Figura 4. Encendido del computador

- 5) Asegurarse que los breakers Q1, Q2, Q3 y Q4 estén en contacto abierto, evitando la energización de cada carga del módulo.



Figura 5. Breakers Q1, Q2, Q3 y Q4 desenergización

- 6) Accionar el breaker Q4 para la obtención de datos del Sentron Pac 3220

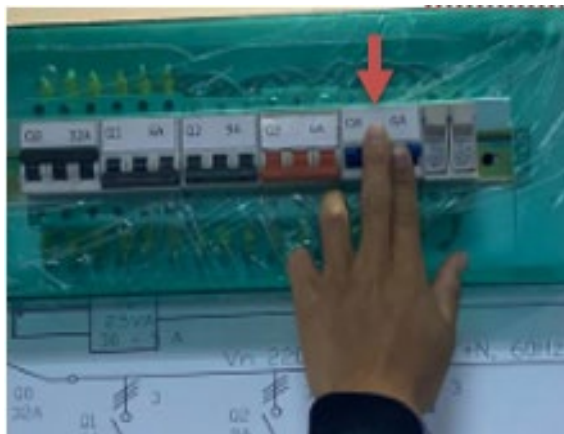


Figura 7. Accionamiento del breaker Q4

- 7) Realizar la conexión triángulo de la carga inductiva en el módulo mediante los pines respectivos
- 8) Accionar el breaker Q1 para energizar la carga inductiva.
- 9) Accione el selector de MOTOR para el funcionamiento del motor
- 10) Realizar la conexión de los focos

- 11) Accionar el breaker Q2 para energizar la carga resistiva.
- 12) Accione el selector de RESISTIVA para el funcionamiento del mismo.
- 13) Accionar el breaker Q3 para energizar la carga capacitiva.
- 14) Accione el selector de CORRECCION F.P. para el funcionamiento de los capacitores.
- 15) Asegurarse de que todas las cargas estén activadas, las luces se encenderán en señal de indicativo que están activadas.
- 16) En la parte de escritorio se encuentra una aplicación del factor de potencia, la misma que dirige al software que permite la visualización de los parámetros eléctricos con sus respectivas ondas del proceso en tiempo real.

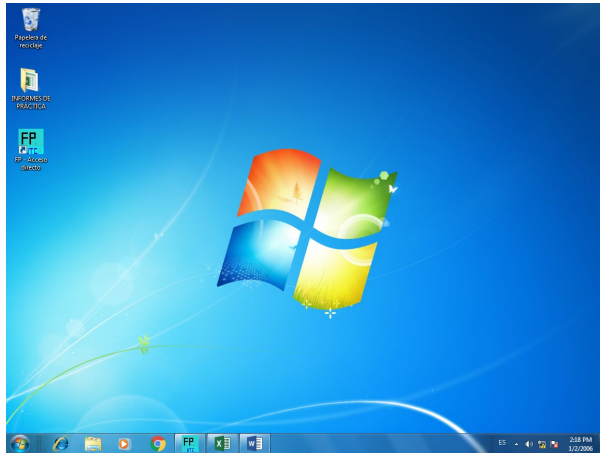


Figura 8. Escritorio de la computadora del módulo

- 17) Se procede a dar clic en el icono de la figura 9.

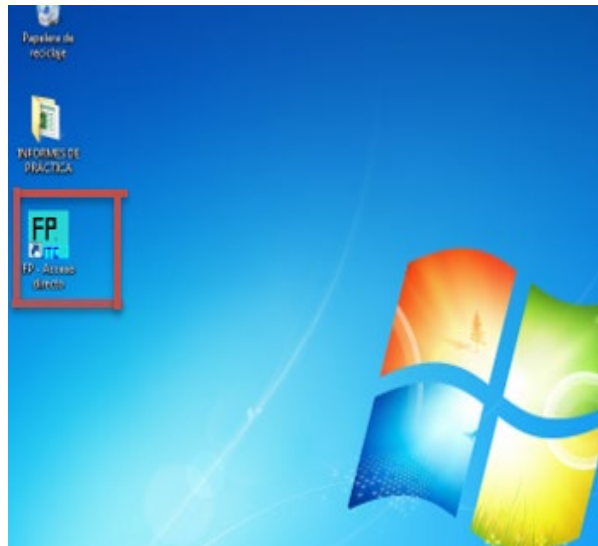


Figura 9. Aplicación del factor de potencia

- 18) En la ventana principal del software, se encuentra los datos de los autores de la tesis.



Figura 10. Pantalla principal

- 19) Seleccionar el botón siguiente para dirigirse al menú principal que permitirá la interacción con las diferentes opciones que permite el programa.



Figura 11. Selección del botón 'SIGUIENTE'

- 20) Escoger el modo de manipulación del equipo ya sea manual que permitirá el accionamiento del resto de cargas mediante las perillas o virtual que permitirá el accionamiento mediante botones en el software.

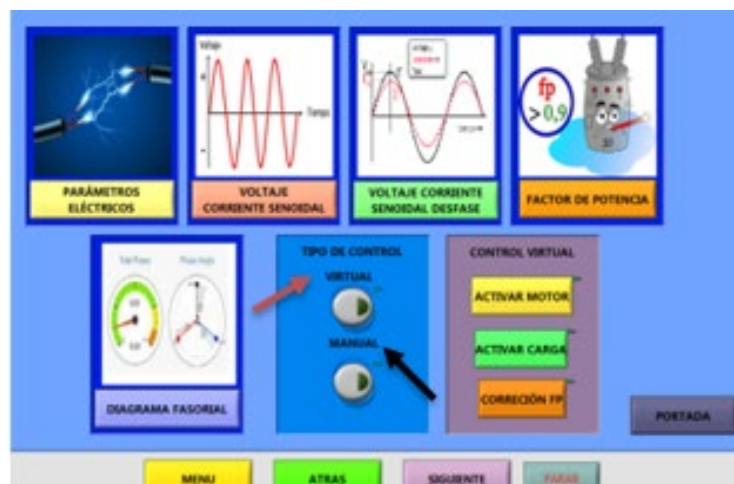


Figura 12. Modo de manipulación del sistema

- 21) Una vez escogido el modo de manipulación del equipo, se selecciona las diferentes categorías de visualización que nos ofrece el software.

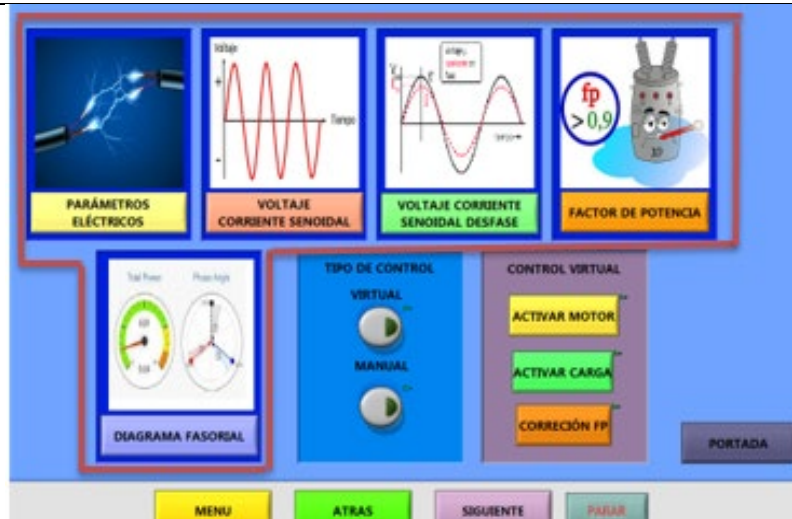


Figura 13. Visualización de parámetros eléctricos del sistema

22) En la pantalla visualizar y anotar los datos que nos aporta cada uno de los parámetros eléctricos cuando se trabaja con carga resistiva.

23) Se comparará los datos del interfaz gráfico con el multímetro digital

24) Manipulación del SENTRON PAC 3220:

- Con el número 1, la tecla se activa una vez mediante una breve pulsación de su superficie y está retrocede para visualizar los valores de los parámetros eléctricos.
- Con el número 2, la tecla se activa una vez mediante una breve pulsación de su superficie y está avanza para visualizar los valores de los parámetros eléctricos ver figura 14.



