



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

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS  
PARA ANÁLISIS DE VARIABLES ELÉCTRICAS EN EL  
ARRANQUE DE MOTORES**

Proyecto de titulación presentado previo a la obtención del título de Ingeniero en  
Electromecánica

**Autores:**

Chiliquinga Chanaluisa Elber Dario

Iza Iza Ghilson Ariel

**Tutor Académico:**

Ing. Jefferson Alberto Porras Reyes M.Sc.

**LATACUNGA – ECUADOR**

**2023**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Chilibingua Chanaluiza Elber Darío y Iza Iza Ghilson Ariel, declaramos ser autores de la siguiente Propuesta Tecnológica: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL ANÁLISIS DE VARIABLES ELÉCTRICAS EN EL ARRANQUE DE MOTORES”** 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 el siguiente Proyecto de Investigación, son de nuestra exclusividad.

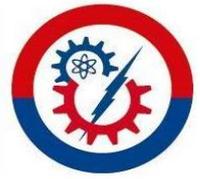
Latacunga, Agosto 2023

---

Ghilson Ariel Iza Iza  
C.I. 050430177-1

---

Elber Darío Chilibingua Chanaluiza  
C.I. 210067849-5



## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN**

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

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL ANÁLISIS DE VARIABLES ELÉCTRICAS EN EL ARRANQUE DE MOTORES”** de Elber Dario Chilingua Chanaluisa y Ghilson Ariel Iza Iza, 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, Agosto 2023

---

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 de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, los postulantes: Chilingua Chanaluisa Elber Dario con C.I: 210067849-5 y Iza Iza Ghilson Ariel con C.I 050430177-1, con el título del Proyecto de titulación: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL ANÁLISIS DE VARIABLES ELÉCTRICAS EN EL ARRANQUE DE MOTORES”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

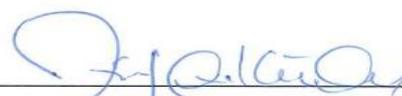
Por lo antes expuesto, se autoriza los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 2023

Por constancia firman:

  
Lector 1 (presidente)

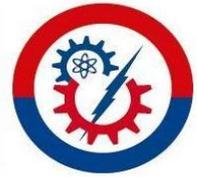
Ing. Verónica Paulina Freire Andrade M. Sc  
C.I. 050205622-9

  
Lector 2

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

  
Lector 3

Ing. Edwin Homero Moreano Martínez M.Sc.  
C.I. 050259517-6



## AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Con el presente documento, se pone en constancia que los estudiantes: Chiliquinga Chanaluisa Elber Dario y Iza Iza Ghilson Ariel , de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, han desarrollado el proyecto tecnológico “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL ANÁLISIS DE VARIABLES ELÉCTRICAS EN EL ARRANQUE DE MOTORES**” realizaron la entrega 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, 2023

Para constancia firma:



**ANALISTA DE LABORATORIO**

Ing. M.Sc. Luis Eduardo Hinojoza Guanoluisa

C.I. 050236581-0

## **AGRADECIMIENTO**

Antes que nada, quiero agradecer a mis padres por darme la vida, una infancia feliz, una educación invaluable y unas hermanas especiales, así como por enseñarme la lección más importante: la vida.

En el transcurso de mi etapa como estudiante de la carrera de ingeniería electromecánica, quiero agradecer a Dios por darnos la capacidad de cumplir con uno de los objetivos trazados para esta etapa.

Agradezco a mi madre Delfina Chanaluisa que siempre ha estado en los momentos buenos y malos y por extenderme la mano cuando necesitaba de su apoyo moral y económico, que en este transcurso de vida a pesar de la distancia me estuvo apoyando; madre mía, ocupas un lugar muy especial en mi corazón.

Agradezco a mi padre Patricio Chilingua quien me enseñó que la vida nos es fácil y que con dedicación y esfuerzo todo se puede lograr, a valorar los resultados de su gran esfuerzo realizado día a día y por darme palabras de aliento; padre mío, ocupas un lugar muy especial en mi corazón.

Agradezco infinitamente a mis padres y familia por todo el amor y apoyo que me han brindado a lo largo de esta etapa de mi vida, sin su apoyo constante no habría podido lograr nada de lo que he logrado.

A mis docentes y en especial a mi tutor Ing. Jefferson Porras agradecerle por brindarme su ayuda y apoyo incondicional total durante el transcurso de la tesis.

*Dario*

## **DEDICATORIA**

La presente tesis se la dedico a mis padres Patricio Chilingua y Delfina Chanaluisa quienes siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica para así poder llegar ser un profesional más de la Patria

A mis hermanas Damarys y Cristina, por ser mi fuente de inspiración y motivación en este logro académico.

Agradecer a Jennifer Astudillo por compartir su vida, amarme, aguantarme, perdonarme, apoyarme y por brindarme nuestra mayor bendición, nuestra hija Aithana.

*Dario*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios que siempre me ha acompañado en forma espiritual en todo el recorrido de mi vida, a mis ángeles en el cielo por velar por mí y a mi familia por ser parte fundamental de todo mi esfuerzo y hoy un sueño hecho realidad, por ser mi apoyo incondicional en todo este proceso de mi formación profesional. Gracias por jamás abandonarme Padres, hermano y hermana a pesar de las adversidades que hemos pasado.

A mis padres quienes trabajaron día y noche para entregarme todo, padres esto es por ustedes y para ustedes, les agradezco por sus palabras de aliento día a día para terminar mi carrera profesional. ¡LOS AMO!

A mis tíos quienes estuvieron pendientes y no faltaron los consejos, enseñanzas que influyeron en mi desempeño y focalización de seguir en adelante para concluir y lograr este objetivo tan anhelado.

Finalmente, agradecer a las personas que supieron estar presentes aportándome con su apoyo moral para cumplir mi objetivo.

Diosle pague.

*Ariel*

## **DEDICATORIA**

Dedico esta meta importante concluida a mi padre Alejandro Iza y a mi Madre Nancy Iza por cuidarme y soportarme, Mi hermano Alex Iza y a mi hermana Alisson Iza por brindare todo su apoyo en todo este proceso, gracias familia por creer y confiar en mí.

Dedico esta meta culminada en memoria a mi abuelo Julio Iza. Abuelito sé que desde el cielo me estás viendo y por eso te dedico este trabajo tan exitoso.

¡Papito, LO LOGRE!

*Ariel*

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	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
ÍNDICE GENERAL.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS .....	xvii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT.....	xx
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. INTRODUCCIÓN .....	2
2.1. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA .....	2
2.2. EL PROBLEMA .....	2
2.2.1. Planteamiento del problema.....	2
2.2.2. Esquema de Ishikawa.....	3
2.2.3. Formulación del problema .....	3
2.3. BENEFICIARIOS.....	4
2.3.1. Beneficiarios directos.....	4
2.3.2. Beneficiarios indirectos.....	4
2.4. JUSTIFICACIÓN .....	4
2.5. HIPÓTESIS.....	4
2.6. OBJETIVOS .....	5
2.6.1. General .....	5
2.6.2. Específicos .....	5
2.7. VARIABLES DE ESTUDIO .....	5
2.7.1. Variable dependiente:.....	5
2.7.2. Variable independiente: .....	5
2.8. SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	5
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
3.1. ANTECEDENTES.....	6
3.2. MARCO REFERENCIAL .....	7

3.3.	FUNDAMENTOS GENERALES DE LA ELECTRICIDAD.....	7
3.3.1.	Principales variables eléctricas.....	8
3.4.	LA CORRIENTE ALTERNA .....	8
3.4.1.	Parámetros de los circuitos eléctricos de corriente alterna.....	8
3.4.2.	Capacidad instalada en un circuito de corriente alterna .....	9
3.4.3.	Circuitos eléctricos trifásicos de corriente alterna .....	9
3.5.	MOTORES ELÉCTRICOS .....	9
3.5.1.	Motor trifásico de inducción .....	9
3.5.2.	Tipos de conexiones en motores trifásicos.....	12
3.5.3.	Conexión en motores de seis terminales .....	12
3.5.4.	Arranque de motores eléctricos.....	14
3.5.5.	Arranque de motores eléctricos de inducción .....	14
3.5.5.1.	Arranque directo.....	14
3.5.5.2.	Arranque estrella-triángulo.....	16
3.5.5.3.	Arranque con variador de frecuencia .....	17
3.6.	PROBLEMAS REVELADOS EN EL ARRANQUE DE MOTORES .....	19
3.6.1.	Caídas de tensión.....	20
3.6.2.	Recomendaciones en la caída de tensión .....	20
3.7.	COMPONENTES DE CONTROL .....	20
3.7.1.	Variador de frecuencia Micromaster 420.....	20
3.7.2.	Configuración variador de frecuencia-panel BOP .....	21
3.7.3.	Controlador lógico programable PLC S7-1200 .....	22
3.7.4.	Sentron PAC 3220.....	22
3.7.5.	Software de programación grafica LABVIEW y NI OPC SERVER.....	22
3.8.	APARATOS DE MEDICIÓN .....	23
3.8.1.	Analizador de redes Fluke 435-II.....	23
3.8.2.	Pinza amperimétrica TRUPER.....	23
4.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	24
4.1.	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN .....	24
4.1.1.	Investigación Bibliográfica .....	24
4.1.2.	Investigación Experimental.....	24
4.2.	EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS .....	24
4.2.1.	Motor trifásico asincrónico .....	24
4.2.2.	Protecciones de Corto Circuito y fallas a tierra.....	26
4.2.3.	Protección térmica contra sobre carga .....	26
4.2.4.	Contactador trifásico.....	27

4.3.	TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	27
4.3.1.	Técnica de Investigación: Observación.....	27
4.3.2.	Técnica de Investigación: Cálculo .....	28
4.3.3.	Técnica de Investigación: Análisis.....	28
4.4.	DISEÑO, CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS PARA VISUALIZAR VARIABLES ELÉCTRICAS EN EL ARRANQUE DE LOS MOTORES. ....	28
4.4.1.	Diseño dimensional del sistema.....	29
4.5.	DETERMINAR EL SISTEMA DE CARGAS A INSTALAR EN EL MÓDULO.....	30
4.5.1.	Circuito de carga inductiva .....	31
4.6.	DIMENSIONAMIENTO DE CALIBRE DE CONDUCTORES Y PROTECCIONES ELÉCTRICAS.....	32
4.6.1.	Dimensionamiento de conductores eléctricos .....	32
4.6.2.	Dimensionamiento de protecciones eléctricas para corto circuito .....	33
4.6.3.	Dimensionamiento de la protección térmica .....	34
4.6.4.	Dimensionamiento del contactor.....	35
4.6.5.	Dimensionamiento de la protección total para un conjunto de cargas .....	35
4.6.6.	Dimensionamiento de transformadores de corriente.....	36
4.7.	SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA EL SISTEMA DE BANCO DE PRUEBAS .....	36
4.7.1.	Componentes para el circuito de carga inductiva.....	37
4.8.	IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DE ARRANQUE DE MOTORES.....	38
4.9.	IMPLEMENTACIÓN DE LOS CANALES DE COMUNICACIÓN ENTRE PLC S7 – 1200 Y LABVIEW .....	41
4.9.1.	Desarrollo de la interfaz .....	41
4.9.2.	Programación .....	42
5.	ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	48
5.1.	DETALLES DE LAS CURVAS DE DISPERSIÓN DESARROLLADAS PARA CADA ARRANQUE.....	48
5.1.1.	Análisis de datos de tres tipos de arranque en el Software LabVIEW vs Analizador de redes Fluke 435 Series II de un motor de 2 Hp marca Siemens .....	48
5.1.1.1.	Arranque directo al vacío .....	50
5.1.1.2.	Arranque directo con carga de 9 libras acoplado en el eje del motor.....	53
5.1.1.3.	Arranque con variador de frecuencia tiempo 50s.....	55
5.1.1.4.	Arranque estrella-delta .....	57
5.2.	IMPACTOS .....	60
5.3.	ELABORACIÓN DE GUÍAS PRÁCTICAS DE EXPERIMENTACIÓN. ....	61
5.4.	PRESUPUESTO .....	62

5.5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	64
6.	BIBLIOGRAFIA.....	66
	ANEXOS.....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1:</b> Matriz Causa-efecto .....	3
<b>Figura 3.1:</b> Alimentación trifásica .....	9
<b>Figura 3.2:</b> Tipos de motores eléctricos .....	9
<b>Figura 3.3:</b> Circuito equivalente del motor de inducción.....	11
<b>Figura 3.4:</b> Conexión en estrella .....	13
<b>Figura 3.5:</b> Conexión en estrella .....	14
<b>Figura 3.6:</b> Circuito de fuerza de un arranque directo .....	15
<b>Figura 3.7:</b> Curva corriente vs velocidad de un arranque directo .....	16
<b>Figura 3.8:</b> Circuito de fuerza de un arranque estrella-delta.....	17
<b>Figura 3.9:</b> Curva corriente vs velocidad en un arranque estrella-triángulo .....	17
<b>Figura 3.10:</b> Circuito de fuerza y curva de arranque con variador de frecuencia .....	18
<b>Figura 3.11:</b> Variador de frecuencia Micromaster 420 .....	21
<b>Figura 3.12:</b> Configuración VDF-PANEL.....	21
<b>Figura 3.13:</b> PLC S7-1200 .....	22
<b>Figura 3.14:</b> Sentron Pac 3220.....	22
<b>Figura 3.15:</b> Software LabVIEW .....	22
<b>Figura 3.16:</b> OPC Server.....	23
<b>Figura 3.17:</b> Analizador de redes Fluke 435-II.....	23
<b>Figura 3.18:</b> Pinza amperimétrica TRUPER.....	23
<b>Figura 4.1:</b> Propuesta de diseño del banco de pruebas .....	29
<b>Figura 4.2:</b> Componentes interno del banco de pruebas .....	30
<b>Figura 4.3:</b> Diagrama de flujo.....	30
<b>Figura 4.4:</b> Diagrama de fuerza de carga inductiva .....	31
<b>Figura 4.5:</b> Tablero eléctrico.....	39
<b>Figura 4.6:</b> Implementación de la protección principal .....	39
<b>Figura 4.7:</b> Implementación de las líneas de tensión .....	39

<b>Figura 4.8:</b> Armado de las protecciones en el tablero.....	40
<b>Figura 4.9:</b> Conexión del interruptor de disparo trifásico.....	40
<b>Figura 4.10:</b> Conexión de los contactores.....	40
<b>Figura 4.11:</b> Conexión del motor trifásico en estrella.....	41
<b>Figura 4.12:</b> Conexión del motor trifásico en delta.....	41
<b>Figura 4.13:</b> Interfaz gráfica.....	42
<b>Figura 4.14:</b> Diagrama de proceso.....	42
<b>Figura 4.15:</b> Protocolo de comunicación de servidores.....	43
<b>Figura 4.16:</b> Servidores OPC.....	45
<b>Figura 4.17:</b> Diagrama de bloques programación LabVIEW.....	46
<b>Figura 4.18:</b> Diagrama de bloques de la programación del software LabVIEW.....	46
<b>Figura 4.19:</b> Datos de placa de motor para parametrización.....	47
<b>Figura 5.1:</b> Placa de motor 2 Hp.....	50
<b>Figura 5.2:</b> Corriente vs tiempo.....	51
<b>Figura 5.3:</b> Corriente vs Voltaje.....	52
<b>Figura 5.4:</b> Corriente de arranque directo proporcionada por el analizador de redes.....	52
<b>Figura 5.5:</b> Corriente vs tiempo.....	53
<b>Figura 5.6:</b> Corriente vs tiempo.....	53
<b>Figura 5.7:</b> Corriente vs voltaje.....	54
<b>Figura 5.8:</b> Corriente de arranque directo con carga proporcionada por el analizador.....	55
<b>Figura 5.9:</b> Corriente vs tiempo.....	55
<b>Figura 5.10:</b> Arranque con variador de frecuencia.....	56
<b>Figura 5.11:</b> Corriente vs voltaje.....	57
<b>Figura 5.12:</b> Arranque con variador de frecuencia proporcionada por el analizador.....	57
<b>Figura 5.13:</b> Arranque estrella-delta.....	58
<b>Figura 5.14:</b> Corriente vs voltaje.....	59
<b>Figura 5.15:</b> Arranque estrella-delta proporcionado por el analizador de redes.....	59

<b>Figura 5.16:</b> Tipos de arranques propuesto.....	60
---	----

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1:</b> Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados .....	5
<b>Tabla 3.1:</b> Parámetros eléctricos de un circuito de corriente alterna.....	8
<b>Tabla 3.2:</b> Características de las potencias eléctricas en arranque de motores .....	14
<b>Tabla 3.3:</b> Comparación de los tipos de arranque en motores trifásicos .....	19
<b>Tabla 4.1:</b> Placa de datos de los motores eléctricos .....	24
<b>Tabla 4.2:</b> Datos del factor de servicio para la sobre carga del motor .....	25
<b>Tabla 4.3:</b> Clasificación de Interruptores de disparo instantáneo.....	26
<b>Tabla 4.4:</b> Clasificación del relé térmico.....	27
<b>Tabla 4.5:</b> Clasificación del contactor trifásico.....	27
<b>Tabla 4.6:</b> Sistemas a desarrollar en el banco de pruebas .....	28
<b>Tabla 4.7:</b> Componentes entregados por la Universidad.....	31
<b>Tabla 4.8:</b> Características técnicas de los motores eléctricos.....	32
<b>Tabla 4.9:</b> Valores de corriente en motores trifásicos a plena carga.....	32
<b>Tabla 4.10:</b> Valores de Corriente a plena carga .....	33
<b>Tabla 4.11:</b> Selección de Conductores .....	33
<b>Tabla 4.12:</b> Protección de corrientes para interruptores automáticos de disparo instantáneo.....	34
<b>Tabla 4.13:</b> Corrientes de Protección Normalizadas .....	34
<b>Tabla 4.14:</b> Corrientes de Protección Normalizadas .....	35
<b>Tabla 4.15:</b> Valores de Corriente para los Contactores.....	35
<b>Tabla 4.16:</b> Corriente total del circuito inductivo .....	36
<b>Tabla 4.17:</b> Corriente de Protección Principal .....	36
<b>Tabla 4.18:</b> Selección de componentes del sistema .....	37
<b>Tabla 4.19:</b> Componentes a instalar en el circuito inductivo .....	37
<b>Tabla 4.20:</b> Parámetros eléctricos medidos por el SENTRON PAC.....	44
<b>Tabla 4.21:</b> Parámetros de niveles 1 y 2, para puesta en servicio rápido .....	47
<b>Tabla 5.1:</b> Datos de corriente obtenidos del Analizador vs LabVIEW al vacío.....	48

<b>Tabla 5.2:</b> Datos de corriente obtenidos del Analizador vs LabVIEW con carga.....	49
<b>Tabla 5.3:</b> Datos de voltaje con relación a la corriente obtenidos del Analizador vs LabVIEW al vacío .....	49
<b>Tabla 5.4:</b> Datos de voltaje con relación a la corriente obtenidos del Analizador vs LabVIEW con carga .....	50
<b>Tabla 5.6:</b> Valor en dólares de ingenierías .....	62
<b>Tabla 5.7:</b> Instrumentación Industrial y Control .....	62

## RESUMEN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TÍTULO: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL ANÁLISIS DE VARIABLES ELÉCTRICAS EN EL ARRANQUE DE MOTORES”**

**Autores:**

Chiliquina Chanaluisa Elber Dario

Iza Iza Ghilson Ariel

La dificultad de visualizar variables eléctricas (tensión y corriente), y el comportamiento de la corriente de arranque en motores trifásicos ha generado una brecha entre la teoría y la práctica. Por tal motivo el presente proyecto tecnológico presenta el diseño y construcción un banco de pruebas mediante un sistema de adquisición de datos que permita obtener variables claves como la tensión y corriente, durante el arranque de motores y además visualizar la curva de arranque en tiempo real, para ello se implementó un sistema de protecciones eléctricas, conductores, relés térmicos, contactores tomando en cuenta la normativa NEC que se deben modelar para cargas específicas. Para el caso de estudio se dispone de 8 motores eléctricos trifásicos (cinco motores de 1 HP, un motor de 1/2HP y un motor de 2HP) que trabajan a 220 V, cada situación de estudio será respectivamente con el uso de un PLC s7-1200 por una comunicación MODBUS TCP-IP hacia el SENTRON PAC, para la comunicación a LabVIEW mediante servidor OPC, de tal manera se realiza la creación de una interfaz gráfica, que permita la visualización de parámetros eléctricos y corrientes de arranque. Al analizar los resultados de un motor trifásico de 2 Hp, mediante los tres tipos de arranque propuesto se visualiza que la curva de arranque máximo en vacío es de 9,57 A y al aplicarle carga la corriente aumenta a 17,27 A, mediante pruebas con arranque estrella delta se obtuvo una menor corriente en delta que es de 4,60 A y se estabiliza en su corriente de trabajo de 2,48 A, para el arranque con variador de frecuencia se obtuvo una corriente máxima de 4,61 A y se estabiliza en su corriente de trabajo de 4,2 A, con estos dos últimos tipos de arranques aplicados se logra evitar picos de corriente de arranque y así mejorar la vida útil del motor, cumpliendo la normativa NEC para el sistema en instalaciones eléctricas en las cargas inductivas aplicadas.