Figura 14. SENTRON PAC 3220

2.5.1 METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

Para poder realizar esta práctica se requiere seguir el siguiente proceso:

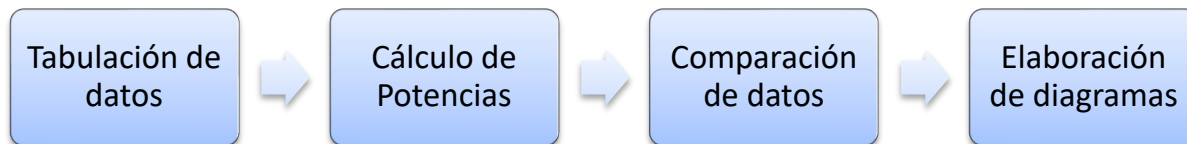


Figura 15. Metodología para la práctica

Tabulación de datos. – Una vez realizada los pasos descritos en las actividades a desarrollar, se procede a tabular los datos en la tabla 1, adquiridos por el software para realizar los cálculos respectivos de potencias, todo se realizará en el informe de práctica.

Cálculo de Potencias. - Una vez tabulados los datos necesarios se procede al cálculo de las potencias activas, reactiva y aparente para su posterior comparación con los datos obtenidos en el software LabVIEW, con el SENTRON PAC 3220.

- **Potencia Activa**

$$P_L = V \times I \times \cos\varphi \quad \text{Ecuación 1}$$

- **Potencia Reactiva**

$$S_L = V \times I \quad \text{Ecuación 2}$$

- **Potencia Reactiva**

$$Q_L = V \times I \times \sin\varphi \quad \text{Ecuación 3}$$

- **Factor de Potencia**

$$FP = \frac{P_{3\phi}}{S_{3\phi}} \quad \text{Ecuación 4}$$

En estas fórmulas descritas se encontrará las potencias para cada línea, posterior a eso para obtener la total, se requiere realizar una sumatoria de cada línea que conforma el sistema trifásico

Comparación de datos. – Se elabora la tabla 2 donde se compara los datos cálculos con los datos que nos arroja el software

Elaboración de diagramas. – Se dibuja los diagramas fasoriales, triángulos de potencias, ondas senoidales tensión – corriente.

2.6 BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- [1] J. C. Campos Avella y E. Lora Figueroa, Corrección del factor de potencia y control de la demanda, Cali: Universidad Autónoma de Occidente. [Último acceso: 10 Febrero 2022].
- [2] ARCONEL, «Agencia de Regulación y Control de Electricidad,» 7 Diciembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/074-17.doc.pdf>. [Último acceso: 28 Enero 2022].
- [3] J. G. Trasancos, Instalaciones Eléctricas en Media y Baja Tensión, España: Paraninfo, 2016.

INFORME DE PRÁCTICA

Nota: El informe debe ser conciso, simple y claro, no debe contener más de 5 hojas, debe ser desarrollado a mano, no carátula, no carpetas, no binchas, se debe presentar grapado y ocupando toda el área de la hoja.

TEMA: Visualización y medición de parámetros eléctricos con carga combinada

NÚMERO DE PRÁCTICA: 04

NOMBRE(S): Ejemplo

FECHA: 16/02/2022

1	<p>RECOLECCIÓN DE DATOS Tabulación de datos obtenidos en el software</p> <p style="text-align: center;">Tabla 1: Tabulación de datos obtenidos en el software</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">MEDICIÓN DE TENSIÓN L-L</th> </tr> <tr> <th style="width: 33%;">MAGNITUD</th> <th style="width: 33%;">VALOR</th> <th style="width: 33%;">UNIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tensión VL1 – L2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tensión VL1 – L3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tensión VL2 – L3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">MEDICIÓN DE TENSIÓN L-N</th> </tr> <tr> <td>Tensión VL1 – N</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tensión VL2 – N</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tensión VL3 – N</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">MEDICIÓN DE CORRIENTE</th> </tr> <tr> <td>Corriente L1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Corriente L2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Corriente L3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">MEDICIÓN DE FACTOR DE POTENCIA</th> </tr> </tbody> </table>	MEDICIÓN DE TENSIÓN L-L			MAGNITUD	VALOR	UNIDAD	Tensión VL1 – L2			Tensión VL1 – L3			Tensión VL2 – L3			MEDICIÓN DE TENSIÓN L-N			Tensión VL1 – N			Tensión VL2 – N			Tensión VL3 – N			MEDICIÓN DE CORRIENTE			Corriente L1			Corriente L2			Corriente L3			MEDICIÓN DE FACTOR DE POTENCIA		
MEDICIÓN DE TENSIÓN L-L																																											
MAGNITUD	VALOR	UNIDAD																																									
Tensión VL1 – L2																																											
Tensión VL1 – L3																																											
Tensión VL2 – L3																																											
MEDICIÓN DE TENSIÓN L-N																																											
Tensión VL1 – N																																											
Tensión VL2 – N																																											
Tensión VL3 – N																																											
MEDICIÓN DE CORRIENTE																																											
Corriente L1																																											
Corriente L2																																											
Corriente L3																																											
MEDICIÓN DE FACTOR DE POTENCIA																																											
2	<p>Cálculo matemático Encontrar las potencias activa, reactiva y aparente en función a los datos tabulados</p> <ul style="list-style-type: none"> - Potencia Activa - Potencia Aparente - Potencia Reactiva 																																										

3

COMPARACIÓN DE DATOS

Tabla de comparación de datos, calculados respecto a obtenidos por el software

Tabla 2: Comparación de datos

Comparación de datos obtenidos vs calculados				
Parámetros	Datos obtenidos en LabVIEW		Datos calculados	

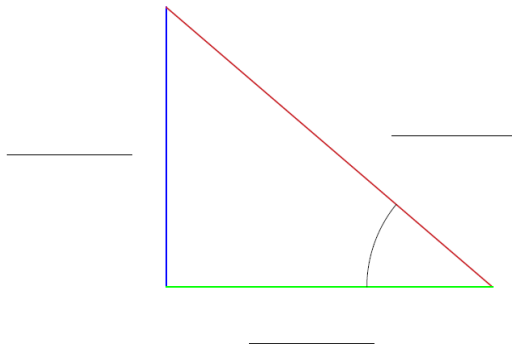
Análisis:

4

ELABORACIÓN DE DIAGRAMAS

Elabore los diagramas: triángulo de potencias, diagramas fasoriales y ondas senoidales tens corriente con los datos calculados

- **Trángulo de Potencias**



- **Ondas de Tensión - Corriente**
- **Diagramas Fasoriales**

5	<p>CUESTIONARIO Describe el proceso de la práctica</p> <p>1.- ¿Por qué es necesario corregir el factor de potencia? 2.- ¿Qué tipos de banco de condensadores existe? 3.- ¿Describe las potencias de un circuito de corriente alterna?</p>	
6	<p>CONCLUSIONES Escriba por lo menos 3 conclusiones</p>	
7	<p>ANEXOS Especificaciones de los materiales utilizados (Pueden ser bajados de internet)</p>	
8	<p>BIBLIOGRAFÍA Poner la bibliografía utilizada utilizando un formato estandarizado</p> <p>[1] J. C. Campos Avella y E. Lora Figueroa, Corrección del factor de potencia y control de la demanda, Cali: Universidad Autónoma de Occidente. [Último acceso: 10 Febrero 2022]. [2] ARCONEL, «Agencia de Regulación y Control de Electricidad,» 7 Diciembre 2017. [En línea]. Available: https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/074-17.doc.pdf. [Último acceso: 28 Enero 2022]. [3] J. G. Trasancos, Instalaciones Eléctricas en Media y Baja Tensión, España: Paraninfo, 2016.</p>	



*Manual de
Operación y
Mantenimiento*

SISTEMA PARA EL ANÁLISIS DE CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA EN UNA RED TRIFÁSICA CON CARGAS DESEQUILIBRADAS

Autores: Azogue Henry, Ramirez Joselyn



Sistema de corrección del factor de potencia

DESCRIPCIÓN GENERAL

El presente sistema de corrección del factor de potencia en una red trifásica con cargas desequilibradas, consiste en realizar un análisis de las variables eléctricas asociadas a la carga, enfocándose en el comportamiento del factor de potencia, a través del software LabVIEW permitirá la visualización de valores de tensión, corriente, potencia, y diagramas fasoriales de los parámetros eléctricos, para su posterior comparación de los datos teóricos con los prácticos.