**Palabras clave:** Motores trifásicos, arranque, dimensionar, variables eléctricas.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**

**FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**

**TITLE: “DESIGN AND CONSTRUCTION OF A TEST BENCH FOR THE  
ANALYSIS OF ELECTRICAL VARIABLES IN ENGINE STARTING”**

**Authors:**

Chiliquinga Chanaluisa Elber Dario

Iza Iza Ghilson Ariel

**ABSTRACT**

The difficulty of visualizing electrical variables (voltage and current), and the behavior of the starting current in three-phase motors has generated a gap between theory and practice. For this reason, the present technological project presents the design and construction of a test bench through a data acquisition system that allows to obtain key variables such as voltage and current during motor starting and also to visualize the starting curve in real time. For this purpose, a system of electrical protections, conductors, thermal relays and contactors was implemented, taking into account the NEC regulations that must be modeled for specific loads. For the case study there are 8 three-phase electric motors (five 1 HP motors, a 1/2HP motor and a 2HP motor) working at 220 V, each study situation will be respectively with the use of a PLC s7-1200 by a MODBUS TCP-IP communication to the SENTRON PAC, for communication to LabVIEW via OPC server, so the creation of a graphical interface is performed, allowing the visualization of electrical parameters and starting currents. When analyzing the results of a three-phase motor of 2 Hp, by means of the three types of starting proposed, it is visualized that the curve of maximum no-load starting is of 9.57 A and when applying load the current increases to 17.27 A, by means of tests with star delta starting a smaller current was obtained in delta that is of 4.60 A and stabilizes in its work current of 2.48 A, For the starter with frequency inverter, a maximum current of 4.61 A was obtained and stabilized in its working current of 4.2 A. With these last two types of starters applied, it is possible to avoid starting current peaks and thus improve the useful life of the motor, complying with the NEC regulations for the system in electrical installations in the inductive loads applied.

Key words: Three-phase motors, starting, sizing, electrical variables.

## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés de la Carrera de Pedagogía de los Idiomas Nacionales y Extranjeros de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL ANÁLISIS DE VARIABLES ELÉCTRICAS EN EL ARRANQUE DE MOTORES”** presentado por: **Iza Iza Ghilson Ariel y Chiliquinga Chanaluisa Elber Dario**, egresados de la Carrera de: **Ingeniería 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, Agosto del 2023

Atentamente,

 **JOSE IGNACIO  
ANDRADE MORAN**



-----  
**Mg. José Ignacio Andrade M.**  
**DOCENTE EXTENSIÓN PUJILÍ - UTC**  
**CI: 0503101040**

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

**Título:** Diseño y construcción de un banco de pruebas para el análisis de variables eléctricas en el arranque de motores.

**Tipo de proyecto:** Propuesta Tecnológica

**Fecha de inicio:** Abril del 2023

**Fecha de finalización:** Agosto del 2023

**Lugar de ejecución:** Laboratorios de Instalaciones Eléctricas de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas en la Universidad Técnica de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi

**Facultad que auspicia:** Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

**Carrera que auspicia:** Ingeniería Electromecánica

**Proyecto de investigación vinculado:** Revolución industrial 4.0

**Equipo de trabajo:**

**Tutor:** Ing. Jefferson Alberto Porras Reyes M.Sc.

**C.I.** 070440044-9

**Correo electrónico:**

**Ponentes:** Chilibingua Chanaluisa Elber Dario

**C.I.** 210067849-5

**Correo electrónico:** elber.chilibingua8495@utc.edu.ec

**Dirección:** Latacunga - Cotopaxi

Iza Iza Ghilson Ariel

**C.I.** 050430177-1

**Correo electrónico:** ghilson.iza1771@utc.edu.ec

**Dirección:** Latacunga – Cotopaxi

## **Área de Conocimiento:**

Área: (07) Ingeniería, industria y construcción

Subárea: (071) Ingeniería y profesiones afines

Subárea específica del conocimiento: (0714) Electrónica y automatización.

**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. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA**

El proyecto consiste en realizar un banco de pruebas para el análisis de variables eléctricas en el arranque de motores, en las que nos permita visualizar parámetros eléctricos como: tensión y corriente, además del comportamiento de la corriente en arranque en motores trifásicos de uso frecuente por parte de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Uno de los ejes claves en este desarrollo es el funcionamiento de motores eléctricos, esto requiere de conocer lineamientos teóricos y prácticos que permitan llevar a cabo procesos industriales modernos. Por tal razón en el presente proyecto se busca generar un sistema que logre generar esa interacción entre la teoría y la práctica. Para relacionarse con el dimensionamiento de protecciones eléctricas, cargas y poder estudiar las variables como (tensión, y corriente) a partir de cada uno de los diversos tipos de arranque planteados como son: (arranque estrella-triángulo, arranque directo y arranque con variador de frecuencia) que intervienen en el proceso de estudio de las máquinas eléctricas que forman parte de la industria ecuatoriana, con el objetivo de analizar y monitorear cada parámetro mediante visualización e interacción directa con el módulo a desarrollar y generar esa formación práctica necesaria para el desarrollo industrial.

### **2.2. EL PROBLEMA**

#### **2.2.1. Planteamiento del problema**

La presente propuesta tecnológica surge debido a la necesidad de visualizar variables eléctricas claves como tensión y corriente involucradas en el proceso de arranque de motores necesarias

para el funcionamiento de un proceso industrial. Por tal razón la interacción con el dimensionamiento, visualización y selección de los elementos que componen un circuito eléctrico utilizado para arrancar motores trifásicos.

Además, un sistema que permita dimensionar, visualizar e interactuar de forma dinámica con las cargas que se aplican a la red trifásica, en los diferentes métodos de arranques de motores eléctricos (arranque estrella-triángulo, arranque directo y arranque con variador de frecuencia), con el objetivo de interactuar la teoría con la práctica, con respecto al tema.

Por lo tanto, es fundamental analizar variables eléctricas principales tales como tensión y corriente en estudio con el uso de una interfaz gráfica que nos facilite la visualización en tiempo real de cada parámetro eléctrico y el comportamiento de la corriente de arranque que genera un motor eléctrico al momento de entrar en operación y así obtener las variables definidas en estudio técnico-práctico.

### 2.2.2. Esquema de Ishikawa

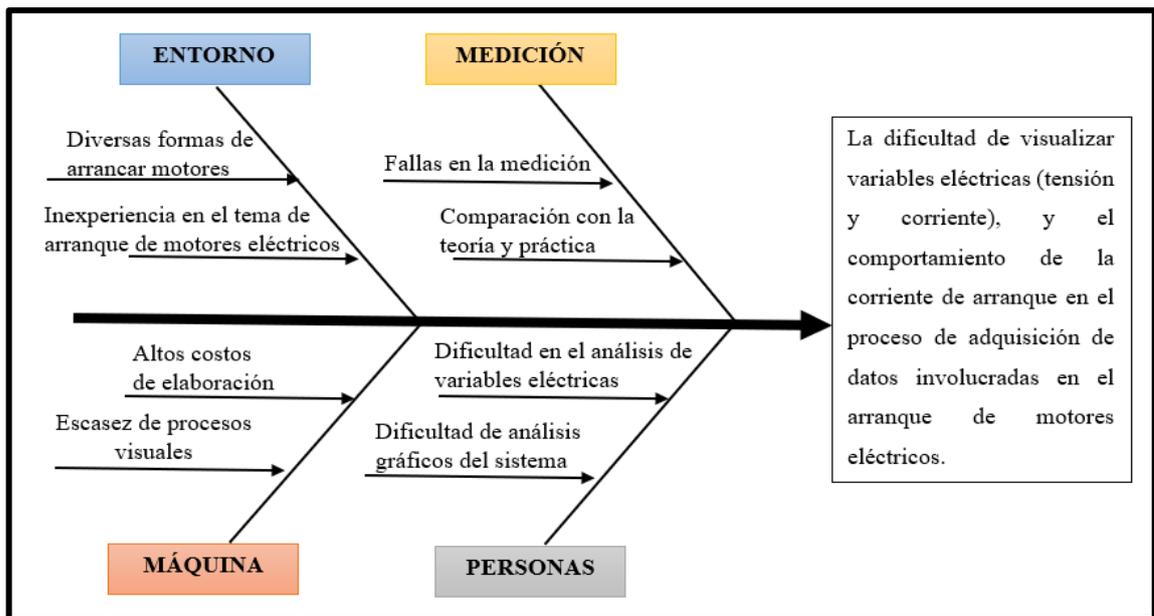


Figura 2.1: Matriz Causa-efecto

### 2.2.3. Formulación del problema

La dificultad de visualizar variables eléctricas (tensión y corriente), y el comportamiento de la corriente de arranque en el proceso de adquisición de datos involucradas en el arranque de motores eléctricos, implementado en el laboratorio de simulación de instalaciones eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## **2.3. BENEFICIARIOS**

### **2.3.1. Beneficiarios directos**

Con la implementación del banco de pruebas se verán beneficiados la comunidad universitaria de la carrera de Ingeniería Electromecánica y Eléctrica.

### **2.3.2. Beneficiarios indirectos**

La comunidad científica de la ciudad de Latacunga y los docentes y estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA) de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## **2.4. JUSTIFICACIÓN**

El presente proyecto consiste en diseñar y construir un banco de pruebas para el análisis de variables eléctricas claves como la tensión y corriente involucradas en el proceso de arranque de motores, poniéndolo a disposición del laboratorio de instalaciones eléctricas que permita obtener un desarrollo práctico.

Por lo cual, se ha requerido diseñar un sistema que facilite la visualización de las variables eléctricas y que permita interactuar directamente con las diferentes protecciones eléctricas, que intervienen en el proceso de arranque de motores, y además visualizar la curva de arranque del motor en tiempo real mediante una interfaz gráfica en el software LabVIEW cuando el motor arranque en condiciones al vacío y con carga, mediante la adquisición de datos se dispone de instrumentos de medición conformado en el módulo como es el Sentron Pac comúnmente utilizado para mediciones de tensión y corriente, además de comprender las conexiones en las borneras de los motores trifásicos, para poder interactuar experimentalmente haciendo uso de guías de informe práctico.

Este módulo me permite realizar prácticas de laboratorio como son:

- Arranque directo
- Arranque estrella-delta
- Arranque con variador de frecuencia

## **2.5. HIPÓTESIS**

El diseño y construcción de un banco de pruebas de arranque de motores permitirá la adquisición y visualización de variables eléctricas (tensión y corriente) y el comportamiento de la corriente de arranque involucradas en motores eléctricos implementado en el laboratorio de simulación de instalaciones eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## 2.6. OBJETIVOS

### 2.6.1. General

Diseñar un banco de pruebas mediante un sistema de adquisición de datos que permita visualizar variables eléctricas (tensión y corriente) y el comportamiento de la corriente de arranque involucradas en el proceso de arranque de motores.

### 2.6.2. Específicos

- Investigar en fuentes bibliográficas las principales características de los dispositivos eléctricos, tipos de arranque en motores eléctricos, para la implementación de un banco de pruebas.
- Implementar un sistema para la adquisición de datos que registre de manera precisa las variables eléctricas (tensión y corriente) y presente en una interfaz virtual la curva de arranque en motores eléctricos, que sea capaz de controlar y supervisar.
- Validar mediante guías de práctica cada uno de los datos obtenidos en el banco de pruebas y las mediciones realizadas mediante el analizador de redes en situaciones reales de arranque de motores.

## 2.7. VARIABLES DE ESTUDIO

### 2.7.1. Variable dependiente:

Visualización de variables eléctricas (tensión y corriente) y el comportamiento de la corriente de arranque.

### 2.7.2. Variable independiente:

Tipo de conexión, condiciones al vacío y con carga

## 2.8. SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

**Tabla 2.1:** Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

<b>Objetivos específicos</b>	<b>Tareas/Actividades</b>	<b>Resultados Esperados</b>	<b>Técnicas, medios e instrumentos</b>
-Investigar en fuentes bibliográficas las principales características de los dispositivos eléctricos, tipos de arranque en motores eléctricos, para	-Recopilación de información en fuentes bibliográficas.	-Adquirir conocimientos para comprender el funcionamiento de los dispositivos eléctricos del banco de pruebas.	-Investigación bibliográfica. Libros Documental

la implementación de un banco de pruebas.			
-Implementar un sistema para la adquisición de datos que registre de manera precisa las variables eléctricas (tensión y corriente) y presente en una interfaz virtual la curva de arranque en motores eléctricos, que sea capaz de controlar y supervisar.	-Identificación los elementos eléctricos que se implementarán en el módulo. -Programación y desarrollo de la interfaz gráfica. -Adquisición de datos en un controlador lógico programable. -Conexión y armado del tablero eléctrico	-Planos eléctricos. -Modelado en 3D del tablero eléctrico con sus componentes eléctricos. -Adquisición de los elementos eléctricos para la implementación del módulo. -Obtención de la curva de arranque de los motores. -Visualización de parámetros eléctricos (tensión y corriente). -Visualización del diseño en 3D y planos eléctricos del banco de pruebas	-Software (AutoCAD Electric 2021) con licencia educativa. Software SolidWorks versión 2021. -Instalación de equipos eléctricos y materiales para el desarrollo del circuito del banco de pruebas. -Software de desarrollo de interfaz gráfica LabVIEW 2019 Versión SP1 TIA PORTAL V16 -Aparatos de medición eléctrica
-Validar mediante guías de práctica cada uno de los datos obtenidos en el banco de pruebas y las mediciones realizadas mediante el analizador de redes en situaciones reales de arranque de motores.	-Interpretación de resultados obtenidos -Interpretación de los datos obtenidos en la práctica. -Comprobación de los datos obtenidos de tensión y corriente, y la curva característica a partir de los métodos de arranque de motores eléctricos.	-Visualización de los datos extraídos por medio de los transformadores de corriente. -Adquisición de parámetros eléctricos. -Cálculos de margen de error, de los datos extraídos del banco de pruebas vs analizador de redes.	- Guías de práctica -Memoria de cálculo mediante ecuaciones matemáticas de protecciones eléctricas. -Utilizar el software Tia Portal V16 y LabVIEW para el intercambio de datos. -Interfaz virtual creada en el software LabVIEW. -Analizador de redes Fluke 435 Series II.

### 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 3.1. ANTECEDENTES

En la propuesta “Diseño y construcción de un banco de pruebas para circuitos eléctricos” del año 2016, se desarrolla un proceso netamente experimental que permite al usuario generar esa práctica necesaria para adentrarse en el mundo laboral de la industria. En este proyecto se genera un módulo que permite la interconexión entre todos los sistemas para el caso: cargas

inductivas, con el fin de diversificar la carga final y obtener diferentes mediciones y objetivos para el estudio, logrando así un sistema eficaz de práctica de laboratorio que permite relacionar la teoría con la práctica. Finalmente, con la ayuda de guías de práctica de laboratorio e instrumentos de medición comprueban cada proceso y verifican en tiempo real la veracidad de las conexiones [1].

En el trabajo de investigación “Diseño y construcción de banco de prueba eléctricas en baja tensión para el área de asistencia técnica y calidad de FTC ENERGY GROUP S.A.” del año 2019, se determina la importancia del análisis de las diversas variables eléctricas que alteran la red, al ser una empresa dedicada a realizar proyectos energéticos requieren de un módulo que permita garantizar la adecuada protección del personal técnico, además de reducir las fallas en los productos finales, esto con el fin de garantizar sus tableros eléctricos de baja tensión finales como los son el CDP (Centro de distribución de potencia), CCM (Centro de control de motores) y el TDG (Tablero de distribución general) [2].

En la tesis “Diseño y construcción de un banco de pruebas para caracterización de motores eléctricos monofásicos” del año 2014, los ponentes logran generar un banco de pruebas modular, ergonómico y seguro, que además mediante la toma de medidas en el proceso logran caracterizar los datos de motores eléctricos monofásicos, mediante el dimensionamiento correcto de cada parte del sistema logran obtener el módulo que tiene la capacidad de trabajar con diferentes tipos de motores y diversos arranques para así lograr un sistema eficiente y eficaz, además que cumple con los objetivos planteados para el correcto funcionamiento del sistema [3].

### **3.2. MARCO REFERENCIAL**

Los circuitos eléctricos, su dimensión, monitoreo y análisis permiten la generación de experiencia propia para aplicar conceptos teóricos a nivel industrial.

### **3.3. FUNDAMENTOS GENERALES DE LA ELECTRICIDAD**

Todos los fenómenos relacionados con la energía eléctrica pueden ser explicados ante la existencia de una diminuta partícula llamada electrón, basado en esta teoría se logra diseñar equipos eléctricos y electrónicos de todo tipo que han permitido explotar a su máxima expresión la teoría de los electrones.

### 3.3.1. Principales variables eléctricas

- **Tensión eléctrica o diferencia de potencial.** – Es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos, a su vez se puede expresar como el trabajo por unidad de carga que se ejerce en un campo eléctrica sobre una partícula cuando se mueve por posiciones determinadas. Su forma de medición es mediante un voltímetro. Su unidad en el Sistema Internacional de Unidades es el Voltio [V][4].
- **Corriente eléctrica.** – Se considera corriente eléctrica al paso de carga eléctrica hacia un lado de una superficie debido al movimiento de los electrones. Su unidad en el Sistema Internacional de Unidades es el Amperio [A][5].
- **Potencia eléctrica.** – Se conoce como la rapidez con la que se realiza un trabajo o se gasta energía. Su unidad en el Sistema Internacional de Unidades es el Watt [W][4].

### 3.4. LA CORRIENTE ALTERNA

Se denomina corriente alterna o CA, a la corriente eléctrica en la cual la magnitud y el sentido varían periódicamente, siendo la forma sinusoidal la más utilizada.

#### 3.4.1. Parámetros de los circuitos eléctricos de corriente alterna

Los componentes del circuito de corriente alterna incluyen resistencias, condensadores, bobinas y generadores, y tienen parámetros que pueden ser medidos o calculados para diferentes aplicaciones de ingeniería. , ver tabla 3.2 [6].

**Tabla 3.1:** Parámetros eléctricos de un circuito de corriente alterna [6]

Parámetro eléctrico	Simbología	Descripción
Pico de tensión	$V_P$	Valores de tensión alterna, tanto máxima como mínima.
Pico de Corriente	$I_P$	Máximo o mínimo de la corriente alterna
Pico-Pico de tensión	$V_{PP}$	Diferencia entre los valores máximos y mínimos positivos y negativos
Tensión efectiva	$V_{ef}$	Monto en efectivo de la corriente alterna
Corriente efectiva	$I_{ef}$	Monto real de corriente alterna
Duración del periodo	$T$	Un ciclo completo (con semiciclo positivo y semiciclo negativo).
Frecuencia	$F$	Número de veces que ocurre algo en un segundo.
Frecuencia angular	$\omega_t$	Velocidad angular
Valor transitorio	$U_t$	Variación del valor transitorio en el tiempo para una tensión alterna sinusoidal

### 3.4.2. Capacidad instalada en un circuito de corriente alterna

Es la suma de las potencias de los equipos conectados a las líneas eléctricas [7].

### 3.4.3. Circuitos eléctricos trifásicos de corriente alterna

Son sistemas constituidos por una fuente trifásica de alimentación es decir consta de tres conductores de electricidad R, S, T desfasados  $120^\circ$  uno con respecto al otro, de igual frecuencia y amplitud usado para distribución de energía a gran escala y motores de inducción industriales.

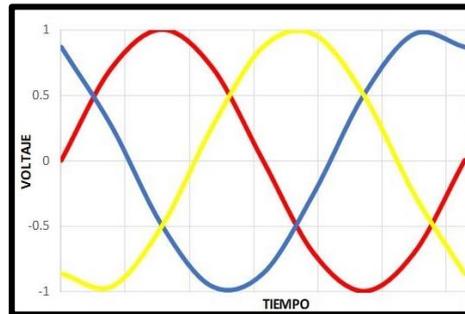


Figura 3.1: Alimentación trifásica [8]

## 3.5. MOTORES ELÉCTRICOS

Se denomina motor eléctrico a las máquinas eléctricas que transforman la energía eléctrica que absorben en sus bornes a energía mecánica que producen a través del movimiento de un eje. Existen diversos tipos de motores, ver figura 3.8.

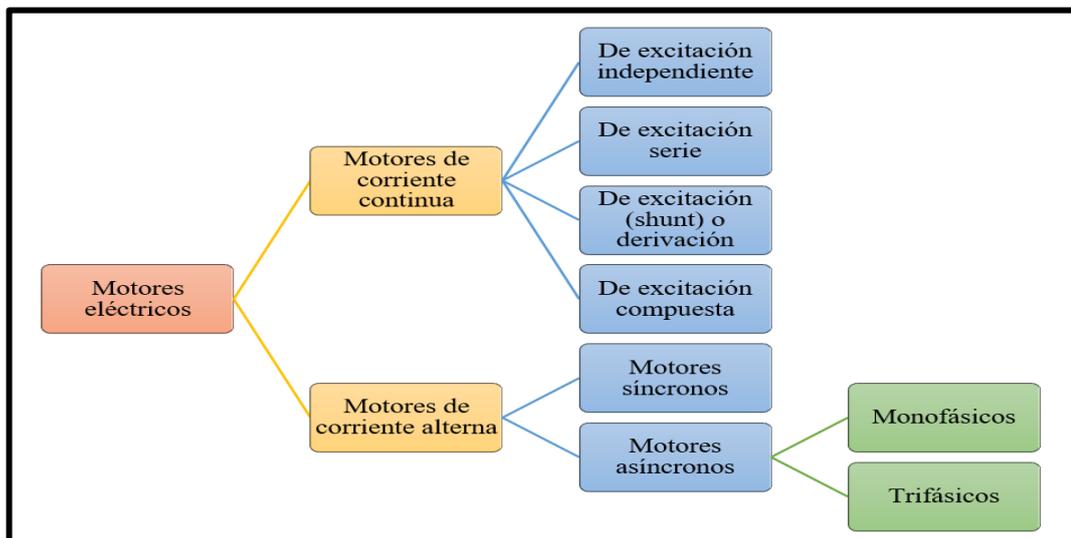


Figura 3.2: Tipos de motores eléctricos [9]

### 3.5.1. Motor trifásico de inducción

Es un motor trifásico con un bobinado inductor en el estátor compuesto por tres bobinados independientes, espaciados a  $120^\circ$  eléctricos, alimentados por un sistema trifásico de corriente alterna. Se presenta en dos tipos:

- Rotor devanado
- Rotor de jaula de ardilla.

El rotor de jaula de ardilla consta de barras de cobre insertadas en las ranuras y liberadas mediante dos anillos para cortocircuitar estas barras.

El devanado del rotor se compone de tres fases, similar al estator. Normalmente, las tres fases del devanado del rotor están conectadas en forma de estrella, con los extremos de los tres cables cortocircuitados a los contactos en el eje del rotor. [10].

El principio de funcionamiento de un motor de inducción se explica por la ley de Lorentz, que establece que cuando la corriente fluye a través de la bobina, se genera un campo magnético, la dirección del campo magnético cambia a medida que cambia el ángulo de inclinación de la línea de alimentación. Hay tres grupos de bobinas, alimentadas por tres fases separadas 120°, que generan un campo magnético en una dirección, lo que hace que el rotor se mueva [11].

La ley de Lorentz viene dada por la siguiente ecuación:

$$F = Q * v * B * \sin(v \wedge B) \quad (3.1)$$

F= Fuerza de Lorentz

Q= Carga

v= Velocidad (rpm)

B= Campo Magnético

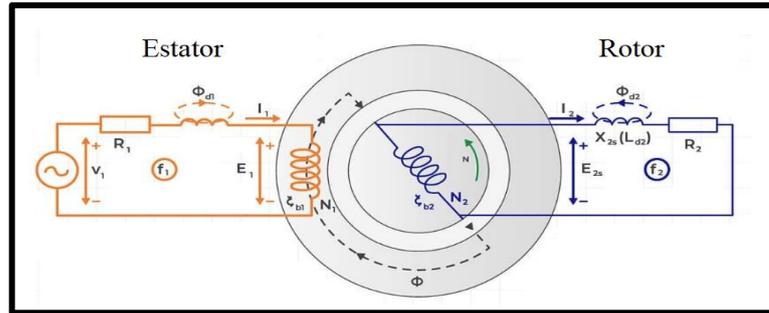
La velocidad de rotación del rotor es diferente de la velocidad del campo magnético del estator impuesto por la red trifásica, el rotor gira a una velocidad más lenta que la velocidad síncrona, lo que es causado por el deslizamiento de la máquina [12].

La velocidad de rotación del campo magnético está dada por la siguiente ecuación:

$$n = \frac{120 fe}{P} \quad (3.2)$$

Donde  $fe$  es la frecuencia del sistema y  $P$  es el número de polos.

La siguiente figura 3.9 ilustra un motor de inducción que es similar a un transformador en el sentido de que alimenta el estator con una red para producir un campo magnético que induce una FEM en el circuito del rotor. Tenemos una reactancia de fuga de bobina y una resistencia en el estator [13].



**Figura 3.3:** Circuito equivalente del motor de inducción [14]

El inductor del rotor tiene resistencia e inductancia, y también una resistencia variable debido a la carga mecánica del motor. El deslizamiento de la máquina influye en la frecuencia eléctrica en el rotor y las variables en el lado del rotor dependen de dicha frecuencia [12].

La ecuación de la resistencia eléctrica en términos de la carga mecánica del motor se obtiene mediante la determinación de la corriente en el circuito del rotor, y se define por la siguiente ecuación (3.3).

$$I_2 = \frac{E_2}{Z_2} \quad (3.3)$$

I= Corriente [A]

E= Tensión [V]

Z= Impedancia [R]

La frecuencia del rotor será igual a  $s f_e$  porque el deslizamiento de la máquina tiene un impacto en la frecuencia eléctrica. Las variables del circuito del rotor cambian cuando ocurre esta frecuencia [12].

Para determinar la corriente trifásica por fase, los circuitos de alimentación trifásicos, que permiten voltajes de línea más bajos y un flujo de electricidad más uniforme, se utilizan con frecuencia en líneas de transmisión de energía y grandes motores eléctricos. Para el cálculo respectivo de la corriente de línea en los motores trifásicos, se describe la siguiente ecuación.

$$P = I * E * \sqrt{3} * \cos \phi \quad (3.4)$$

Donde:

P= Potencia

I= Corriente línea

E= Voltaje

$\cos \phi$ = Factor de potencia

Para determinar la corriente trifásica con carga en los motores trifásicos, se establece la siguiente ecuación con los datos de eficiencia del motor trifásico.

$$I_n = \frac{hp(0.746)}{\sqrt{3} * kV * \eta * fp} \quad (3.5)$$

Donde:

hp= Caballo de potencia

kV= Tensión del motor

$\eta$ = Eficiencia

fp= Factor de potencia

### 3.5.2. Tipos de conexiones en motores trifásicos

La cantidad de terminales del motor trifásico determina la configuración de terminales presente: seis, nueve o doce puntas.

### 3.5.3. Conexión en motores de seis terminales

La conexión de los motores trifásicos de jaula de ardilla dependerá de la red de alimentación disponible. De manera general, se pueden representar

- Conexión en estrella
- Conexión en triángulo

**Conexión en estrella.** – En este tipo de conexión la intensidad de fase va a ser igual a la intensidad que corre por cada línea, sin embargo, la tensión que se aplica a cada fase es  $\sqrt{3}$  menor que la tensión en línea.

Se respeta entonces que:

$$U_F = U_l/\sqrt{3} \quad (3.6)$$

$U_f$ = Tensión de fase [V]

$U_l$ = Tensión de línea [A]

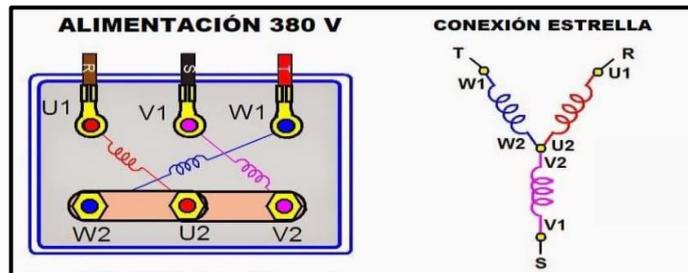
Y que:

$$I_f = I_l \quad (3.7)$$

$I_f$ = Corriente de fase [A]

$I_l$ = Corriente de línea [A]

Los terminales de salida de los grupos de bobinas se conectan juntos y se alimentan con el voltaje especificado por el fabricante del motor trifásico. Normalmente se somete a un voltaje más alto que la conexión en triángulo, pero consume menos corriente, ver figura 3.10 [15].



**Figura 3.4:** Conexión en estrella [16]

**Conexión en triángulo.** –En conexión en triángulo, la intensidad que recorre por cada fase es  $\sqrt{3}$  menor que la intensidad de línea, pero la tensión es igual a la tensión de fase

Se respeta entonces que

$$U_F = U_l \quad (3.8)$$

$I_f$ = Corriente de fase [A]

$U_l$ = Tensión de línea [A]

Y que:

$$I_f = I_l / \sqrt{3} \quad (3.9)$$

$I_f$ = Corriente de fase (A)

$I_l$ = Corriente de línea (A)

En este tipo de conexión, se conectan el terminal de salida de un grupo de bobinas con el terminal de entrada de otro grupo, incluyendo los tres grupos de bobinas del motor. La conexión en este caso tiene un voltaje de alimentación menor que la conexión estrella, lo cual resulta en un mayor consumo de corriente, ver figura 3.11 [15].

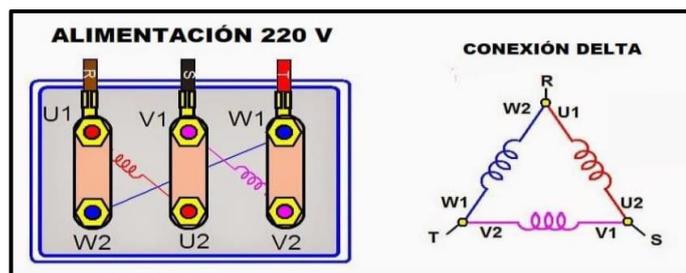


Figura 3.5: Conexión en estrella [16]

### 3.5.4. Arranque de motores eléctricos

Durante el encendido de un motor eléctrico, la alta corriente generada puede causar una reducción en el voltaje, afectando los dispositivos cercanos si no se consideraron los materiales adecuados en el sistema. El proceso de arranque de motores va acompañado de un consumo elevado de corriente, por tanto, el MIE BT 037, en el apartado 1.5 del reglamento electrotécnico para B.T fija los límites de la relación arranque corriente según indica la tabla 3.2.

Tabla 3.2: Características de las potencias eléctricas en arranque de motores [17]

Potencia nominal del motor	I arranque / I plena carga
De 0,75 kW a 1,5 kW	4,5
De 1,5 kW a 5 kW	3,0
De 5 kW a 15 Kw	2,0
Más de 15 kW	1,5

### 3.5.5. Arranque de motores eléctricos de inducción

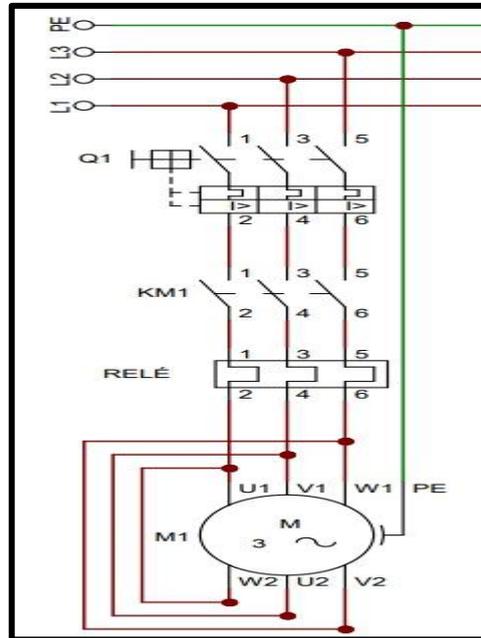
Se utilizan diversos métodos de arranque en función de la necesidad del usuario y la capacidad eléctrica de la red para reducir las corrientes durante el inicio del motor, los cuales se describen a continuación en nuestro sistema:

- Arranque directo
- Arranque estrella-triángulo
- Arranque por variador de frecuencia

#### 3.5.5.1. Arranque directo

Es la forma más sencilla de arrancar un motor lo cual consiste en conectar directamente a la red eléctrica. Cuando se enciende, el motor se comporta como un transformador cuyo rotor tiene poca resistencia y está en cortocircuito. La relación entre la corriente primaria y secundaria es

casi directamente proporcional. El arranque directo se realiza en conexión delta o estrella dependiendo del voltaje y las tensiones nominales, información que se encuentra en la placa característica de cada máquina. , ver figura 3.12 [17].



**Figura 3.6:** Circuito de fuerza de un arranque directo [17]

Ventajas importantes del arranque directo:

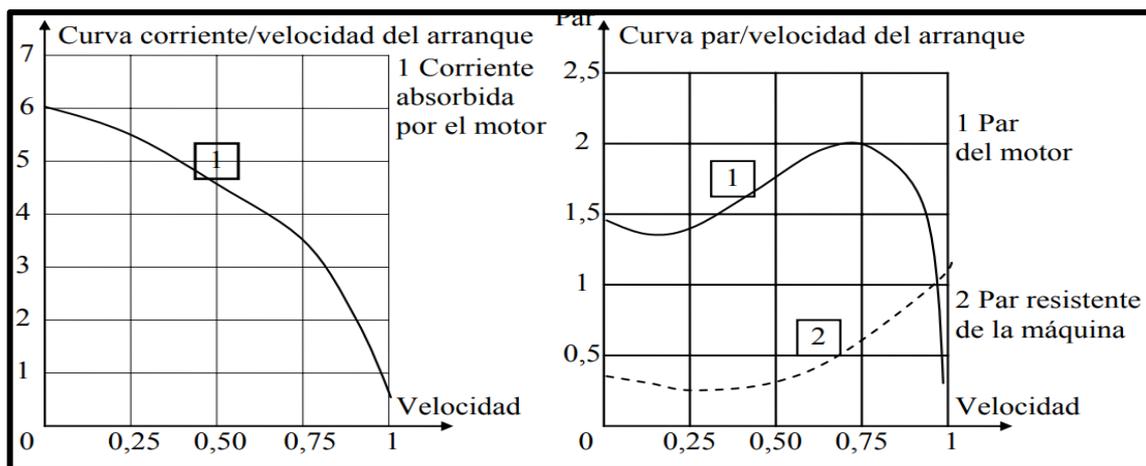
- Elevado par de arranque
- Arranque rápido
- Bajo coste
- Sencillez del equipo

A pesar de las diversas ventajas que posee el arranque directo, solo es posible utilizarse en los siguientes casos:

- La potencia del motor es débil en comparación con la red para limitar las interferencias que provoca la corriente requerida
- Una máquina accionada que no necesite un aumento gradual de la velocidad.
- Debe haber un par de arranque elevado

Cuando el motor entra en funcionamiento provoca un pico de corriente de:  $I_{arr} = 5 a 8 I_n$ , siguiendo a medida que aumenta su velocidad, lo cual provoca efectos negativos en la red como son las caídas de tensión

El par de arranque medio es:  $M_{arr} = 0.5 a 1.5 M_n$



**Figura 3.7:** Curva corriente vs velocidad de un arranque directo [17]

### 3.5.5.2. Arranque estrella-triángulo

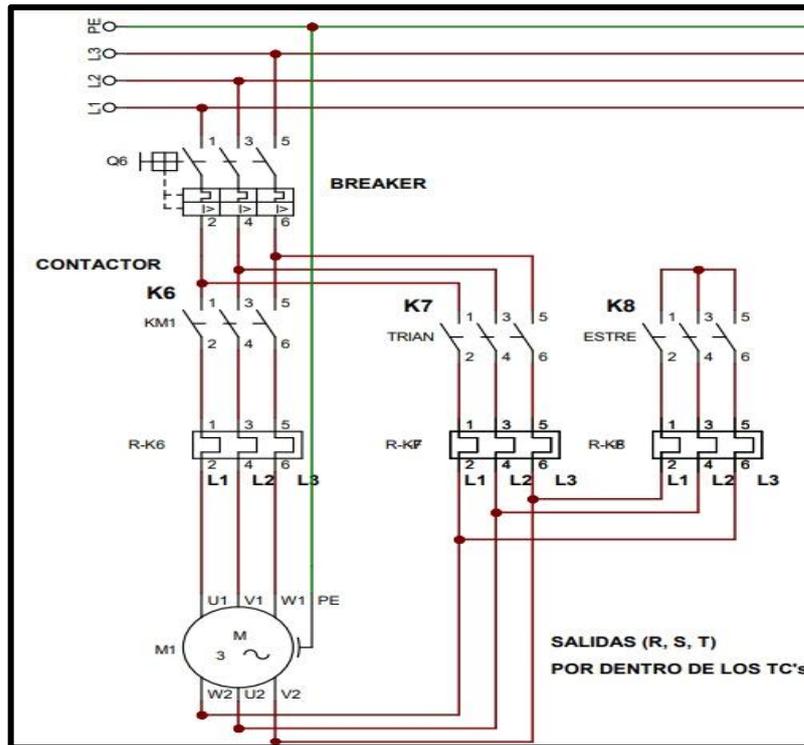
Este método es factible siempre que los dos extremos de cada uno de los tres devanados del estator estén conectados a la placa terminal. El arranque estrella-triángulo es adecuado para máquinas con baja resistencia al par o que arrancan sin carga.