Este módulo permite visualizar el comportamiento de las ondas senoidales en los desfases de voltaje y corriente que definen el factor de potencia, permitiendo realizar un análisis sobre la corrección del factor de potencia y la relación con las variables eléctricas.

En el software de LabView permitirá el análisis de y corrección del factor de potencia, las variables eléctricas y diagramas fasoriales en tiempo real, 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.

Cuenta con un equipo de medición SENTRON PAC 3220 donde se visualiza los datos de los

parámetros eléctricos, los datos que se mida en este equipo serán los mismos que se encuentren en el software de LabView.

El equipo de experimentación tiene como objetivo principal visualizar de manera gráfica el proceso de corrección del factor de potencia en cargas desequilibradas, las variables eléctricas (tensión, la corriente y el ángulo de desfase).

ÍNDICE

Descripción general.....	1
Índice del manual del estudiante.....	2
Descripción de la estructura del módulo.....	2
Cargas instaladas en el sistema.....	4
Componentes de medición y control para el sistema.....	7
Manejo del Sentron Pac 3220.....	8
Pasos para la manipulación del sistema.....	9
Mantenimiento del sistema.....	20
Medidas de seguridad.....	21

DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL MÓDULO

- Mesa que sostiene el sistema

Para el diseño de la mesa que sostendrá el sistema se tomó en cuenta el peso que va a soportar, por lo tanto, se escoge los materiales que se detallan en la tabla 1 y en la figura 1., se observa los resultados de la mesa.

Tabla 1. Materiales para la construcción de la mesa

Materiales		
Nombre	Dimensiones (mm)	Material
Tubo rectangular	50x25x1,5	Acero A36 con acabado en negro
Triplex para la base	1050x547x12	Madera tipo triplex
Triplex para el soporte	1050x647x12	Madera tipo triplex



Figura 1. Mesa de soporte para el sistema

- **Compartimiento para los componentes y el cableado eléctrico**

Tabla 2. Materiales para la construcción del compartimiento de los componentes

Materiales		
Nombre	Dimensiones (mm)	Material
Tool	1234x1094x5	Acero A36 con acabado en negro
Triplex para el soporte	1050x790x12	Madera tipo triplex

En la figura 2 se observa el diseño de la estructura donde están componentes eléctricos y su respectivo cableado.



Figura 2. Compartimiento para los componentes y el cableado eléctrico

El diseño completo de la mesa se presenta en la figura 3.



Figura 3. Diseño de la mesa del sistema

- **Red de alimentación**

La red de alimentación del sistema posee las características descritas en la tabla 3.

Tabla 3. Red de alimentación del sistema

RED DE ALIMENTACIÓN TRIFÁSICA	
Tensión	127/220 V
# de conductores	4 conductores (3 líneas R, S, T y un neutro)
Frecuencia	60 Z

CARGAS INSTALADAS EN EL SISTEMA

- **Cargas en el circuito inductivo**

Tabla 4. Motor WEG 0,5hp

Cargas en el circuito inductivo "MOTOR WEG 0,5HP"		
Características	Placa del Motor	Medición SENTRON PAC 3220
Alimentación	3 ~	3 ~
Voltaje (V)	220/380	220/380
Potencia (kW)	0,37	0,25

Potencia (HP)	0,5	0,36
Intensidad (A)	2,10/1,22	
P.F. (cos θ)	0.69	0,33

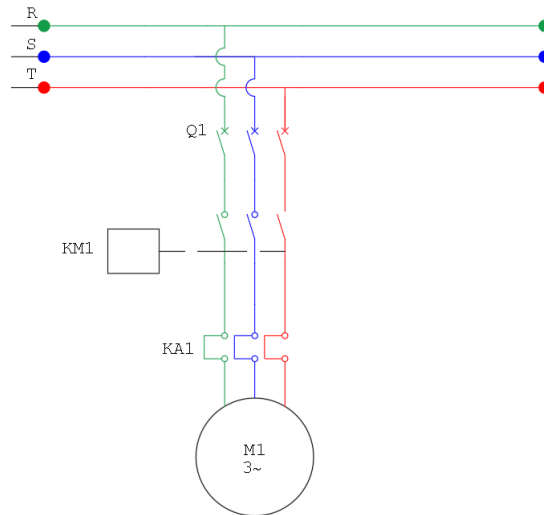


Figura 4. Conexión del motor

- Cargas en el circuito resistivo

Tabla 5. Cargas en el circuito resistivo

Cargas en el circuito resistivo		
Nombre	Cantidad	Potencia Nominal
Foco incandescente	6	100W

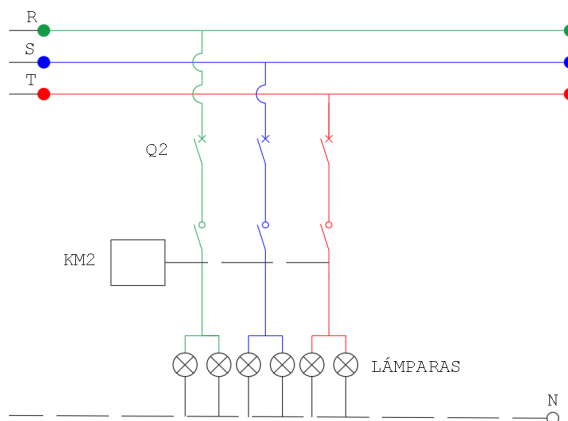


Figura 5. Conexión de las lámparas en cada línea

- Cargas en el circuito capacitivo

Tabla 6. Cargas en el circuito capacitivo

Cargas en el circuito capacitivo	
Nombre	Cantidad
Banco de condensadores trifásico conectado en estrella	1 KVA

Al ser una red trifásica se coloca el banco de condensadores en paralelo con respecto a la red de alimentación como lo indica el diagrama de la figura 6.

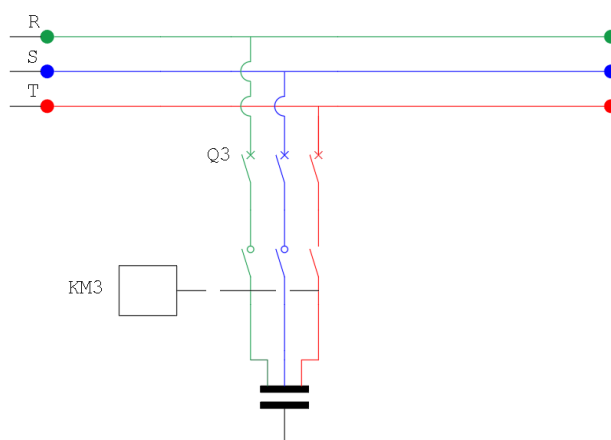


Figura 6. Diagrama circuito capacitivo

- Cargas auxiliares

Las cargas que forman parte del circuito auxiliar son: CPU, monitor, PLC S7-1200, SENTRON PAC 3220, Switch.

COMPONENTES DE MEDICIÓN Y CONTROL PARA EL SISTEMA

- Componente de medición SENTRON PAC 3220

Tabla 7. Características del SENTRON PAC 3220

SENTRON PAC 3220		
Características	Valor	
Fuente de alimentación de CA/CC	95 - 240 V CA (50/60Hz) 110 - 340 V CC	
Características de medición	Valor de medición	Tipo de Medición
Tensión máxima	840V	Fase-Fase / Fase-Neutro
Intensidad máxima de corriente	Mediante transformador de corriente 1-5 A	Por fase
Potencia activa, reactiva y aparente		Por fase y total

Factor de potencia		Por fase y total
Comunicación	V.máx transferencia (10Mbit/s)	MODBUS TCP

- **Transformador de corriente para el SENTRON PAC 3220**

Tabla 8. Características del transformador de corriente

Transformador de Corriente	
Relación de transformación	30A / 5 ^a
Potencia Aparente (VA)	2,5
Clase	0,5

- **Componente de control PLC S7-1200**

Tabla 9. Características del PLC S7-1200

PLC S7-1200 AC/DC/RLY	
Tensión de alimentación	120/230 VAC
Consumo (Valor Nominal)	80 mA
Memoria de trabajo	50 kbyte
Cantidad de entradas binarias	8 integradas
Profinet	Conexión (MOODBUS)

MANEJO DEL SENTRON PAC 3220



Figura 7. SENTRON PAC 3220

- Visualización y manejo
- Display LCD
- Cuatro teclas de manejo con asignación de funciones variable
- Elementos de mando e indicación

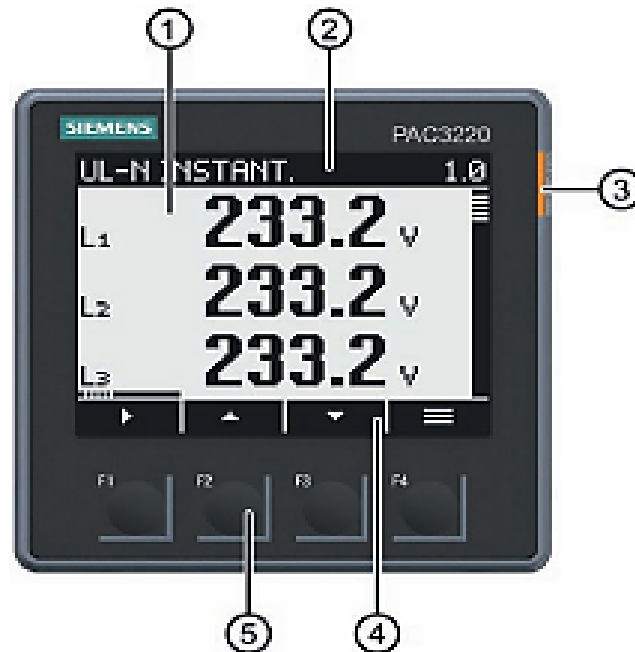


Figura 8. SENTRON PAC 3220

1. **Área de visualización:** En ella se representan los valores medidos actuales, los ajustes del dispositivo y los menús de selección
2. **Encabezado:** Indica qué información es visible en el área de visualización
3. **LED :** Funciona como una salida digital normal.
4. **Área inferior:** Indica las funciones asignadas a las teclas de función
5. **Superficie de las teclas de función:** Las teclas poseen asignación múltiple. La asignación de las funciones cambia en función del contexto de manejo del dispositivo. El nombre (asignación) de la función actual de la tecla se muestra encima del número de tecla, en el área inferior del display. La tecla se activa una vez mediante una breve pulsación de su superficie. es útil, por ejemplo, para el avance rápido de valores durante la parametrización del dispositivo [1].

PASOS PARA LA MANIPULACIÓN DEL SISTEMA

Se muestra los pasos para operar el equipo de experimentación con cuatro casos: carga inductiva, carga resistiva, carga capacitiva y carga combinada a continuación se describe el modo de

operación.

- Alimentar el módulo mediante la conexión trifásica.



Figura 9. Alimentación trifásica del sistema

- Encender el módulo mediante el accionamiento del breaker Q0 el cual permite la energización del total del mismo.

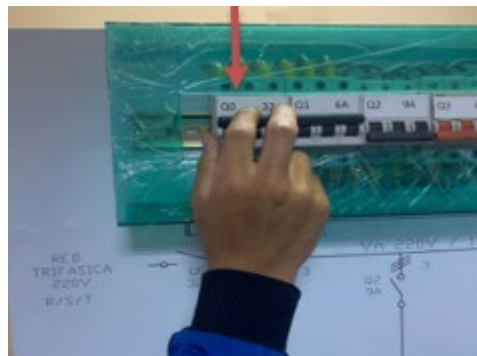


Figura 10. Accionamiento del breaker Q0

- Accione el selector de energización “ENCENDER” para su operación (habilitación de energía al CPU, la pantalla, SENTRON PAC 3220 y PLC S7-1200).



Figura 11. Selector de Encendido

- Encender el computador para la utilización del software LabVIEW 2019, lo cual permitirá la visualización de datos de las variables eléctricas y las señales senoidales de la carga.



Figura 12. Encendido del computador

- Asegurarse que los breakers Q1, Q2, Q3 y Q4 estén en contacto abierto, evitando la energización de cada carga del módulo.



Figura 13. Breakers Q1, Q2, Q3 y Q4 desenergización

- Operar el breaker Q4 para la obtención de datos del Sentron Pac3220

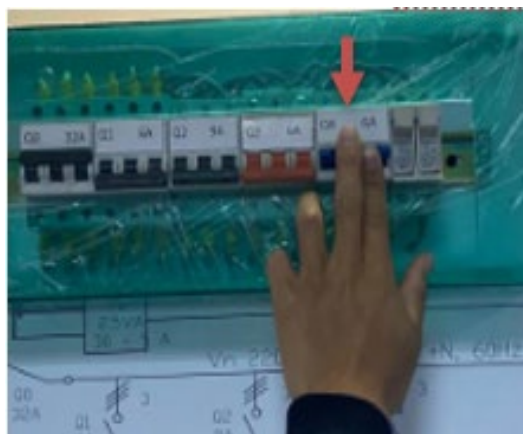


Figura 14. Accionamiento del breaker Q4

- En la parte de escritorio se encuentra una aplicación del factor de potencia, la misma que dirige al software que permite la visualización de los parámetros eléctricos con sus respectivas ondas del proceso en tiempo real.

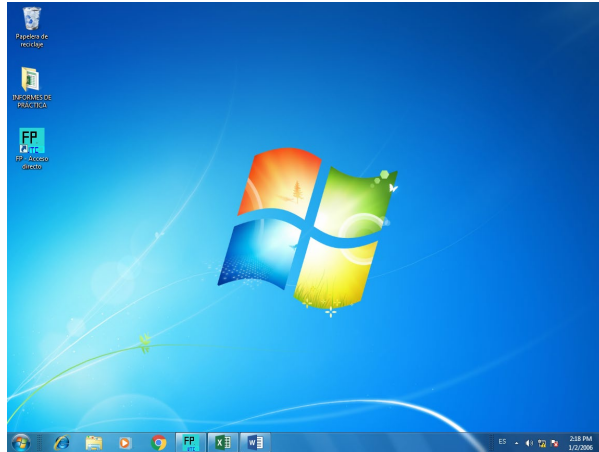


Figura 15. Escritorio de la computadora del módulo

- Se procede a dar clic en el icono de la figura 9.