Su principio de funcionamiento es arrancar el motor acoplado los devanados en estrella a la tensión de la red, lo que equivale dividir la tensión nominal del motor en estrella por  $\sqrt{3}$ , la corriente en el arranque se divide por 3. El par de arranque se divide por 3 porque es proporcional al cuadrado de la tensión de alimentación

La corriente en el arranque es:  $I_{arr} = 1,5 \text{ a } 2,6 I_n$

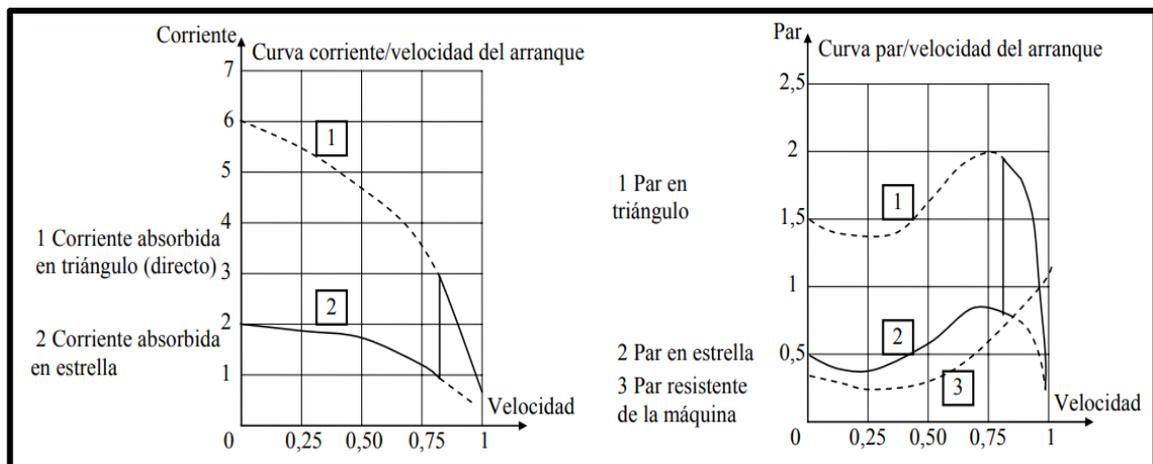
El par de arranque es:  $M_{arr} = 0,2 \text{ a } 0,5 M_n$

La velocidad del motor se estabiliza cuando se equilibran el par del motor y el par resistente, esto sucede generalmente entre el 75% y 85% de la velocidad nominal. Mediante temporizadores se controla el tiempo de cambio entre los dos métodos, ver figura 3.14 [17].



**Figura 3.8:** Circuito de fuerza de un arranque estrella-delta [17]

Debido a la baja tensión que recibe la bobina al arrancar el motor, este reducirá su par de arranque como se muestra en la figura 3.15, este método de arranque es adecuado cuando el par de resistencia de la maquina es débil o arranca en vacío.



**Figura 3.9:** Curva corriente vs velocidad en un arranque estrella-triángulo [17]

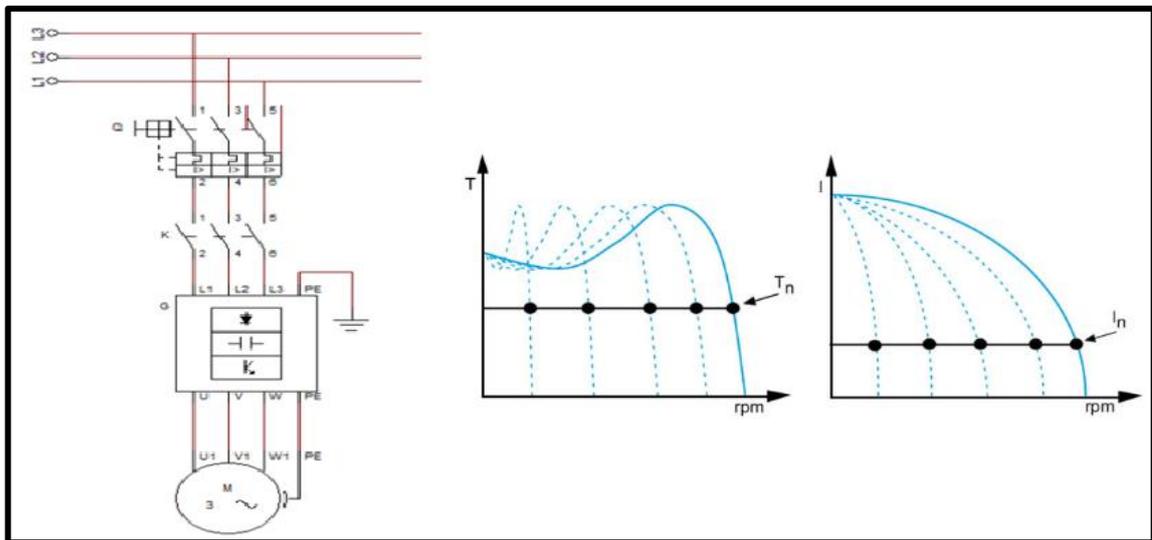
### 3.5.5.3. Arranque con variador de frecuencia

Pueden modificar la frecuencia de alimentación del motor, y también tienen la función de regular la corriente y prevenir picos de corriente en el sistema. El variador incrementa la frecuencia desde 0 hasta 60, cuando se activa el motor. El motor girará a la velocidad predeterminada cuando se analicen las frecuencias proporcionadas por el variador, lo que

garantiza que el par motor esté disponible incluso cuando el motor esté detenido y la corriente sea nominal, ver figura [18].

Disminuye el desgaste mecánico del motor mediante la gestión de la frecuencia de salida. Los beneficios de utilizar este equipo son los siguientes:

- Minimiza la abrasión mecánica
- Control de velocidad
- Control de flujo
- Regulación de presión
- Control de aceleración
- Control de tensión



**Figura 3.10:** Circuito de fuerza y curva de arranque con variador de frecuencia [19]

La velocidad síncrona de un motor de inducción depende de la frecuencia de suministro del sistema trifásico, como se ve en la ecuación.

$$Fn_1 = f_1 * 60 \text{ rpm (revoluciones por minuto)} \quad (3.10)$$

Dónde:

f1= Frecuencia 1 [Hz]

Este arranque se utiliza en procesos que requieren un encendido suave y controlado de la máquina, como lo son las bandas transportadoras.

La siguiente tabla enumera las diversas formas de arrancar un motor trifásico e incluye información sobre la corriente de arranque de cada método, el tiempo de arranque típico, la caída de voltaje, las aplicaciones, los beneficios y las desventajas.

**Tabla 3.3:** Comparación de los tipos de arranque en motores trifásicos [19]

	<b>Arranque directo</b>	<b>Arranque estrella-delta</b>	<b>Arranque por variador de frecuencia</b>
<b>Corriente de arranque</b>	4 a 8 In	1,4 a 2,6 In	In
<b>Tiempo medio de arranque</b>	1 a 2 s	1 a 2 s al paso estrella-delta	Ajustable, depende del proceso
<b>Aplicaciones industriales</b>	Máquinas pequeñas, donde se requiera un elevado para de arranque	Compresores, grupos de climatización, máquinas que arranquen en vacío	Bandas transportadoras, en extrusoras donde se controla la velocidad de arranque
<b>Caída de tensión</b>	Alta	Alta al momento de realizar la conmutación	Baja
<b>Ventajas</b>	Económico, mayor torque y velocidad inicial	Corriente inicial de 1/3 menor	Arranca a corriente nominal
<b>Desventajas</b>	Mayor estrés mecánico de la máquina	Arranca con un débil torque	Derivación de ruidos a la red eléctrica

### 3.6. PROBLEMAS REVELADOS EN EL ARRANQUE DE MOTORES

Los motores de los sistemas industriales actuales son cada vez más grandes. Algunos son grandes, incluso en comparación con la capacidad total de sistemas energéticos industriales. Arrancar un motor grande, especialmente desde una línea, puede provocar graves perturbaciones en el motor y en cualquier carga conectada localmente, así como en el bus eléctrico lejos del punto de arranque del motor.

De acuerdo con la fluctuación diaria del voltaje nominal, el nivel de voltaje, el tamaño y la longitud del cable de alimentación del motor, la capacidad de carga, la regulación del voltaje

de la fuente de alimentación, la resistencia del transformador de corriente a la relación de derivación, el par de carga y el par del motor y el tiempo de arranque permitido [20].

### **3.6.1. Caídas de tensión**

Quizás el efecto más común y estudiado del arranque de motores es la caída de voltaje que ocurre en un sistema eléctrico industrial como resultado directo del arranque de motores grandes. Durante el arranque del motor, los motores NEMA Standard Design B (como se especifica en NEMA MG 1-1993) deben mantener un nivel de voltaje en las terminales del motor de al menos aprox. 80% del voltaje nominal o más.

También pueden existir otros problemas en la red debido a la caída de tensión provocada por el motor de arranque. Por ejemplo, un motor que funciona normalmente en el sistema puede disminuir su velocidad debido a la caída de voltaje causada por el arranque de un motor grande. Una vez que la máquina de partida ha alcanzado la velocidad de funcionamiento, la máquina de trabajo debe poder recuperar la velocidad nuevamente. Si la caída de voltaje causada por el motor de arranque es severa, la carga en las máquinas en funcionamiento puede exceder su par de frenado (reducir el voltaje) y pueden frenar significativamente o incluso detenerse antes de que finalice el intervalo de arranque [20].

### **3.6.2. Recomendaciones en la caída de tensión**

En situaciones en las que se encuentran disponibles clasificaciones de voltaje de múltiples equipos, se puede seleccionar la clasificación correcta para la aplicación. También se pueden evaluar fácilmente las variaciones del circuito, como ajustes de derivación inusuales para transformadores de distribución y cables de gran tamaño. En sistemas eléctricos complejos, este tipo de análisis detallado es difícil de realizar utilizando métodos de solución manual que consumen mucho tiempo.

Varios métodos para reducir la caída de voltaje del motor de arranque se basan en el hecho de que la corriente de arranque que consume el motor es proporcional al voltaje; por lo tanto, un voltaje más bajo hace que el motor use menos corriente, reduciendo la caída de voltaje [20].

## **3.7. COMPONENTES DE CONTROL**

### **3.7.1. Variador de frecuencia Micromaster 420**

El MICROMASTER 420 es un convertidor de frecuencia universal de Siemens para redes trifásicas o monofásicas. Gracias al diseño modular, se pueden incorporar múltiples opciones a funciones estándar. No se necesitan herramientas, solo se conectan el panel y el módulo de comunicación, ver figura 3.21 [21].



**Figura 3.11:** Variador de frecuencia Micromaster 420 [22]

### **Características principales**

- Fácil de instalar, configurar y activar.
- Respuesta rápida y repetible a señales de mando
- Gran cantidad de parámetros configurables para diversas aplicaciones.
- Alternativas externas para comunicación de PC, panel BOP, panel AOP y tarjeta de comunicación Profibus.

### **Características de protección**

- Protección integral de motores y variadores
- Protección contra sobrevoltaje/bajo voltaje
- Remodela la protección contra sobrecalentamiento
- Protección contra cortocircuitos

### **3.7.2. Configuración variador de frecuencia-panel BOP**

Es preciso proporcionar al VDF datos del motor, información de comunicación y frecuencias de operación para llevar a cabo esto [23].



**Figura 3.12:** Configuración VDF-PANEL [23]

### 3.7.3. Controlador lógico programable PLC S7-1200

Es un dispositivo electrónico con memoria programable para almacenar instrucciones sobre funciones como operaciones lógicas, secuencias, especificaciones temporales, contadores y cálculos analógicos en distintos tipos de máquinas y procesos, ver figura 3.23 [24].

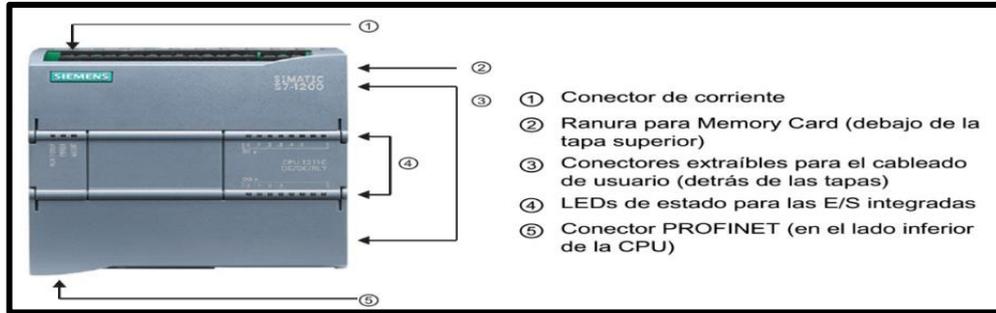


Figura 3.13: PLC S7-1200 [24]

### 3.7.4. Sentron PAC 3220

El Sentron PAC 3220 es un multímetro central para visualizar datos de parámetros eléctricos en la red de baja tensión, ver figura [25].



Figura 3.14: Sentron Pac 3220 [25]

### 3.7.5. Software de programación grafica LABVIEW y NI OPC SERVER

Es un lenguaje de programación visual desarrollado por National Instruments para el diseño de sistemas de control, instrumentación y adquisición de datos. proporciona una consola interactiva basada en software que permite el diseño de la interfaz de usuario [26].

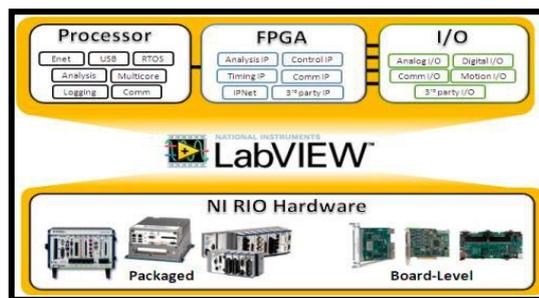
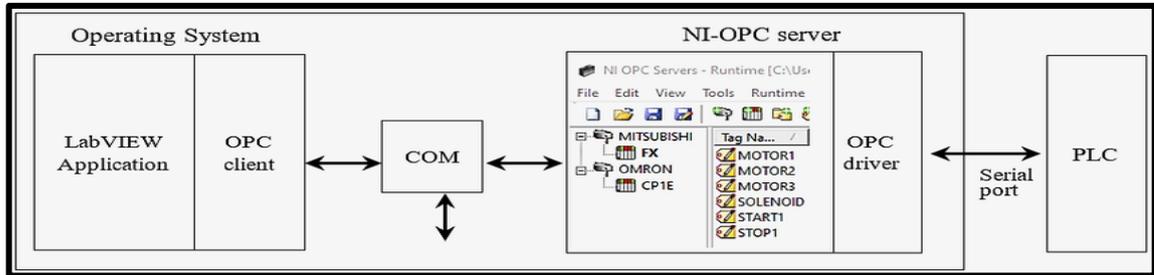


Figura 3.15: Software LabVIEW [27]

El servidor OPC proporciona una interfaz consistente que puede comunicarse con múltiples dispositivos utilizando los estándares OPC. OPC Server es un componente adicional de LabVIEW -Software, que puede ser un protocolo convertible y abierto, ver figura 3.26 [26].



**Figura 3.16:** OPC Server [28]

### 3.8. APARATOS DE MEDICIÓN

#### 3.8.1. Analizador de redes Fluke 435-II

Los analizadores de energía eléctrica de fluke reducen el tiempo de inactividad, resuelven problemas de calidad eléctrica y calculan costos de pérdida de energía. Obtener los datos es crucial para solucionar rápidamente problemas críticos de calidad eléctrica, ya que la inactividad es costosa [29].



**Figura 3.17:** Analizador de redes Fluke 435-II [29]

#### 3.8.2. Pinza amperimétrica TRUPER

Es una pinza amperimétrica del tipo tester, se usa para mediciones de tensión, resistencia, continuidad, corriente con un límite de hasta 400 [A] y hasta 600 [V], medidos en RMS. Posee una certificación CAT IV de seguridad [30].



**Figura 3.18:** Pinza amperimétrica TRUPER [30]

## 4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

### 4.1. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

El método de investigación de la propuesta tecnológica es la inducción. Se analizarán datos, se contrastarán y se clasificarán para establecer una explicación o teoría. Se utilizará en la propuesta tecnológica para analizar las variables eléctricas en el arranque de motores a partir de pruebas y datos del sistema. Se usan estas tres técnicas clave para llevar a cabo el método descrito.

#### 4.1.1. Investigación Bibliográfica

La búsqueda precisa de datos concretos en diferentes libros, ensayos, tesis permitirán al investigador desarrollar todos los conocimientos alrededor del tema de desarrollo.

#### 4.1.2. Investigación Experimental

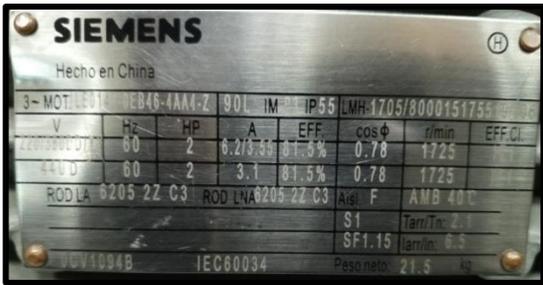
Con el modelo a funcionar se requiere una experimentación para verificar todo el proceso, además el estudiante deberá interactuar con el módulo con su respectiva guía desarrollada para salvaguardar la máquina y la seguridad física de los usuarios.