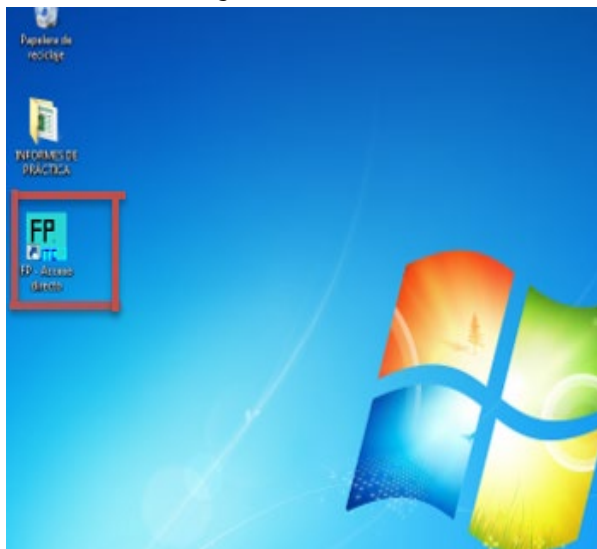


Figura 16. Aplicación del factor de potencia

- Se muestra la ventana de los parámetros eléctricos para ejecutar con los distintos casos

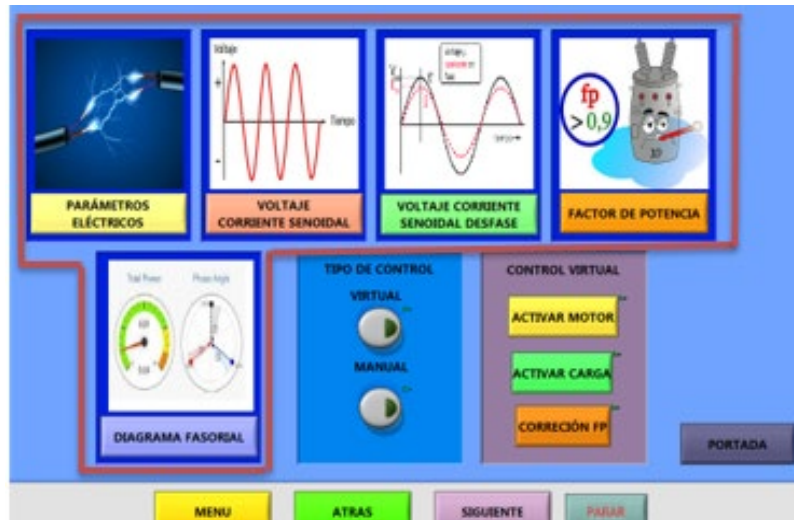


Figura 17. Visualización de parámetros eléctricos del sistema

- Se selecciona el tipo de control que se va a trabajar, si el control es manual se encenderá en LabView un cuadro de color verde llamado 'MANUAL' indicado el tipo de control, de igual manera si se selecciona el modo virtual nos refleja un indicativo en la opción 'VIRTUAL' para indicar su forma de operar el sistema.

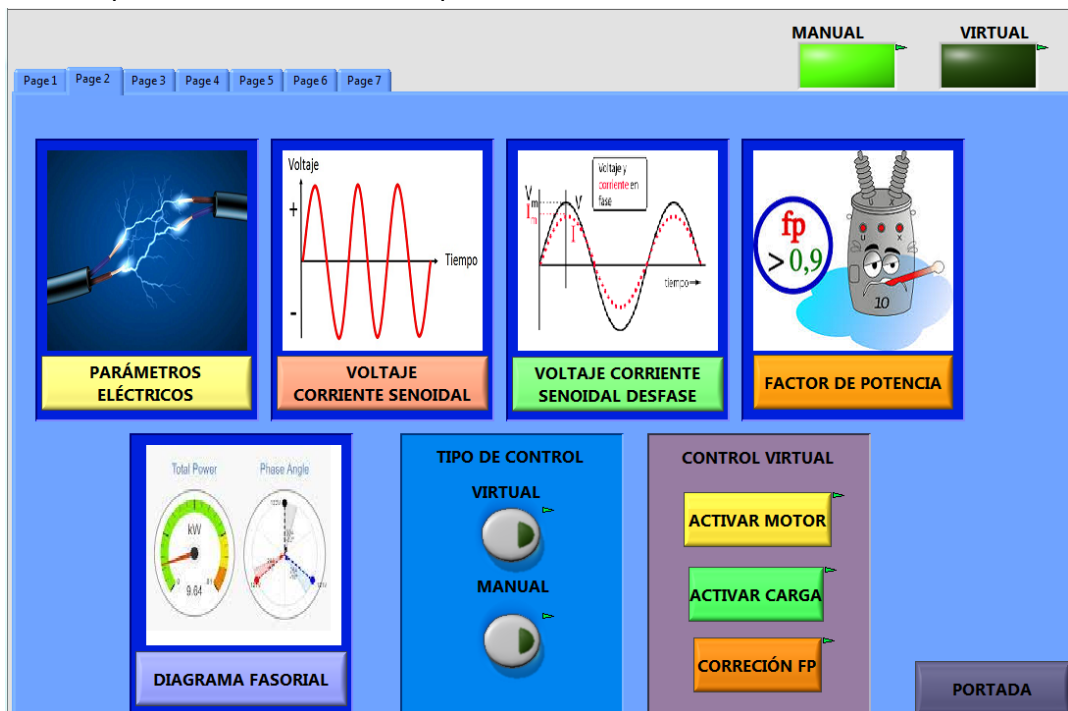


Figura 18. Tipo de control del sistema (Manual o Digital)

- El sistema diseñado muestra las siguiente opciones que se presentan a continuación:

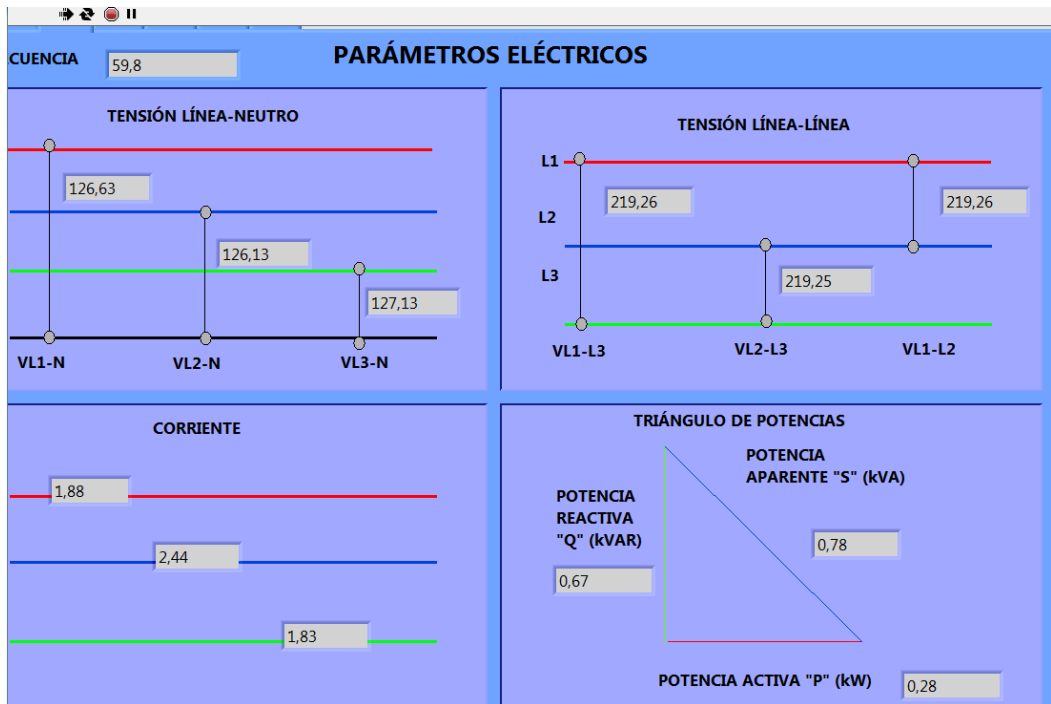


Figura 19. Parámetros eléctricos

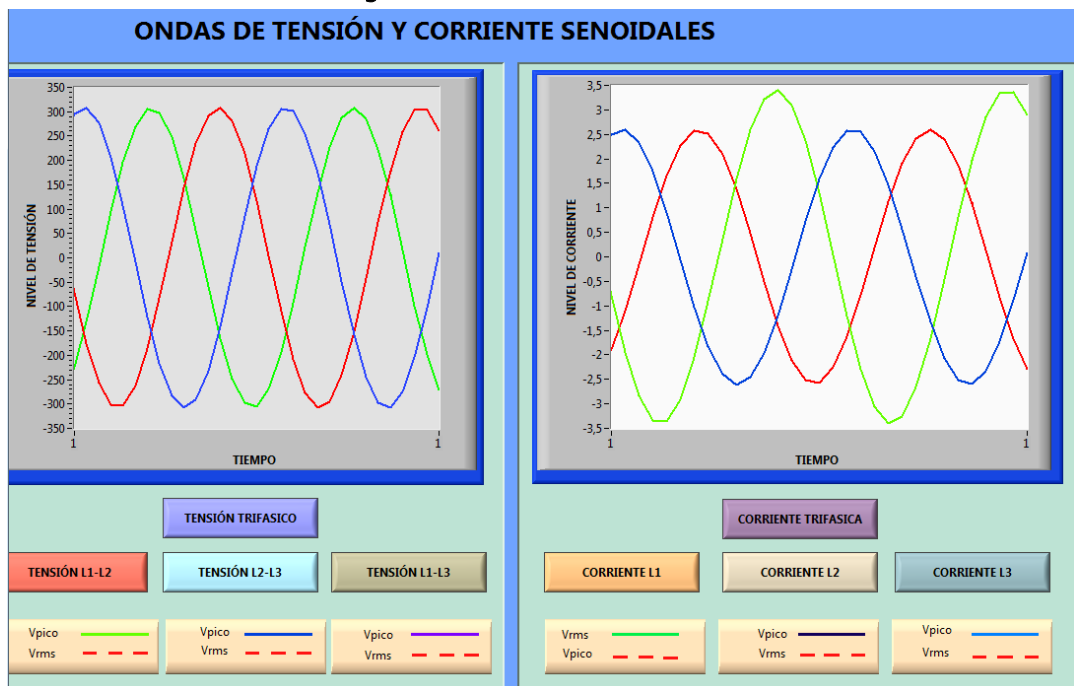


Figura 20. Ondas de tensión y corriente senoidales

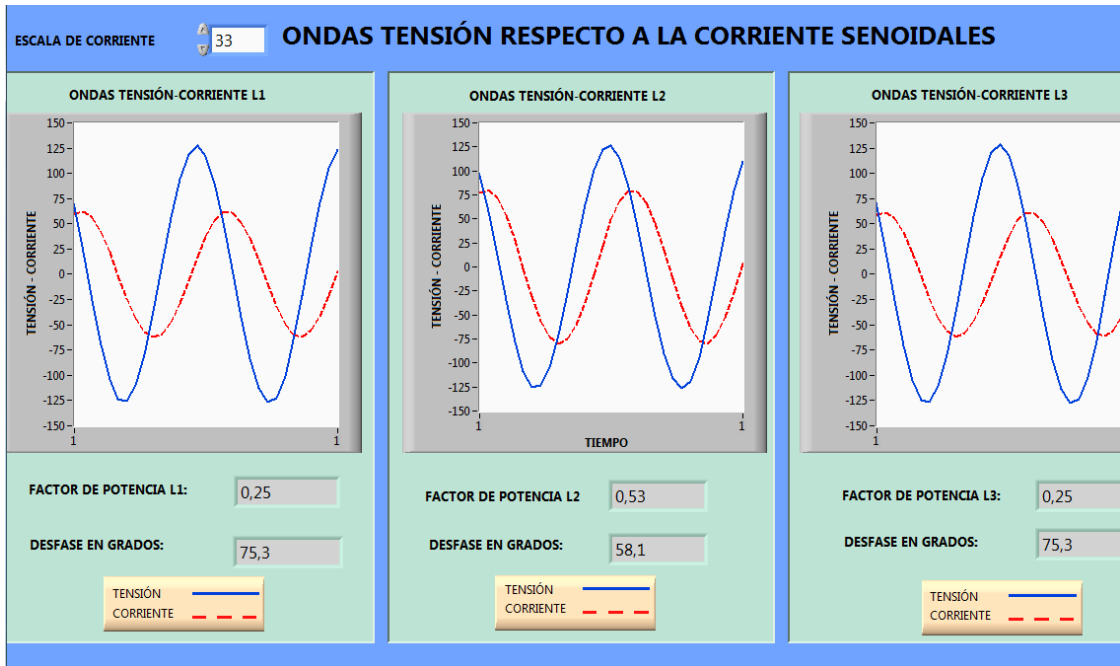


Figura 21. Factor de potencia y desfase en grados

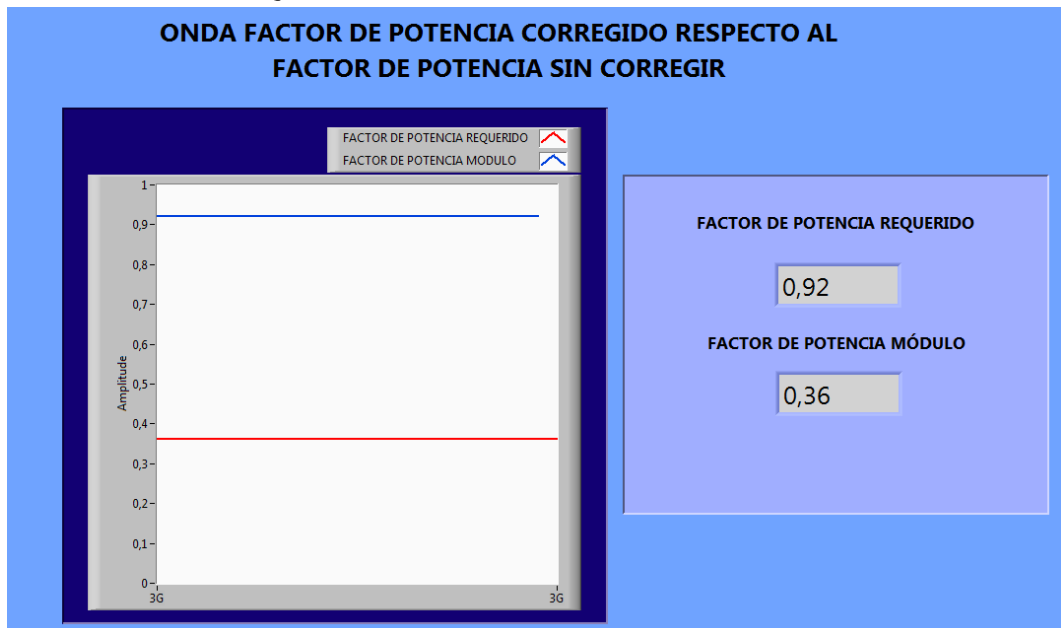


Figura 22. Factor de potencia de la carga

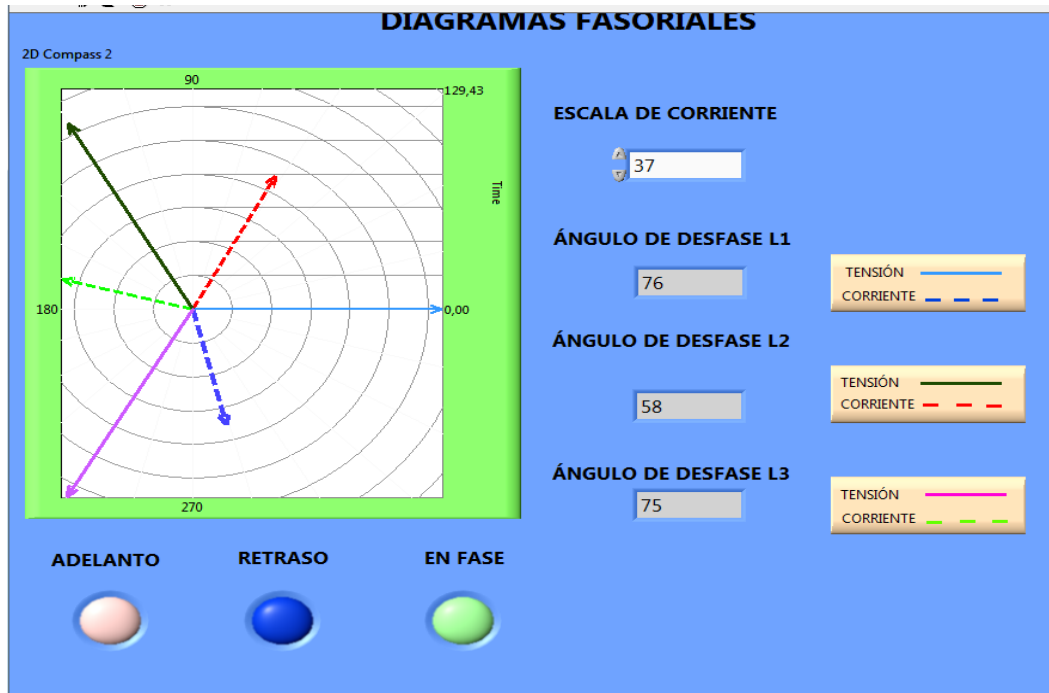


Figura 23. Diagrama fasorial de la corriente respecto al voltaje

OPERAR CON CARGA INDUCTIVA

- Realizar la conexión triángulo del motor trifásico en el módulo mediante los pines respectivos