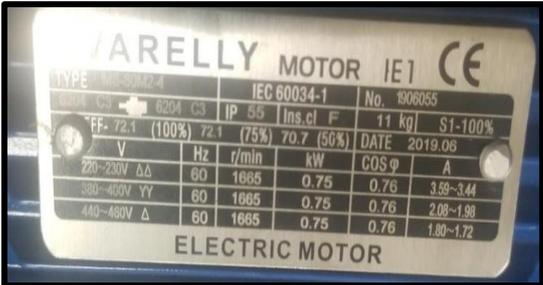
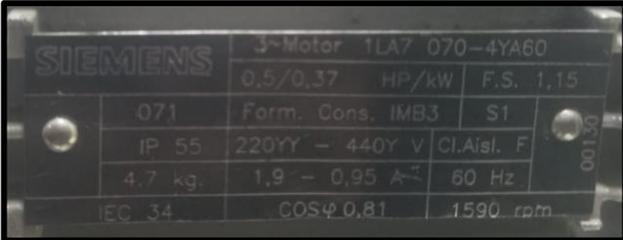
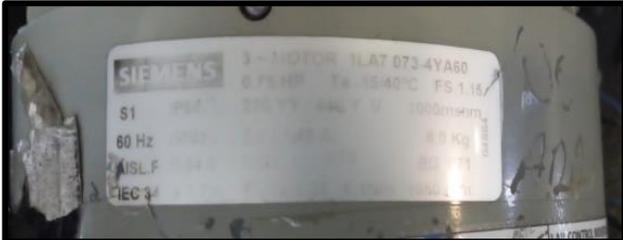
### 4.2. EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS

#### 4.2.1. Motor trifásico asincrónico

Para el estudio se consideraron 8 cargas de motores distribuidas con las siguientes especificaciones como se muestra en la tabla 4.1.

**Tabla 4.1:** Placa de datos de los motores eléctricos

Placa de datos de los motores a instalar	
Gráfica	Datos del motor
	<p>Voltaje: 220/380 V</p> <p>Frecuencia: 60 Hz</p> <p>Potencia: 2 Hp → 1492 W</p> <p>Intensidad: 6,2 A</p> <p>I arranque: 6.5 A</p> <p>Eficiencia: 81,5 % → 0,815</p> <p>Factor de Potencia: 0,78</p>

	<p>Voltaje: 220/230 V  Frecuencia: 60 Hz  Potencia: 1 Hp → 0,75 kW  Intensidad: (3,59 → 3,44) A  I arranque: 5,1  Eficiencia: 72,1 % → 0,721  Factor de potencia: 0,76</p>
	<p>Voltaje: 220/440 V  Frecuencia: 60 Hz  Potencia: 0,5 Hp → 0,37 kW  Intensidad: 1,9/0,95 A  I arranque: 2,7 A  Eficiencia: 63.6 % → 0,64  Factor de potencia: 0, 81</p>
	<p>Voltaje: 220/440 V  Frecuencia: 60 Hz  Potencia: 0,75 Hp → 0,56 kW  Intensidad: (2,9/1,45) A  I arranque: 3,7 A  Eficiencia: 75,5 % → 0,76  Factor de potencia: 0, 79</p>

**Factor de servicio:** Nos permite verificar si el motor puede trabajar hasta cierta sobrecarga, para lo cual el factor de servicio se multiplica por la potencia del motor, como se muestra en la tabla 4.2.

**Tabla 4.2:** Datos del factor de servicio para la sobre carga del motor

Factor de servicio de las cargas inductivas		
Motor	Factor de servicio	Sobre cargas
SIEMENS 2 Hp	1,15	2,3 Hp
VARELLY 1 Hp	1,15	1,15 Hp
SIEMENS 0,75 Hp	1,15	0,86 Hp
SIEMENS 0,5 Hp	1,15	0,57 Hp

#### 4.2.2. Protecciones de Corto Circuito y fallas a tierra

El elemento de protección contra cortocircuito y defecto a tierra consta de 8 interruptores de disparo de corta duración dispuestos como se muestra en la tabla 4.3.

**Tabla 4.3:** Clasificación de Interruptores de disparo instantáneo

<b>Clasificación de Interruptores de disparo instantáneo por cada motor por potencia</b>		
<b>Motores</b>	<b>Interruptor de disparo instantáneo</b>	<b>Intensidad</b>
Potencia: 0,5 Hp → 0,37kW		10 amperios
Potencia: 1 Hp → 0,75 kW		16 amperios
Potencia: 2 Hp → 1492 W		20 amperios

#### 4.2.3. Protección térmica contra sobre carga

Los elementos que conforman la protección térmica contra sobre carga para los 8 motores están distribuidos en la tabla 4.4.

**Tabla 4.4:** Clasificación del relé térmico

Clasificación del relé térmico por cada motor		
Motores	Protector térmico	Intensidad
Potencia: 0,75 Hp → 0,56 kW Potencia: 1 Hp → 0,75 kW Potencia: 2 Hp → 1492 W		12 a 18 amperios

#### 4.2.4. Contactor trifásico

El contactor trifásico en el módulo de banco de pruebas de arranque de motores es muy importante porque permite conectar o desconectar el motor trifásico a través de una señal, los contactores a utilizar en las cargas se muestran en la tabla 4.5.

**Tabla 4.5:** Clasificación del contactor trifásico

Clasificación del contactor trifásico por cada motor		
Motores	Protector térmico	Intensidad
Carga Inductiva Potencia: 0,75 Hp → 0,56 kW Potencia: 1 Hp → 0,75 kW Potencia: 2 Hp → 1492 W		12 amperios

### 4.3. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo del módulo de aprendizaje, siguiendo el tipo de investigación propuesto. El diseño del módulo de arranque de motores incluye cargas inductivas, y para conectar estas cargas se determinó previamente qué protecciones eléctricas se deben utilizar en el circuito. Estas protecciones se eligen utilizando las tablas normalizadas de los estándares NEC como se muestra en los **Anexos II, III, IV, V, VI, VII y VIII**. Para ello se realiza un proceso de cálculo para determinar sus corrientes.

#### 4.3.1. Técnica de Investigación: Observación

A través de una investigación de campo realizada en el proceso de arranque de motores, se adquiere datos de tensión, corriente y voltaje y demás variables eléctricas, en la cual al arrancar un motor no se puede observar la curva de arranque, esto se puede solucionar mediante un

aplicativo realizada en software LabVIEW, que permitirá al usuario interactuar con todos los datos previamente mencionados.

#### **4.3.2. Técnica de Investigación: Cálculo**

Usando ecuaciones matemáticas y siguiendo la norma NEC. El cálculo de los componentes eléctricos principales del sistema se realizará según lo establecido en la **Art. 310.16**.

#### **4.3.3. Técnica de Investigación: Análisis**

Es preciso contrastar datos teóricos y prácticos para verificar el sistema y determinar el margen de error al usuario.

Para la visualización final de curva de arranque y variables eléctricas se necesitará un software, para la cual se toma el más adecuado como es LabVIEW, permite una interacción didáctica y gráfica.

#### **4.4. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS PARA VISUALIZAR VARIABLES ELÉCTRICAS EN EL ARRANQUE DE LOS MOTORES.**

En esta etapa se describe las partes que deberán ser diseñadas para el cumplimiento del propósito del banco de pruebas, cada una deberá cumplir su respectiva normativa eléctrica de diseño.

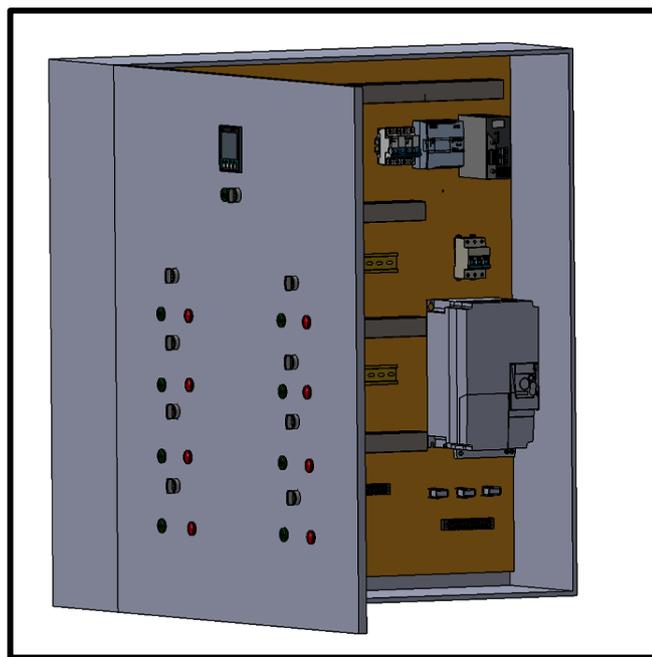
Además, se debe referir el software correcto de programación para cumplir con el análisis y los componentes correctos de protección y de control, por tal motivo se realiza el análisis de criterios correspondiente para la selección de cada componente con el fin de escoger el que cumpla con todo lo requerido para el proceso, ver tabla 4.6.

**Tabla 4.6:** Sistemas a desarrollar en el banco de pruebas

<b>Sistemas a desarrollar</b>	<b>Condiciones para el diseño</b>
Gabinete para instalar el sistema	El gabinete o tablero eléctrico es fabricado bajo normativa CPE INEN 19 para el diseño de tablero eléctricos, además contará con un doble fondo que permitirá el aislamiento de cada componente y la instalación correcta de los mismos.
Circuito eléctrico de fuerza	El circuito eléctrico consta de protecciones eléctricas, contactores, protecciones térmicas para las cargas inductivas.

Circuito eléctrico de control	El circuito control deberá estar debidamente aislado del circuito de fuerza, este permitirá automatizar el banco de pruebas. Además, constara con luces piloto que indicaran al usuario los estados ON/OFF del proceso.
Circuito de medición e intercambio de datos	Este apartado realiza las mediciones mediante el medidor de energía e intercambio de datos para su posterior visualización en el software desarrollado
Programación	La programación se realizará en un software gráfico que permita el intercambio de datos entre los medidores de energía y el controlador lógico programable.

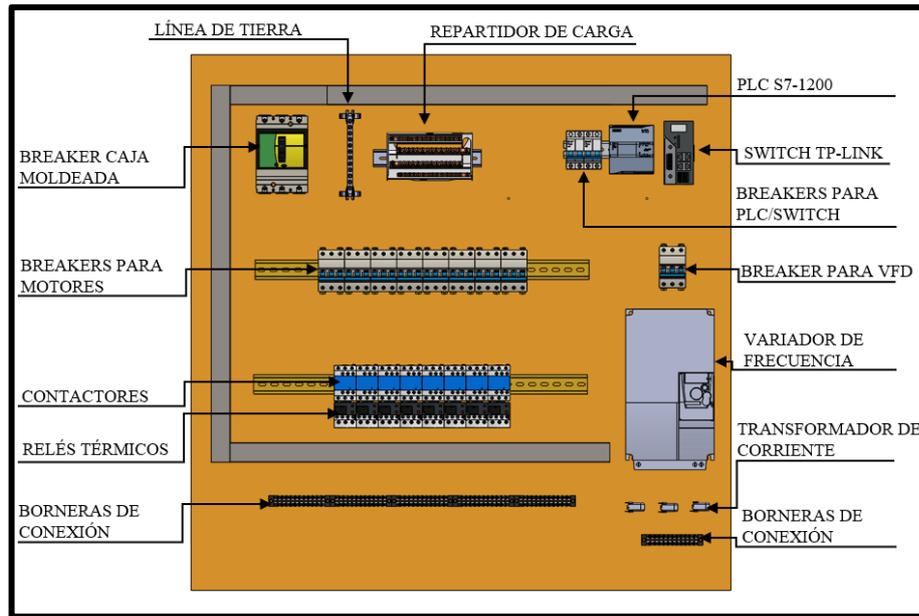
Por tal se presenta un diseño del modelo propuesto, ver figura 4.1, para las dimensiones y ubicación de cada componente ver **ANEXO X**.



**Figura 4.1:** Propuesta de diseño del banco de pruebas

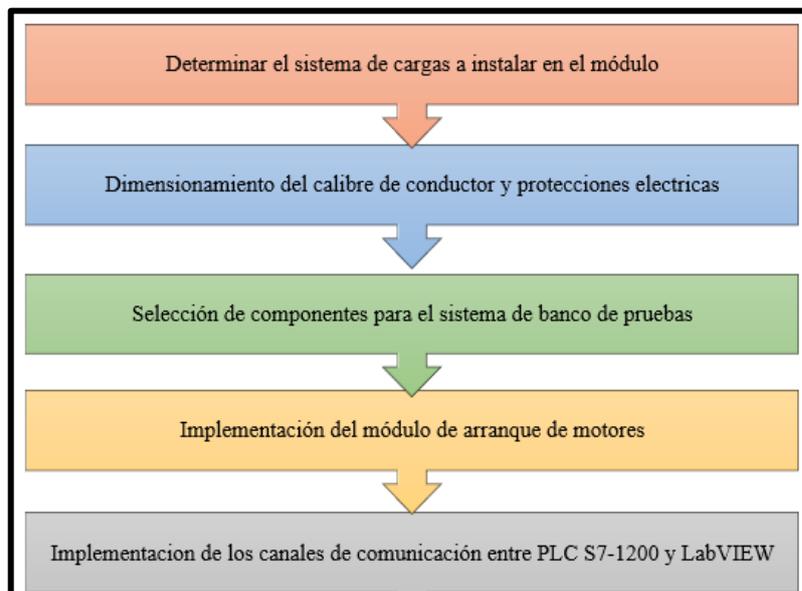
#### **4.4.1. Diseño dimensional del sistema**

Para realizar el dimensionamiento de cada componente, se requiere un diseño previo del banco de pruebas con el fin de tener un concepto claro de la finalidad de la construcción:



**Figura 4.2:** Componentes interno del banco de pruebas

El diagrama de flujo que se describe en la figura 4.3 da a conocer los lineamientos que se implementó para la elaboración del módulo electromecánico de arranque de motores:



**Figura 4.3:** Diagrama de flujo

#### 4.5. DETERMINAR EL SISTEMA DE CARGAS A INSTALAR EN EL MÓDULO

Para la creación del proyecto la Universidad Técnica de Cotopaxi entrega los siguientes elementos bajo los cuales se realizará el dimensionamiento de los componentes, ver tabla 4.7.

**Tabla 4.7:** Componentes entregados por la Universidad

Componente	Cantidad	Potencia
Motor eléctrico trifásico	1	2 HP
	5	1 HP
	1	0,75 HP
	1	0,5 HP

Además, se procede a la medición de la red de alimentadores de la Universidad Técnica de Cotopaxi para proceder a realizar el dimensionamiento de cada componente:

- **Tensión:** 127/220 [V]
- **# de conductores:** 4x8 (R, S, T, N)
- **Frecuencia:** 60 Hz

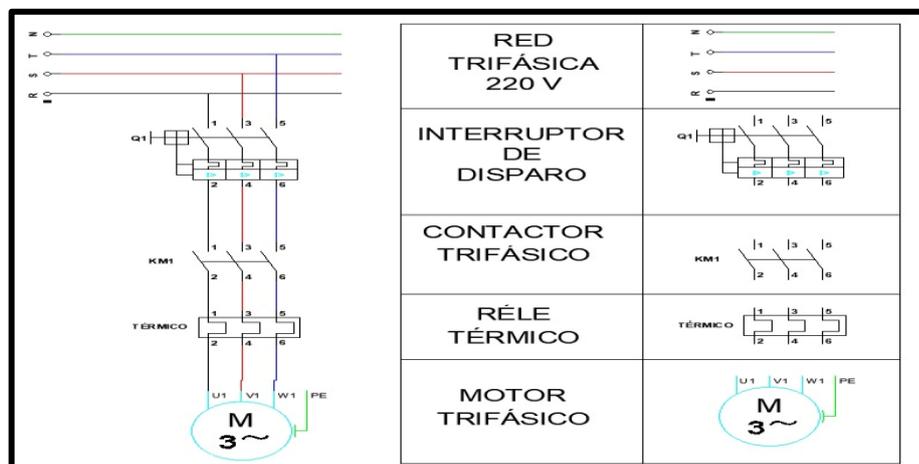
Se toma en cuenta tres tipos de arranques para el diseño de este proyecto:

- 4 conexiones para arranque directo
- 3 conexiones para arranque estrella-triángulo
- 1 conexión para arranque por variador de frecuencia.

El objetivo principal de las cargas principales que se instalarán en el módulo es que estos componentes consuman una corriente eléctrica importante.

#### 4.5.1. Circuito de carga inductiva

El circuito inductivo constará de 8 motores eléctricos de diferentes potencias, los cuales estarán conectados con las protecciones correspondientes, según se muestra en la figura 4.4.



(a) Circuito de carga inductiva (b) Simbología de carga inductiva

**Figura 4.4:** Diagrama de fuerza de carga inductiva

Se describen las características técnicas de los motores, en la tabla 4.8.

**Tabla 4.8:** Características técnicas de los motores eléctricos

<b>MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS</b>				
<b>Características</b>	<b>SIEMENS - 2 HP 3 Ø</b>	<b>VARELLY - 1 HP 3 Ø</b>	<b>SIEMENS - 0.75 HP 3 Ø</b>	<b>SIEMENS 0.5 HP 3 Ø</b>
Voltaje (V)	220/380 V	220/230 V	220/440 V	220/440 V
Potencia (kW)	1,5 kW	0,75 kW	0,56 kW	0,37 kW
Intensidad (A)	6,2/3,55 A	3,59/3,44 A	2,9/1,45 A	1,9/0,95 A
I arranque (A)	6,5 A	4,2	3,7 A	2,7 A
F.P (cos $\theta$ )	0,78	0,76	0,79	0,81
Eficiencia	0,815	0,721	0,64	0,64

#### **4.6. DIMENSIONAMIENTO DE CALIBRE DE CONDUCTORES Y PROTECCIONES ELÉCTRICAS**

Seleccionar **Tabla 430.250 “Corriente a Plena Carga en Motores Trifásicos”** según **NEC Art. 430 “Motores, Circuitos de Control, Reguladores”** para elegir potencia del motor según nivel de tensión ver en **Anexo II**. Los valores reales de cada motor se eligen y se muestran en la tabla 4.9.

**Tabla 4.9:** Valores de corriente en motores trifásicos a plena carga

<b>Tensión</b>	<b>Potencia</b>	<b>Corriente a plena carga</b>
220/380 V	2 Hp	6,8 A
220/230 V	1 Hp	4,2 A
220/380 V	0,75 Hp	3,2 A
220/440 V	0,5 Hp	2,2 A

##### **4.6.1. Dimensionamiento de conductores eléctricos**

De acuerdo con la norma **NEC 210.19 "Potencia mínima y tamaño mínimo"** Para circuitos derivados clasificados hasta 600 voltios, el 125 % de la clasificación de corriente a plena carga seleccionada debe estar sobredimensionada, como se muestra en el **Anexo III**, donde se encuentran los siguientes valores obtenido en la siguiente tabla 4.10.