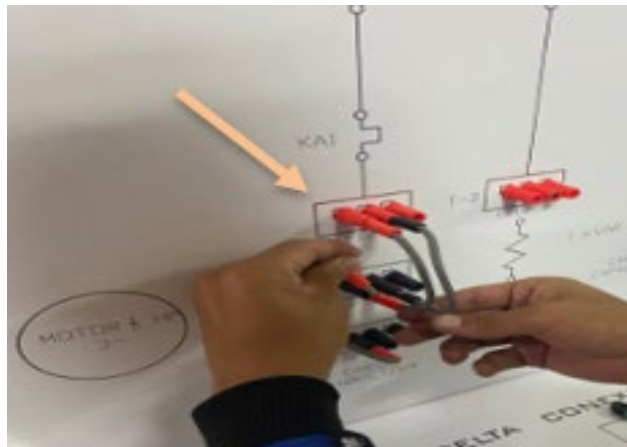


Figura 24. Conexión en triángulo para el motor

- Accionar el breaker Q1 para energizar el motor.

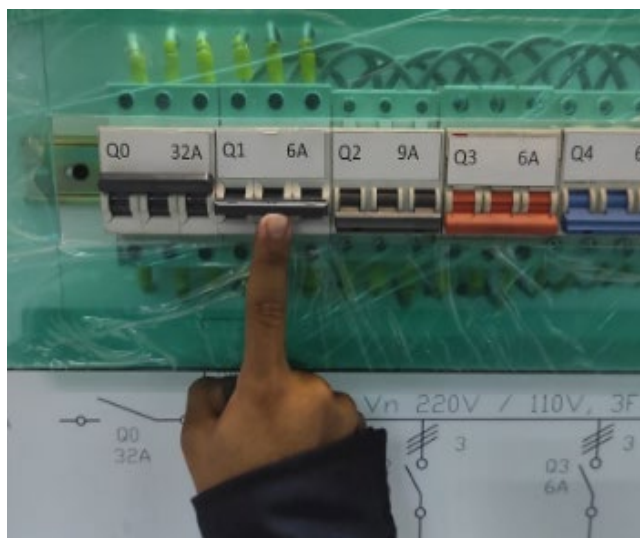


Figura 25. Accionamiento del breaker Q1

- Se acciona el selector de Motor para el funcionamiento del mismo.



Figura 26. Accionamiento del selector del motor

- En el software de LabView podemos observar que la carga inductiva está operando mediante el encendido de un led verde con el nombre MOTOR.

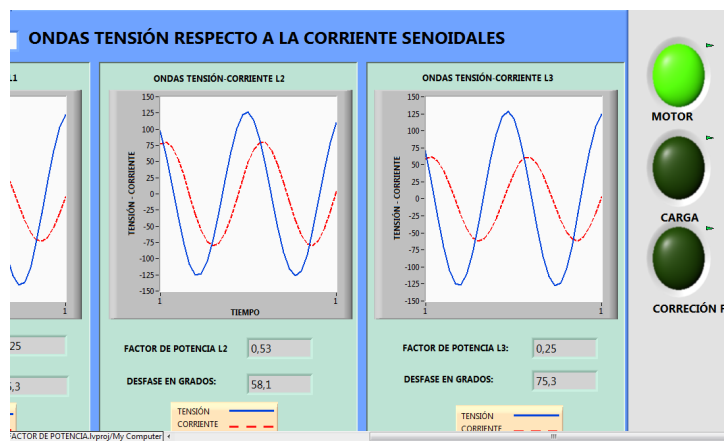


Figura 27. LabView indicativo de encendido del motor

OPERAR CON CARGA RESISTIVA

- Realizar la conexión de la carga resistiva (focos) en el módulo mediante los pines respectivos



Figura 28. Conexión de los focos

- Accionar el breaker Q2 para energizar la carga.

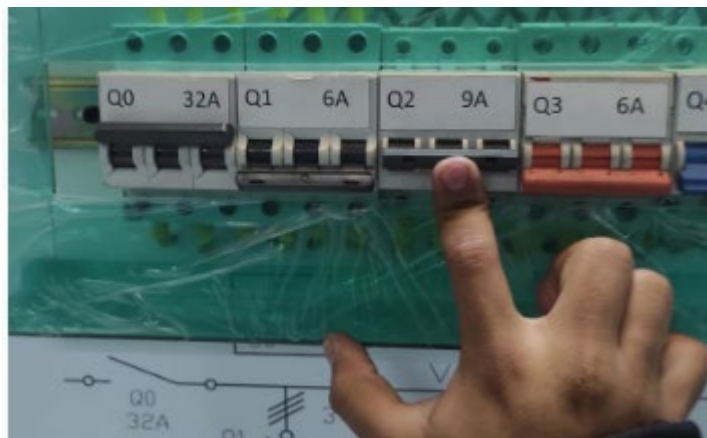


Figura 29. Accionamiento del breaker Q2

- Se acciona el selector de CARGA para el funcionamiento del mismo.



Figura 30. Accionamiento del selector del CARGA

- En el software de LabView podemos observar que la carga resistiva está operando mediante el encendido de un led verde con el nombre CARGA.



Figura 31. LabView indicativo de encendido de la carga

OPERAR CON CARGA CAPACITIVA

- Accionar el breaker Q3 para energizar el banco de condensadores.

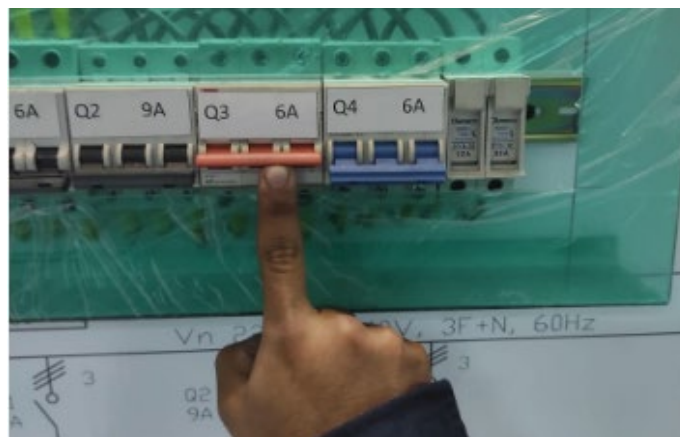


Figura 32. Accionamiento del breaker Q3

- Se acciona el selector de CORRECCIÓN F.P. para el funcionamiento del mismo



Figura 33. Selector de CORRECCIÓN FP

- En el software de LabView podemos observar que la carga resistiva está operando mediante el encendido de un led verde con el nombre CORRECCIÓN FP.