**Tabla 4.10:** Valores de Corriente a plena carga

Potencia	Corriente nominal	clasificación de corriente a plena carga seleccionada		Corriente a plena carga
2 Hp	6,8 A	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin-right: 5px;">x</div> <div style="margin-right: 10px;">1.25</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin-left: 5px;">=</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 5px;">⇒</div> </div>	8.5 A
1 Hp	4,2 A			4,2A
0,75 Hp	3,2 A			3,2 A
0,5 Hp	2,2 A			2,75 A
0,5 Hp	2,2 A			2,75 A

La elección del calibre del conductor se realiza según los valores de corriente a plena carga total, ampacidad, calibre y asilamiento, como se detalla en la **Tabla 310.16 "Temperatura de trabajo del conductor"** de la norma NEC, ver en el **Anexo IV**. Los resultados se muestran en la tabla 4.11.

**Tabla 4.11:** Selección de Conductores

Potencia	Tensión	Calibre del Conductor
2 Hp	220/380 V	14 AWG - THHN
1 Hp	220/230 V	14 AWG - THHN
0.75 Hp	220/380 V	14 AWG - THHN
0,5 Hp	220/440 V	14 AWG - THHN

#### 4.6.2. Dimensionamiento de protecciones eléctricas para corto circuito

Se utilizará la normativa NEC para dimensionar componentes eléctricos, específicamente en el **Art. 430 MOTORES, CIRCUITOS DE MOTORES Y CONTROLADORES** de la misma normativa, tabla 430-52 “ **Valor nominal o ajustes máximos de los dispositivos de protección contra cortocircuito y fallas a tierra para circuitos ramales de motores**”, para determinar el ajuste máximo de los dispositivos de protección contra cortocircuitos y fallas a tierra en circuitos derivados de motores, como se muestra en el **Anexo V**.

$$I_p = I_{cn} * 250\% \quad (4.1)$$

Donde:

$I_p$  = Corriente de protección

$I_{cn}$  = Corriente nominal del motor

**Tabla 4.12:** Protección de corrientes para interruptores automáticos de disparo instantáneo

Potencia	Corriente a plena carga	Valor nominal del interruptor automático de tiempo inverso	Corriente de protección
2 Hp	6.8 A →	x → 2.5 → =	17 A
1 Hp	4.2 A →		10.5 A
0,75 Hp	3.2 A →		8 A
0,5 Hp	2,2 A →		5,5 A

Se normalizan los valores obtenidos con las corrientes de protección calculadas. De acuerdo con la norma NEC art 240.6 'Valores en Amperios Normalizados', los valores en amperios normalizados se encuentran en el **Anexo VI**. Los valores de corriente de protección se eligen para fusibles e interruptores automáticos de disparo fijo en el nivel inmediatamente superior de los valores normalizados de corriente.

Se emplea la ecuación 4.2 con el valor nominal del interruptor automático de tiempo inverso para calcular la corriente de protección, obteniendo los valores que se presentan en la tabla 4.13.

$$I_{protección} = I_{cpc} * 800\% \quad (4.2)$$

**Tabla 4.13:** Corrientes de Protección Normalizadas

Potencia	Corriente de protección	Valores de Corriente Normalizadas para Interruptores automáticos de tiempo inverso
2 Hp	17 A	20 A
1 Hp	10.5 A	15 A
0.75 Hp	8 A	15 A
0,5 Hp	5,5 A	10 A

#### 4.6.3. Dimensionamiento de la protección térmica

De acuerdo con la norma NEC en el **Art 430.32 "Motores de Servicio Continuo"**, para seleccionar las protecciones contra sobrecarga de los motores, se debe multiplicar por 170% la corriente de plena carga de los motores de 9 amperios o menos. tal como se muestra en el **ANEXO VII**.

Los resultados son los que se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 4.14:** Corrientes de Protección Normalizadas

Potencia	Corriente a plena carga	Motores menores o iguales a 9 amperios	Corriente del Protector térmico
2 Hp	6.8 A ⇒	x ⇒ 1.7 ⇒ =	11.56 A
1 Hp	4.2 A ⇒		7.14 A
0,75 Hp	3.2 A ⇒		5.44 A
0,5 Hp	2,2 A		3,74 A

**4.6.4. Dimensionamiento del contactor**

La norma NEC, establece que en el Artículo 430.83 “Valores Nominales”, para motores de 2 caballos de fuerza o menos, el contactor debe ser al doble del valor nominal de corriente de plena carga del motor; esto se encuentra mencionado en el ANEXO VIII. Al usar la ecuación 4.12, obtenemos los siguientes resultados, ver tabla 4,15.

**Tabla 4.15:** Valores de Corriente para los Contactores

Potencia	Corriente a plena carga	Motores estacionarios de 2 Hp o menos	Corriente del Contactor
2 Hp	6.8 A	x ⇒ 2 ⇒ =	13.6 A
1 Hp	4.2 A		8.4 A
0.75 Hp	3.2 A		6.4 A
0,5 Hp	2,2 A		4,4 A

**4.6.5. Dimensionamiento de la protección total para un conjunto de cargas**

Cuando se conectan motores en grupos de diferentes cargas, se basa en la normativa NEC en las tablas 430-62 y 430-24, el valor nominal del dispositivo de protección general contra cortocircuitos no debe ser mayor al valor nominal de configuración más alta del dispositivo de protección del circuito derivado más la suma de las corrientes de carga completa de otros motores:

$$I_{pg} = (I_{sm}) + (I_1 + I_{...} + I_n) \tag{4.3}$$

Donde

$I_{pg}$  = Corriente de protección general

$I_{sm}$  = Corriente sobredimensionada máxima del motor de mas alto valor de corriente nominal.

**Tabla 4.16:** Corriente total del circuito inductivo

<b>Corriente total – Carga Inductiva</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Corriente a plena carga</b>	<b>Corriente a plena carga total</b>
1	2 Hp	6,8 A	6,8 A
6	1 Hp	4,2 A	25,2 A
1	0,75 Hp	3,2 A	3,2 A
1	0,5 Hp	2,2 A	2,2 A
Corriente Total de las Cargas Inductivas			37,4 A

El valor de corriente total se multiplicará por 250% cuando se elija un tipo de protección de "interruptor automático de tiempo inverso", obteniendo los resultados en la tabla 4.17.

**Tabla 4.17:** Corriente de Protección Principal

<b>Corriente a plena total Inductiva</b>	<b>Valor nominal del interruptor automático de tiempo inverso</b>	<b>Corriente de Protección Principal</b>
35,2 A	2,5	88 A

#### 4.6.6. Dimensionamiento de transformadores de corriente

Según Schneider Electric en su catálogo de transformadores de corriente delimita los siguientes parámetros:

$$I_p = \text{Corriente nominal del primario} \quad (4.4)$$

$$I_p = \text{Corriente nominal del secundario} \quad (4.5)$$

El resto de componentes deberán ser dimensionados con la corriente máxima de consumo, se hará eso para borneras, centros de distribución, barras de neutro y tierra.

La corriente nominal de circulación debe considerarse para la relación de transformación. En el lado primario de la transformación.

#### 4.7. SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA EL SISTEMA DE BANCO DE PRUEBAS

Se utilizará el análisis de criterios basado en el mercado local y las marcas existentes, (ver **Anexo IX**), para seleccionar los componentes del sistema. Esto nos permitió crear la siguiente tabla 4.18.

**Tabla 4.18:** Selección de componentes del sistema

Componente del sistema	Marca seleccionada en el mercado local
Controlador lógico programable	PLC S7-1200
Medidor de energía	SENTRON PAC 3220
Protecciones eléctricas	CHINT
Protecciones térmicas	CHINT
Contactores	CHINT AC3
Conductores eléctricos	CONELSA S.A.
Transformador de corriente	CHINT
VFD Micromaster 420	SIEMENS

#### 4.7.1. Componentes para el circuito de carga inductiva

Utilizando componentes del sistema inductivo previamente dimensionados, se genera la siguiente tabla de resultados en base a la disponibilidad del mercado.

**Tabla 4.19:** Componentes a instalar en el circuito inductivo

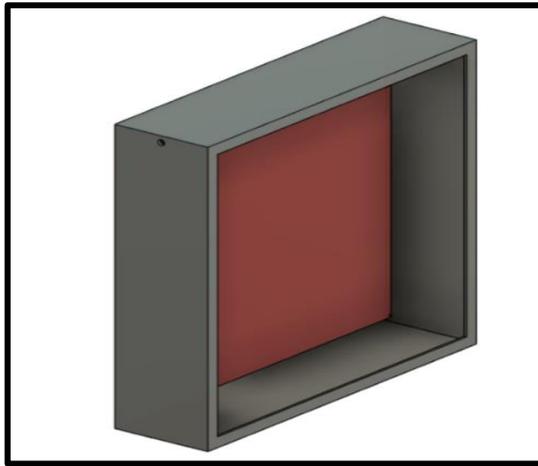
Componentes del circuito de fuerza inductivo			
Motor	Componente	Valor calculado	Disponibilidad en el mercado
2 hp	Protección Eléctrica	20 [A]	Breaker Tripolar CHINT <b>20 [A]</b>
	Contactador	13,6 [A]	Contactador CHINT
	Relé térmico	11,56 [A]	Relé térmico CHINT NXR-25 <b>12 – 18 [A]</b>
	Conductor Eléctrico	8,5 [A]	Cable ELECTROCABLE <b>#14 AWG THHN</b>
1 hp	Protección Eléctrica	15 [A]	Breaker Tripolar CHINT <b>20 [A]</b>
	Contactador	8,4 [A]	Contactador CHINT
	Relé térmico	7,14 [A]	Relé térmico CHINT NXR-25 <b>12 – 18 [A]</b>
	Conductor Eléctrico	5,25 [A]	Cable ELECTROCABLE <b>#14 AWG THHN</b>
	Protección Eléctrica	15 [A]	Breaker Tripolar CHINT <b>20 [A]</b>

0,75 hp	Contactor	6,4 [A]	Contactor CHINT
	Relé térmico	5,44 [A]	Relé térmico CHINT NXR-25 <b>12 – 18 [A]</b>
	Conductor Eléctrico	4 [A]	Cable ELECTROCABLE <b>#14 AWG THHN</b>
0,5 hp	Protección Eléctrica	10 [A]	Breaker Tripolar CHINT <b>20 [A]</b>
	Contactor	4,4 [A]	Contactor CHINT
	Relé térmico	3,74 [A]	Relé térmico CHINT NXR-25 <b>12 – 18 [A]</b>
	Conductor Eléctrico	2,75 [A]	Cable ELECTROCABLE <b>#14 AWG THHN</b>

#### 4.8. IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DE ARRANQUE DE MOTORES

El gabinete de soporte o tablero eléctricos es el que almacena todos los componentes de protección, maniobra y control del sistema, ver figura 4.5, se dimensiona y calcula bajo la normativa CPE INEN 19:2001, de la cual se determina las características más importantes de construcción, como se muestra en el **Anexo X**.

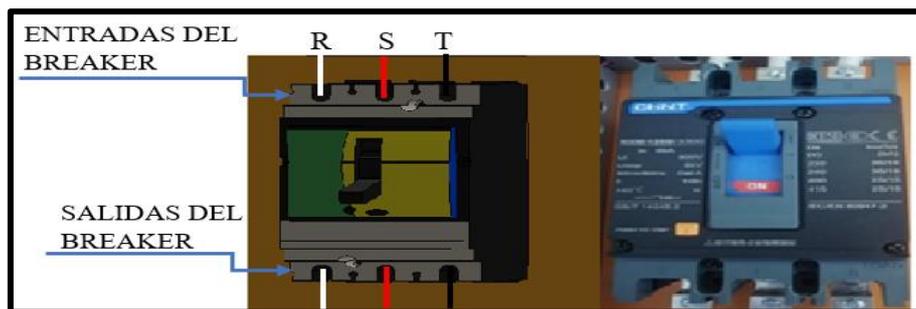
- No deben exceder más de 42 dispositivos
- Deben tener protección contra la corrosión
- Encerramiento completo
- Deben poseer espacio suficiente para todos los componentes
- Los conductores no deben ocupar más del 40% del área de sección transversal del armario.
- El espesor de lámina de construcción no debe ser inferior a 1,4 mm
- Debe estar pintado con pintura electroestática RAL 7032 BPA
- Debe cumplir el código de colores de conductores eléctricos establecidos por NEC.



**Figura 4.5:** Tablero eléctrico

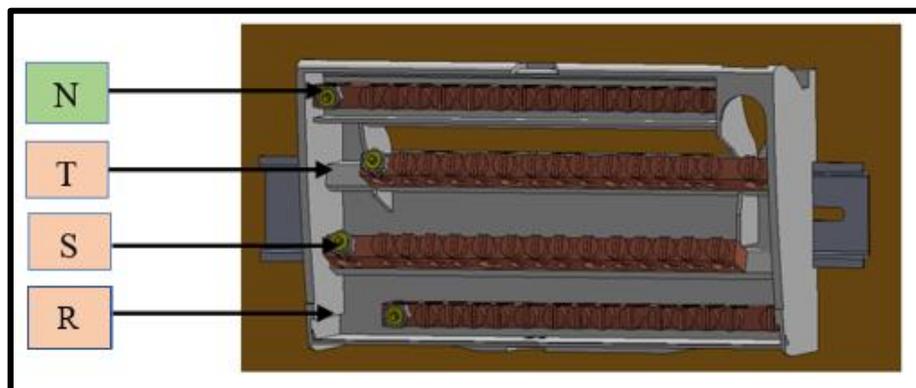
Ensamblaje del módulo mediante la conexión de los elementos eléctricos.

Conectar la acometida trifásica a la protección principal del sistema tanto en la entrada como en la salida.



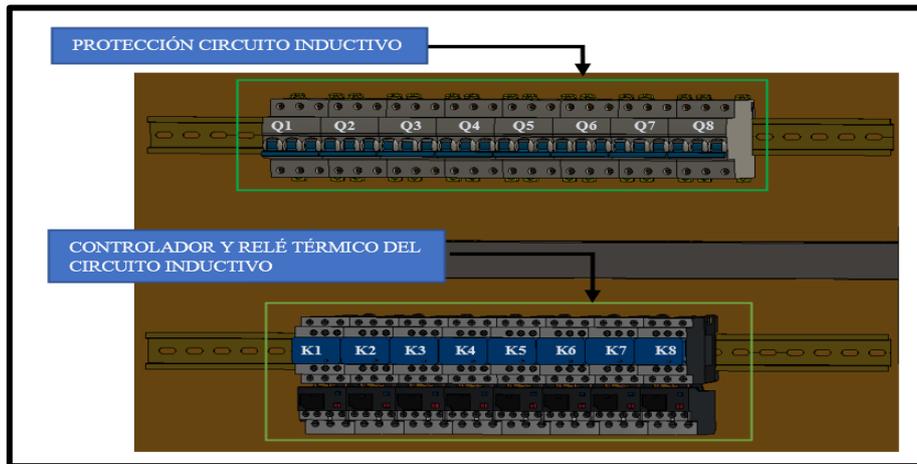
**Figura 4.6:** Implementación de la protección principal

R, S, T y Neutro deben conectarse a cada barra de distribución.



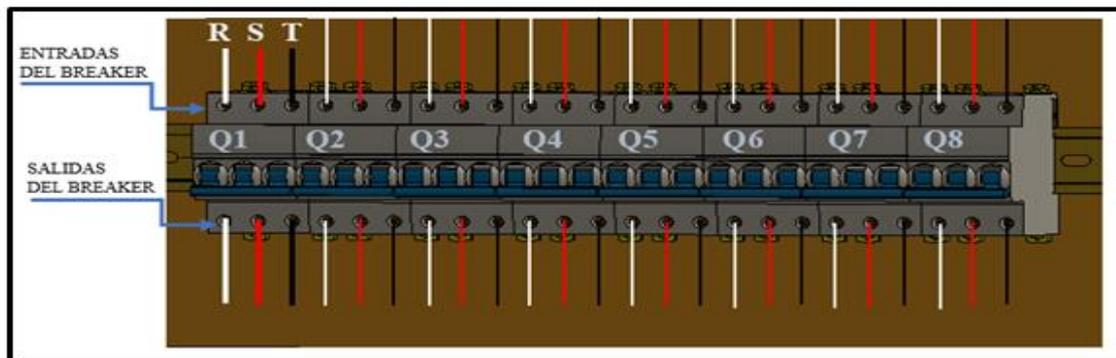
**Figura 4.7:** Implementación de las líneas de tensión

Instalar las protecciones eléctricas, contactores, relés térmicos para cada carga inductiva.



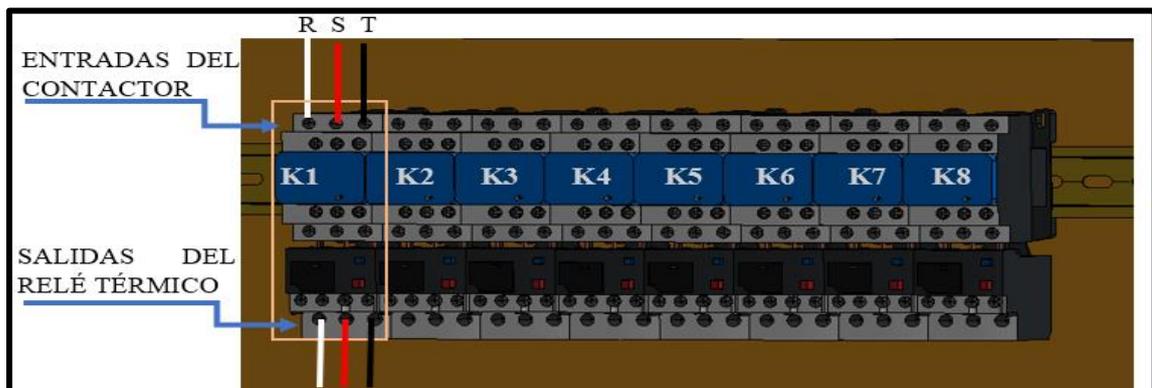
**Figura 4.8:** Armado de las protecciones en el tablero

Conectar las tres fases en cada entrada y salida de los Breaker.



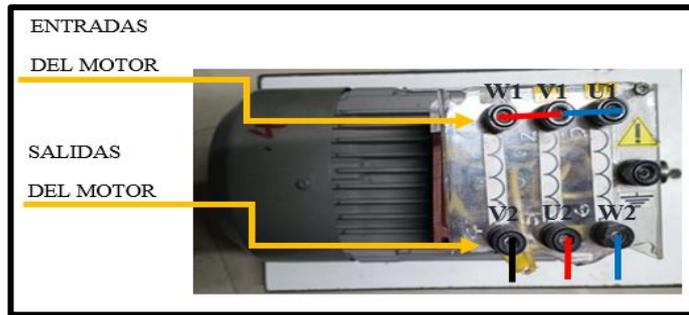
**Figura 4.9:** Conexión del interruptor de disparo trifásico

Unir las salidas de las protecciones eléctricas con las entradas R,S,T del contactor y conectar cables en las salidas del relé térmico.



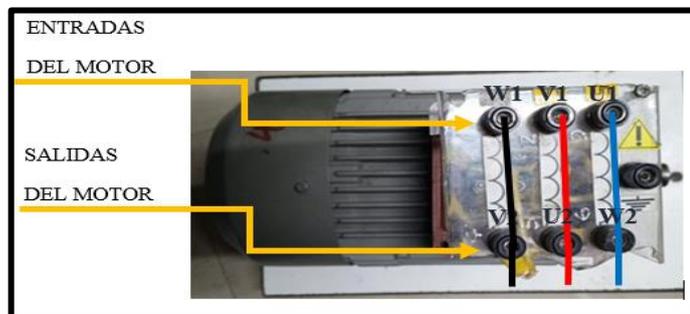
**Figura 4.10:** Conexión de los contactores

Conectar las salidas del Relé térmico a las entradas U1, V1, W1 de los motores, donde se conectarán las salidas del motor (U2, V2, W2) en configuración estrella.



**Figura 4.11:** Conexión del motor trifásico en estrella

Las entradas y salidas del motor se conectarán en paralelo (U1, V1, W1 y W2, U2, V2) en una configuración delta, así que conecte las salidas del relé térmico a las salidas de los motores U2, V2, W2.



**Figura 4.12:** Conexión del motor trifásico en delta

## 4.9. IMPLEMENTACIÓN DE LOS CANALES DE COMUNICACIÓN ENTRE PLC S7 – 1200 Y LABVIEW

### 4.9.1. Desarrollo de la interfaz

Para el desarrollo de la interfaz virtual se utilizó software LabVIEW, donde se visualizará cada uno de los tipos de arranque como son: arranque directo, arranque estrella-triángulo y arranque con variador de frecuencia, ver **ANEXO XI**, además se podrá visualizar de manera directa el arranque y control de 8 motores conectados a la vez, ver figura 4.13.

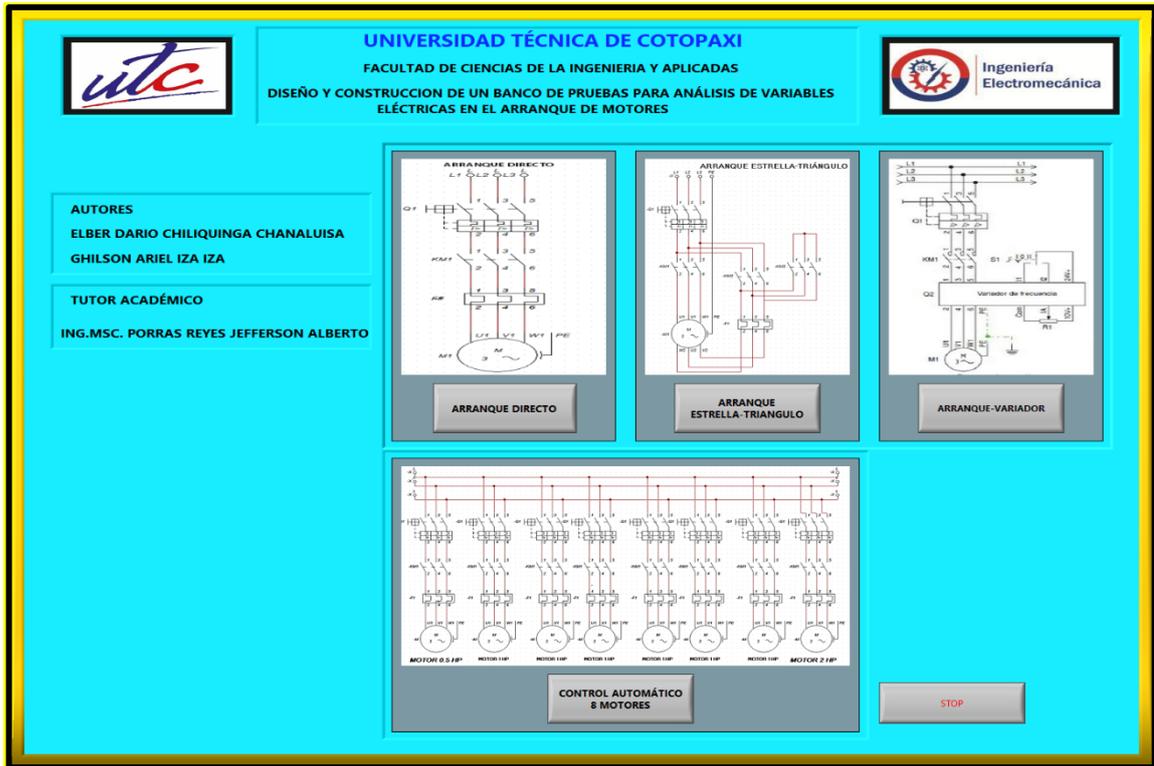


Figura 4.13: Interfaz gráfica

#### 4.9.2. Programación

El software se plantea como un interfaz gráfico que permita al usuario interactuar desde cualquier sistema para establecer el control de encendido y apagado, la visualización de las variables eléctricas en el proceso de arranque de motores.

Se designa como entorno de programación LABVIEW por su facilidad de generar gráficas y su versatilidad al momento de realizar conexiones PROFINET con protocolo MODBUS, además su interfaz en bastante amigable con el usuario.

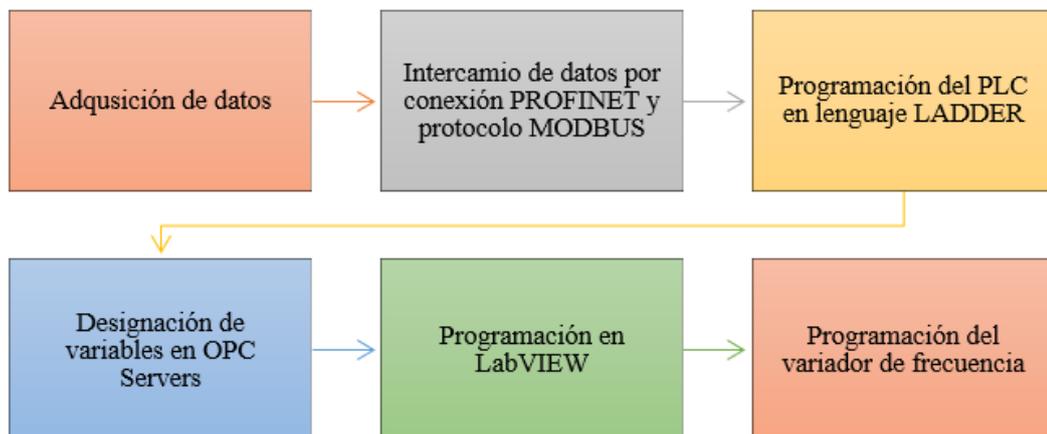


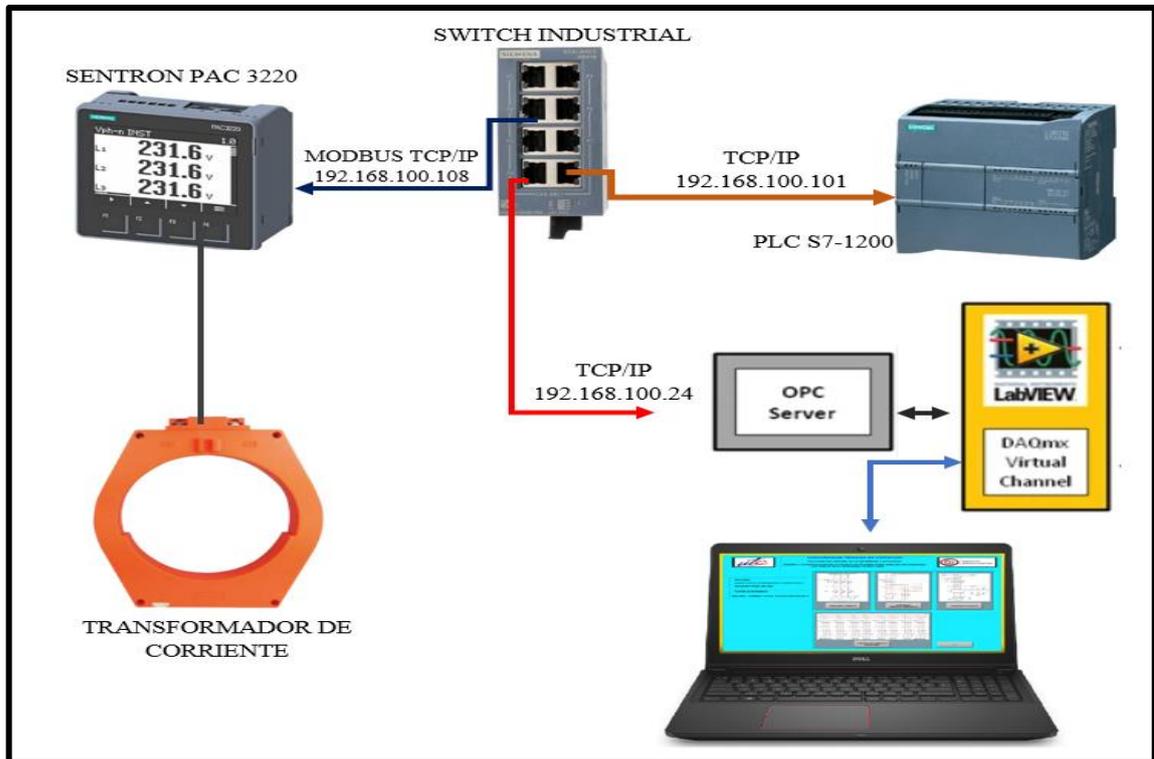
Figura 4.14: Diagrama de proceso

- **Adquisición de datos**

La adquisición de datos la realizará el medidor de energía, SENTRON PAC 3220, con el uso de transformadores de corriente se obtendrá las variables eléctricas necesarias para realizar el análisis en el arranque de motores.

- **Intercambio de datos por conexión PROFINET**

Mediante un puerto ethernet fijo del SENTRON PAC y el PLC se realizará el intercambio de datos, estableciendo un protocolo MODBUS TCP/IP del tipo cliente-servidor, el software que se usara para dicho proceso es TIA PORTAL, que permite la programación del controlador lógico programable, el servidor OPC se usa para recopilar y distribuir datos en tiempo real desde dispositivos de campo, controladores de procesos, PLCs, etc. ver figura 4.15.



**Figura 4.15:** Protocolo de comunicación de servidores

- **TAGS de variables a medir.**

El controlador lógico programable debe indicar la orden de encendido y apagado de los motores y cargas que se presentan en el sistema, el control del variador de frecuencia, además almacenar las variables recibidas por conexión MODBUS desde el SENTRON PAC, ver ANEXO XII, se debe tener en cuenta el orden en que el PLC recibe los valores de los parámetros eléctricos, ver tabla 4.20.

**Tabla 4.20:** Parámetros eléctricos medidos por el SENTRON PAC

MD CLIENTE	Acceso	Unidad	Formato
Tensión $V_{L1-N}$	R	V	Float
Tensión $V_{L2-N}$	R	V	Float
Tensión $V_{L3-N}$	R	V	Float
Tensión $V_{L1-L2}$	R	V	Float
Tensión $V_{L2-L3}$	R	V	Float
Tensión $V_{L1-L3}$	R	V	Float
Corriente L1	R	A	Float
Corriente L2	R	A	Float
Corriente L3	R	A	Float
Potencia Aparente L1	R	VA	Float
Potencia Aparente L2	R	VA	Float
Potencia Aparente L3	R	VA	Float
Potencia Activa L1	R	W	Float
Potencia Activa L2	R	W	Float
Potencia Activa L3	R	W	Float
Potencia Aparente L1	R	Var	Float
Potencia Aparente L2	R	Var	Float
Potencia Aparente L3	R	Var	Float
Factor de potencia L1	R	-	Float
Factor de potencia L2	R	-	Float
Factor de potencia L3	R	-	Float
THD-R en tensión L1	R	%	Float
THD-R en tensión L2	R	%	Float
THD-R en tensión L3	R	%	Float
THD-R en corriente L1	R	%	Float
THD-R en corriente L2	R	%	Float
THD-R en corriente L3	R	%	Float
Frecuencia	R	Hz	Float
Tensión Media $V_{L-N}$	R	V	Float
Tensión Media $V_{L-L}$	R	V	Float

Corriente media	R	A	Float
Potencia aparente total	R	VA	Float
Potencia activa total	R	W	Float
Potencia reactiva total	R	Var	Float
Factor de potencia total	R	-	Float
Desbalance de amplitud en tensión	R	%	Float

#### - Designación de variables en OPC Servers

Los OPC servers es una comunicación de datos del tipo cliente y servidor, en la cual una aplicación actúa de servidor proporcionando datos y la otra los recibe o manipula. El software NI OPC Servers nos permitirá realizar la declaración de todas las variables suministradas por el PLC, mediante la programación en TIA PORTAL, esto permitirá tanto enviar como recibir datos entre los dos puertos de programación y que LABVIEW los pueda interpretar y manipular, ver figura 4.16.

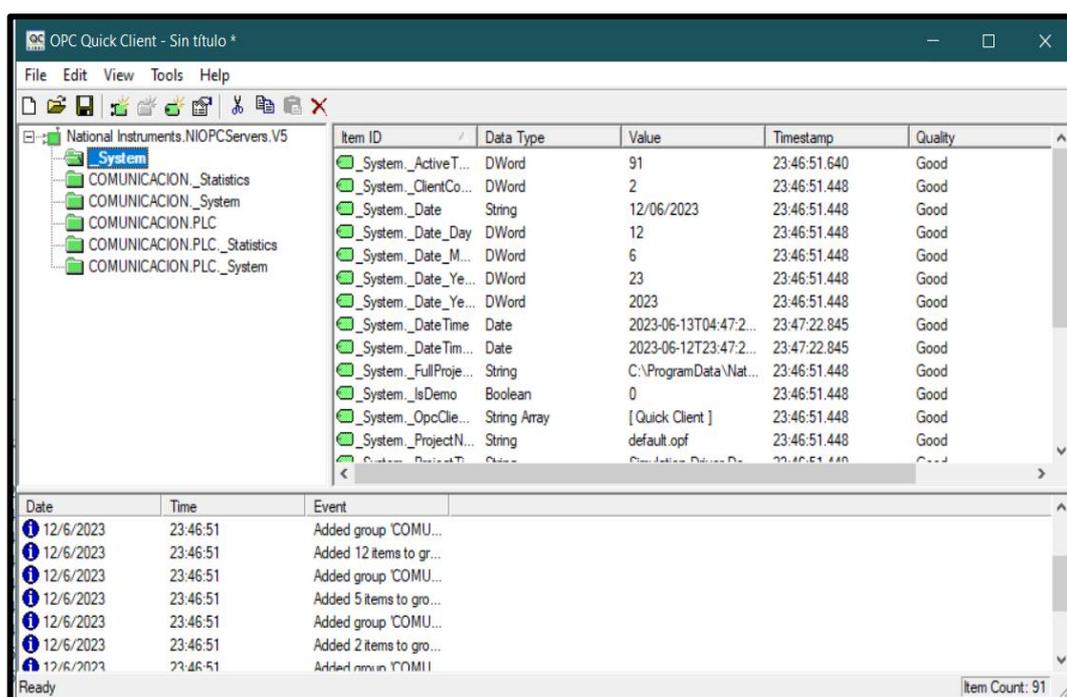
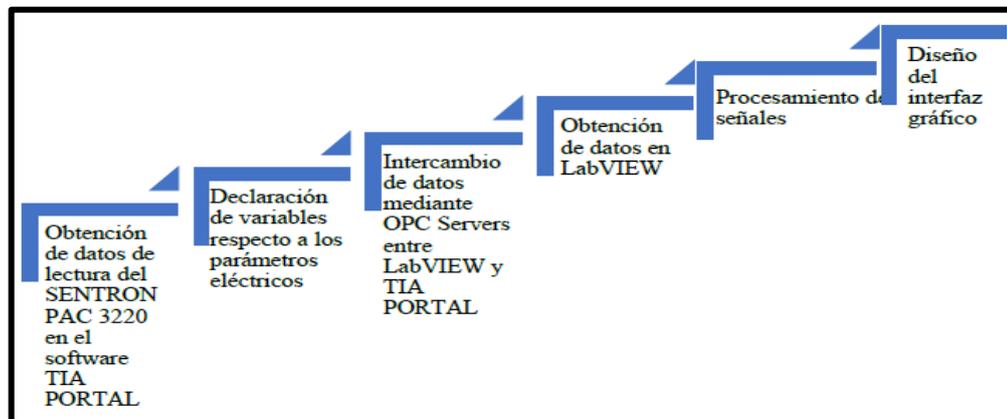


Figura 4.16: Servidores OPC

#### - Programación en LABVIEW

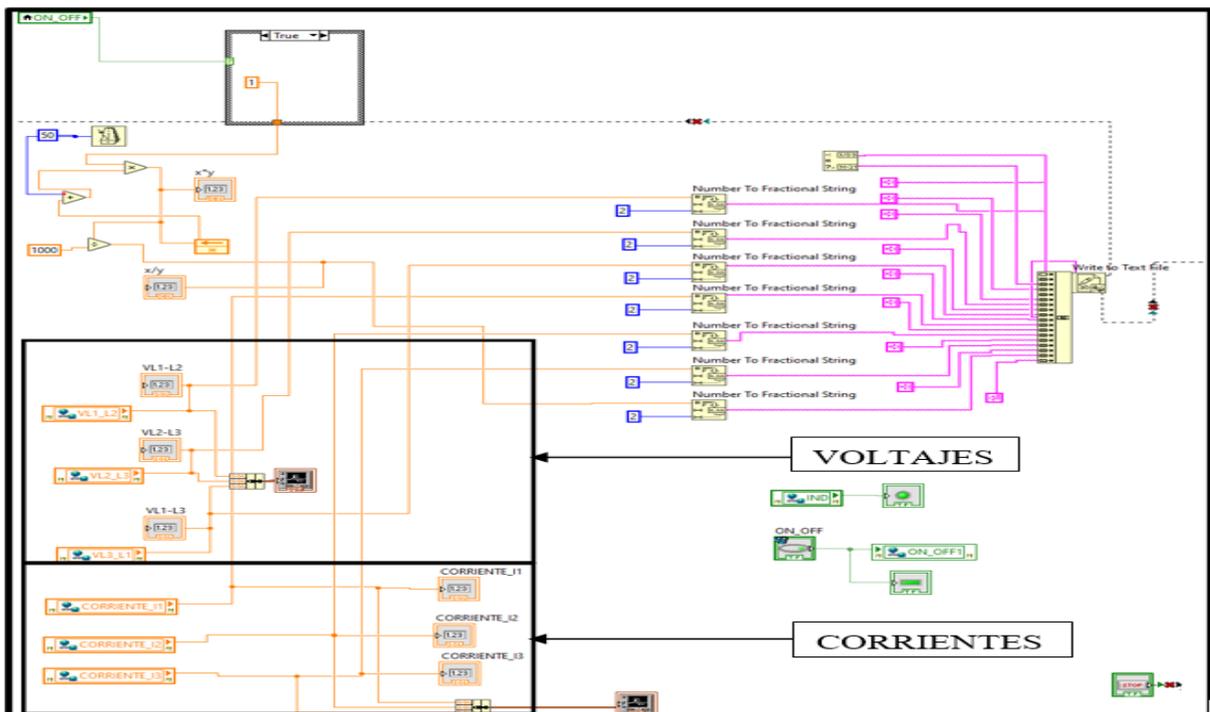
El entorno de programación gráfico LABVIEW, permitirá un diseño conceptual interactivo que permita al usuario una rápida comprensión al momento de uso. Además, este interfaz de programación posee una versatilidad al momento de establecer los protocolos de comunicación

con los respectivos componentes, Finalmente su apartado gráfico permitirá obtener un sistema desarrollado y capaz de ser usado en cualquier sistema.