Figura 34. LabView indicativo de encendido de la carga capacitiva

OPERAR CON CARGA COMBINADA

- Realizar la conexión triángulo de la carga inductiva en el módulo mediante los pines respectivos
- Accionar el breaker Q1 para energizar la carga inductiva y selector de la carga.
- Realizar la conexión de los focos para la carga resistiva
- Accionar el breaker Q2 para energizar la carga resistiva.
- Accione el selector CORRECCIÓN FP para el funcionamiento del banco de condensadores
- Verificación de todos los breaker en accionamiento

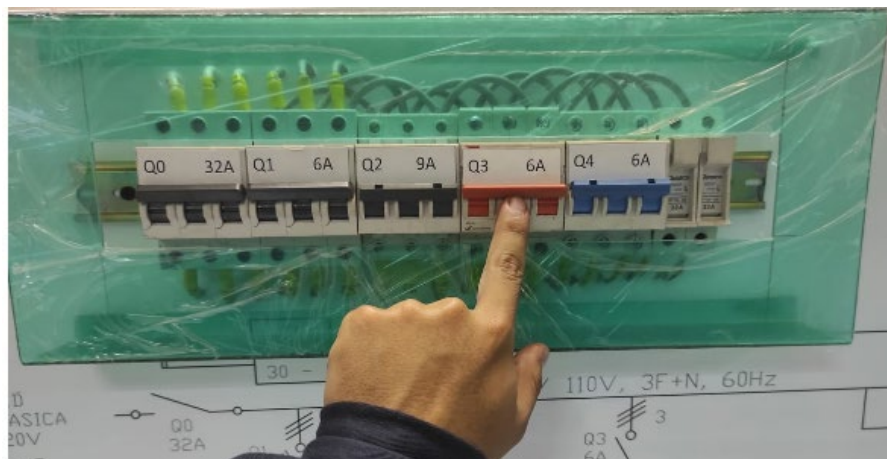


Figura 35. Accionamiento de todas las cargas

- Asegurarse de que todas las cargas estén activadas, las luces se encenderán en señal de indicativo que están activadas.

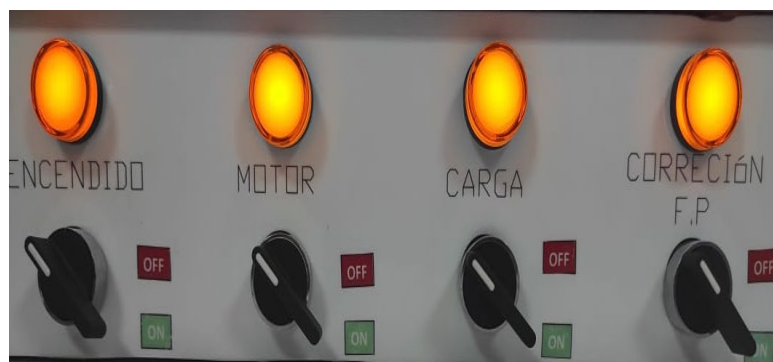


Figura 36. Activación de todas las cargas

- En el software de LabView podemos observar que la carga resistiva está operando mediante el encendido de un led verde con el nombre CORRECCIÓN FP.



Figura 37. LabView indicativo de encendido de activación de todas las cargas

MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

Para controlar las actividades del sistema y su correcto funcionamiento tomar en cuenta todas las recomendaciones que se presentan a continuación:

- Adecuar el equipo en un lugar fresco y ventilado
- Desenergizar el módulo para realizar el mantenimiento
- Comprobar que los cables estén en óptimas
- Comprobar que los pines donde se conectan las cargas no tengan ninguna avería

En caso de presentar inconvenientes en el equipo de corrección del factor de potencia seguir las indicaciones para un correcto mantenimiento.

- Desenergizar el módulo para la inspección
- Dirigirse al compartimiento donde se encuentran los componentes eléctricos y verificar que los cables estén conectados
- Verificar la conexión del cableado con sus componentes eléctricos mismo que se puede visualizar en anexo del presente manual.



Figura 38. Verificación del sistema

- Con el equipo energizado Con un multímetro comprobar la energía que suministra cada componente eléctrico
- En fallas de corto circuito verificar el estado de cada componente

MEDIDAS DE SEGURIDAD

- Trabajar con el equipo desenergizado para el mantenimiento
- Seguir cada uno de los pasos para operar el sistema como fueron detallados
- En fallas de corto circuito verificar el estado de cada componente
- Al realizar las conexiones del motor y la carga resistiva(focos) verificar que ningún pin de conexión este en contacto con otro.



Figura 39. Cortocircuito

- No introduzca la mano en la polea cuando está en movimiento puede causar algún daño



Figura 40. Motor

En caso de requerir mas lectura de datos por parte del SENTRON PAC, se requiere de una programación adicional para LABVIEW, pero en caso de una necesidad de mantenimiento se indica el cuadro de variables adaptadas en el PLC de lectura, medidas desde el SENTRON PAC 3220

Tabla 10. Variables de los parámetros eléctricos

PARÁMETROS ELÉCTRICOS	
Tensión VL1-N	MD1000
Tensión VL2-N	MD1002
Tensión VL3-N	MD1004
Tensión VL1-L	MD1006
Tensión VL2-L	MD1008
Tensión VL3-L	MD1010
Corriente L1	MD1012
Corriente L2	MD1014
Corriente L3	MD1016
Potencia Aparente L1	MD1018
Potencia Aparente L2	MD1020
Potencia Aparente L3	MD1022
Potencia Activa L1	MD1024
Potencia Activa L2	MD1026
Potencia Activa L3	MD1028
Potencia Reactiva L1	MD1030
Potencia Reactiva L2	MD1032
Potencia Reactiva L3	MD1034
Factor de Potencia L1	MD1036
Factor de Potencia L2	MD1038
Factor de Potencia L3	MD1040
Frecuencia	MD1048
Tensión Media VL-N	MD1050
Tensión Media VL-L	MD1052
Corriente Media	MD1054
Potencia Aparente Total	MD1056
Potencia Activa Total	MD1058

Potencia Reactiva Total	MD1060
Factor de Potencia Total	MD1062

Esto se puede interpretar desde LABVIEW mediante servidore OPC

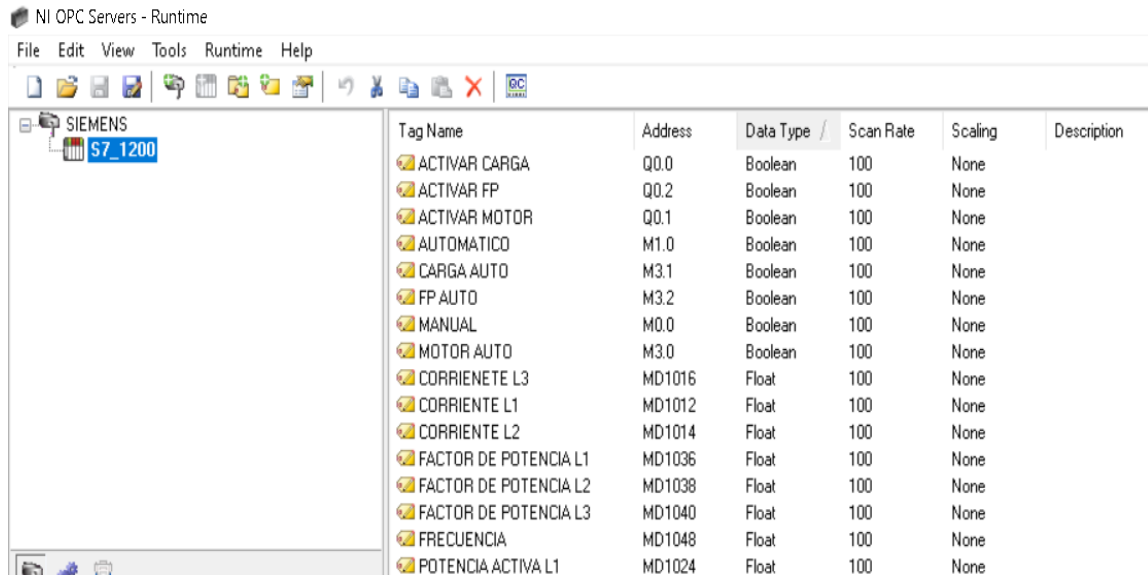


Figura 40. Motor

Para esto se requiere conocimientos en servidores OPC e interconexión con LABVIEW, esto con el fin de generar un mantenimiento en el área de PROGRAMACIÓN del software.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] SIEMENS, Octubre 2019. [En línea]. Available: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/307/109767307/att_1003966/v1/MAN_L1V30519172D-01_es_es-MX.pdf. [Último acceso: 8 Febrero 2022].