**Figura 4.17:** Diagrama de bloques programación LabVIEW

Para obtener la gráfica de corriente y voltaje se considera los datos recolectados de los transformadores de corriente y a su vez se visualiza en la interfaz gráfica de LabVIEW y las variables eléctricas en el SENTRON PAC, ver **ANEXO XIII**.



**Figura 4.18:** Diagrama de bloques de la programación del software LabVIEW

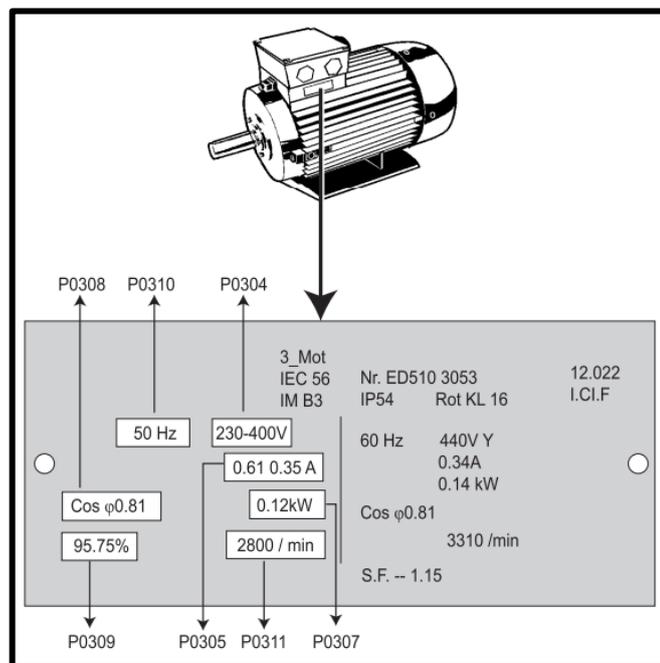
- **Programación del variador de frecuencia**

Mediante este manual se dará a conocer al programador los parámetros utilizados y el manejo del componente para el respectivo uso que será explícitamente utilizado para la operación del

variador de frecuencia y así mismo para la puesta del arranque de motores trifásicos.

### Datos del motor para la parametrización.

Todo el proceso se deberá obtener los datos marcados en la placa de cada motor para su respectiva parametrización, ver figura 4.19.



**Figura 4.19:** Datos de placa de motor para parametrización

### Vista general de los parámetros de los niveles 1 y 2.

Los parámetros de Nivel 1 y Nivel 2 se describen con más detalle a continuación, ver tabla 4.21.

**Tabla 4.21:** Parámetros de niveles 1 y 2, para puesta en servicio rápido

<b>Puesta en servicio rápida P0010=1</b>	
P0100	Europa / Norteamérica
P0300	Selección del tipo de motor
P0304	Tensión del motor
P0305	Corriente del motor
P0307	Potencia del motor
P0308	Factor de potencia del motor
P0309	Rendimiento del motor
P0310	Frecuencia del motor
P0311	Velocidad del motor
P0335	Refrigeración del motor
P0640	Factor de sobrecarga del motor
P0700	Selección de fuente de órdenes
P1000	Selección consigna frecuencia
P1080	Frecuencia Mínima.
P1082	Frecuencia Máxima

P1120	Tiempo de aceleración
P1121	Tiempo de deceleración
P1300	Modo de control
P3900	Fin de puesta en servicio rápido

## 5. ANÁLISIS Y RESULTADOS

### 5.1. DETALLES DE LAS CURVAS DE DISPERSIÓN DESARROLLADAS PARA CADA ARRANQUE.

#### 5.1.1. Análisis de datos de tres tipos de arranque en el Software LabVIEW vs Analizador de redes Fluke 435 Series II de un motor de 2 Hp marca Siemens

- **Cálculo del margen de error entre el módulo desarrollado y el analizador de redes FLUKE 435 SERIE II**

La fórmula del error relativo (5.1) se utiliza para calcular el error porcentual en las mediciones del analizador de redes FLUKE 435 SERIE II y el módulo de los testistas.

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{\text{VALOR MEDIDO DEL ANALIZADOR} - \text{VALOR MEDIDO DEL LABVIEW}}{\text{VALOR MEDIDO DEL LABVIEW}} \right| * 100 \quad (5.1)$$

En la siguiente tabla 5.1 se muestran los datos obtenidos del analizador de redes y los datos de LabVIEW, para el margen de error porcentual se analizó, los valores promedio de corriente de arranque al vacío de las tres líneas, lo cual nos muestra un valor promedio de error de 6,98%, y para la corriente en operación el mismo que muestra un valor promedio de error de 6,65%.

**Tabla 5.1:** Datos de corriente obtenidos del Analizador vs LabVIEW al vacío

Condición arranque AL VACÍO			
Corriente Arranque (Iarr)		Corriente Operación (Iop)	
Analizador de Redes	LabVIEW	Analizador de Redes	LabVIEW
L1=10,1 A	L1=9,57 A	L1=4,1 A	L1=4,07 A
L2=9,8 A	L2=9,12 A	L2=4,7 A	L2=3,89 A
L3=10 A	L3=9,26 A	L3=4,2 A	L3=4,2 A
<b>Promedio (Iprom)</b>		<b>Promedio (Iprom)</b>	
9,96 A	9,31 A	4,33 A	4,06 A
<b>Error Porcentual</b>		<b>Error Porcentual</b>	
6,98%		6,65%	

En la siguiente tabla 5.2 se muestran los datos obtenidos del analizador de redes y los datos de LabVIEW, para el margen de error porcentual se analizó, los valores promedio de corriente de

arranque con carga de las tres líneas, lo cual nos muestra un valor promedio de error de 19,23%, y para la corriente en operación el mismo que muestra un valor promedio de error de 8,79%, teniendo en cuenta que el motor está trabajando a una capacidad de 54,2% de la capacidad de placa del motor que es 81,5%.

**Tabla 5.2:** Datos de corriente obtenidos del Analizador vs LabVIEW con carga

<b>Condición arranque CON CARGA (Pesa: 9 lb)</b>					
<b>Corriente Arranque (Iarr)</b>			<b>Corriente Operación (Iop)</b>		
<b>Analizador de Redes</b>		<b>LabVIEW</b>	<b>Analizador de Redes</b>		<b>LabVIEW</b>
L1=21	A	L1=17,27	A	L1=4,1	A
L2=20,1	A	L2=17,06	A	L2=4,7	A
L3=20,3	A	L3=17,19	A	L3=4,2	A
<b>Promedio (Iprom)</b>			<b>Promedio (Iprom)</b>		
20,46	A	17,16	A	4,33	A
<b>Error Porcentual</b>			<b>Error Porcentual</b>		
19,23%			8,79%		

En la siguiente tabla 5.3 se muestran los datos obtenidos de voltaje del analizador de redes y los datos de LabVIEW, para el margen de error porcentual se analizó, los valores de voltaje promedio al momento del arranque en vacío, el mismo que muestra un valor promedio de 0,28%, y los valores de voltaje en el momento de su corriente en operación, dando como resultado un valor promedio de error 0,42%.

**Tabla 5.3:** Datos de voltaje con relación a la corriente obtenidos del Analizador vs LabVIEW al vacío

<b>TENSIÓN CON RELACIÓN A LA CORRIENTE DE ARRANQUE</b>					
<b>AL VACÍO</b>					
<b>Tensión en Arranque (Varr)</b>			<b>Tensión en Operación (Vop)</b>		
<b>Analizador de Redes</b>		<b>LabVIEW</b>	<b>Analizador de Redes</b>		<b>LabVIEW</b>
L1=210,93	V	L1=210,31	V	L1=216,98	V
L2=213,05	V	L2=212,05	V	L2=216,69	V
L3=210,91	V	L3=211,59	V	L3=217,45	V
<b>Promedio (Vprom)</b>			<b>Promedio (Vprom)</b>		
211,91	V	211,31	V	217,12	V
<b>Error Porcentual</b>			<b>Error Porcentual</b>		
0,28%			0,42%		

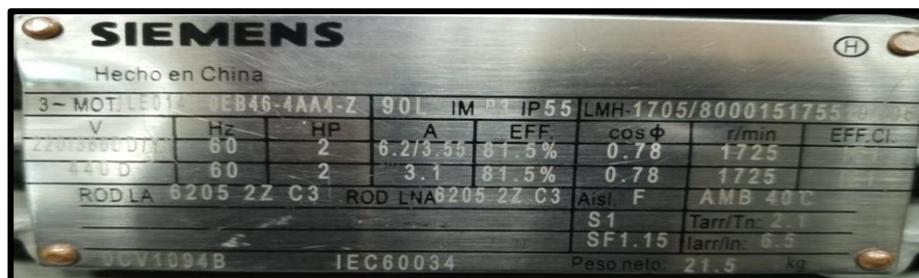
En la siguiente tabla 5.4 se muestran los datos obtenidos de voltaje del analizador de redes y los datos de LabVIEW, para el margen de error porcentual se analizó, los valores de voltaje

promedio al momento del arranque con carga, el mismo que muestra un valor promedio de error 1,22%, y los valores de voltaje en el momento de su corriente en operación, dando como resultado un valor promedio de error 0,13% teniendo en cuenta que el motor está trabajando a una capacidad de 54,2% de la capacidad de placa del motor que es 81,5%, el cual en el existen caídas de tensión al momento de arranque y cuando se estabiliza

**Tabla 5.4:** Datos de voltaje con relación a la corriente obtenidos del Analizador vs LabVIEW con carga

TENSIÓN CON RELACIÓN A LA CORRIENTE DE ARRANQUE			
CON CARGA (Pesa: 9 lb)			
Tensión en Arranque (Varr)		Tensión en Operación (Vop)	
Analizador de Redes	LabVIEW	Analizador de Redes	LabVIEW
L1=209,97 V	L1=207,4 V	L1=214,86 V	L1=213,3 V
L2=208,17 V	L2=206,54 V	L2=215,04 V	L2=214,84 V
L3=207,79 V	L3=206,54 V	L3=213,72 V	L3=214,66 V
Promedio (Vprom)		Promedio (Vprom)	
208,79 V	206,26 V	214,54 V	214,26 V
Error Porcentual		Error Porcentual	
1,22%		0,13%	

Para el estudio del caso se dispone de un motor marca Siemens de 2 Hp, como se muestra en la figura 5.1, la placa característica, la cual se van a realizar los diferentes tipos de arranques propuesto como son: arranque directo, estrella-delta y de igual manera un arranque con variador de frecuencia.



**Figura 5.1:** Placa de motor 2 Hp

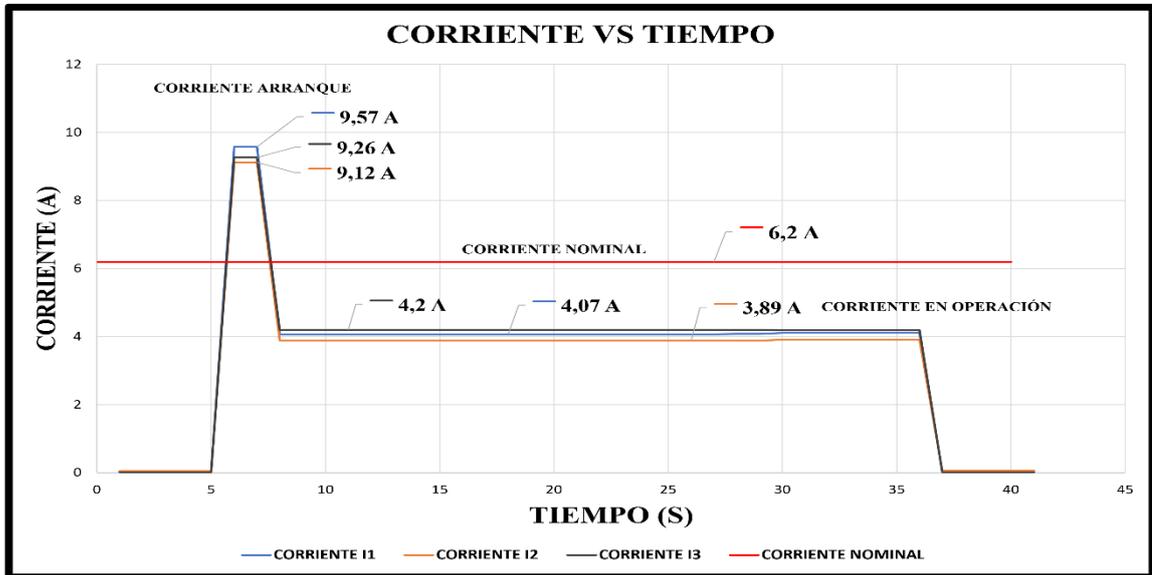
#### 5.1.1.1. Arranque directo al vacío

- Corriente vs tiempo en el software LabVIEW de un arranque directo al vacío

Para el cálculo de la corriente nominal al vacío se determina por la ecuación (3.4), donde reemplazamos los datos de placa del motor, para los cálculos respectivos de los demás motores nos basamos en el **ANEXO XVI**. La gráfica establecida mediante el arranque directo al vacío y con carga desarrollada por el software LabVIEW, se establecen en el **ANEXO I**.

- **Corriente vs tiempo de datos obtenidos en Excel mediante el software LabVIEW**

En la figura 5.2 se muestra las corrientes de arranque de las tres fases, la cual alcanza una corriente de arranque de 9,57 [A] y la corriente de operación un valor de 4,2 [A], con esto tenemos un aumento de 1,54 veces [A] con respecto a la corriente nominal luego de 1 segundo se estabiliza y trabaja a su corriente de operación.



**Figura 5.2:** Corriente vs tiempo

- **Corriente con relación al voltaje de datos obtenidos en Excel mediante el software LabVIEW**

En la siguiente figura 5.3 se muestra los datos de voltaje en relación a la corriente de arranque y de la corriente en operación, la cual en el momento del arranque se tiene un voltaje promedio de 211,31 [V] y una corriente de arranque de 9,31 [A], el par máximo que puede suministrar el motor disminuye, pero no varía la velocidad a la que el motor proporciona dicho par máximo promedio es 216,20 [V] y una corriente en operación promedio de 4,04 [A], en la cual existe una caída de tensión de 4,89 [V] al momento de arrancar el motor.

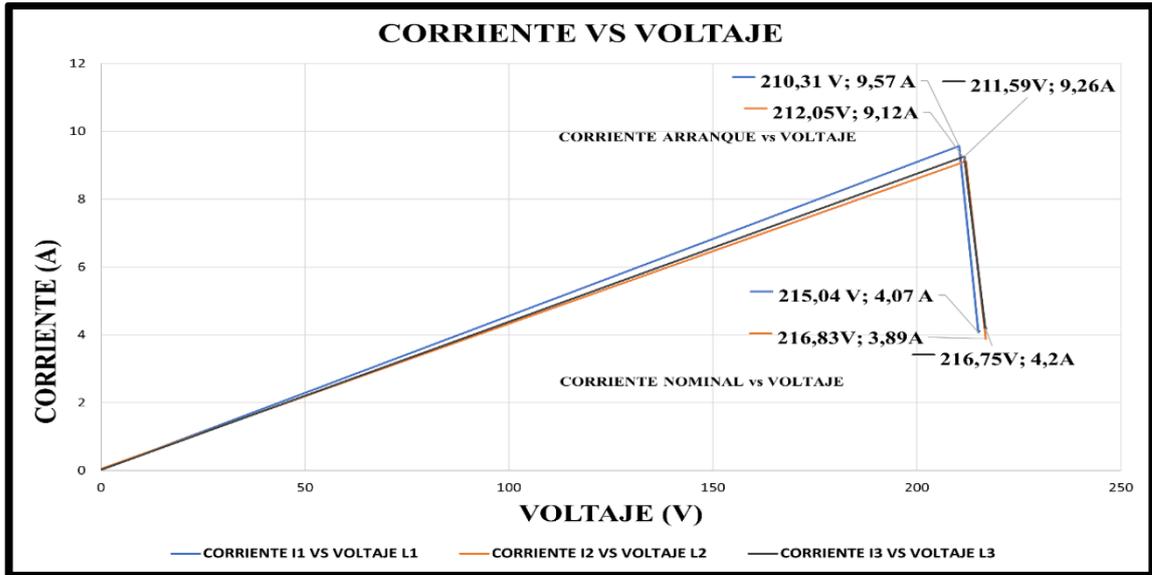


Figura 5.3: Corriente vs Voltaje

- Corriente de arranque y nominal vs tiempo del analizador FLUKE 435 SERIES II

En la siguiente figura 5.4 se muestra los datos obtenidos del analizador de redes la cual se relaciona el voltaje en el momento del arranque y de la corriente en operación, la cual en el momento del arranque se tiene un voltaje promedio de 211,89 [V] y una corriente de arranque de 10,1 [A], el par máximo que puede suministrar el motor disminuye, pero no varía la velocidad a la que el motor proporciona dicho par máximo promedio es 217,10 [V] y una corriente nominal promedio de 4,63 [A], en la cual existe una caída de tensión de 5,21 [V] al momento de arrancar el motor.

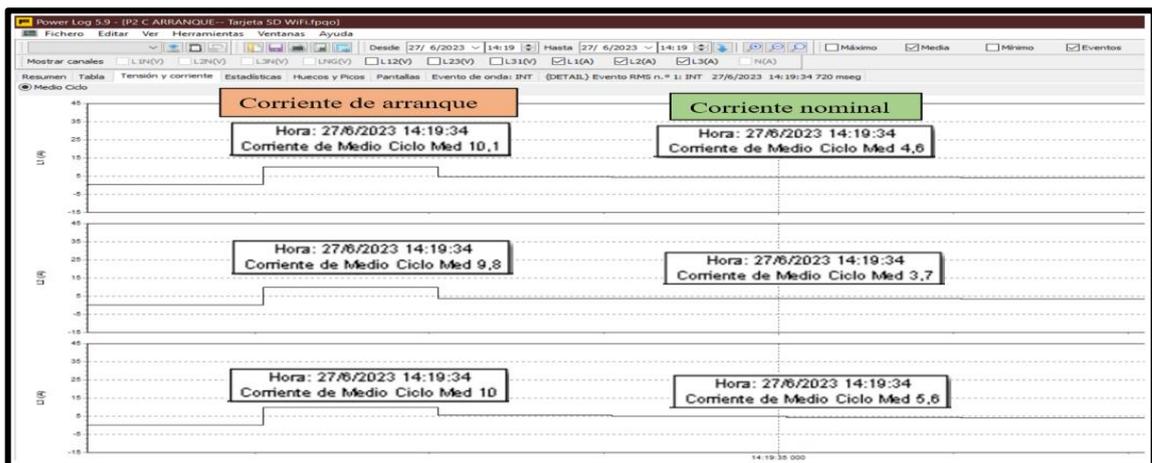
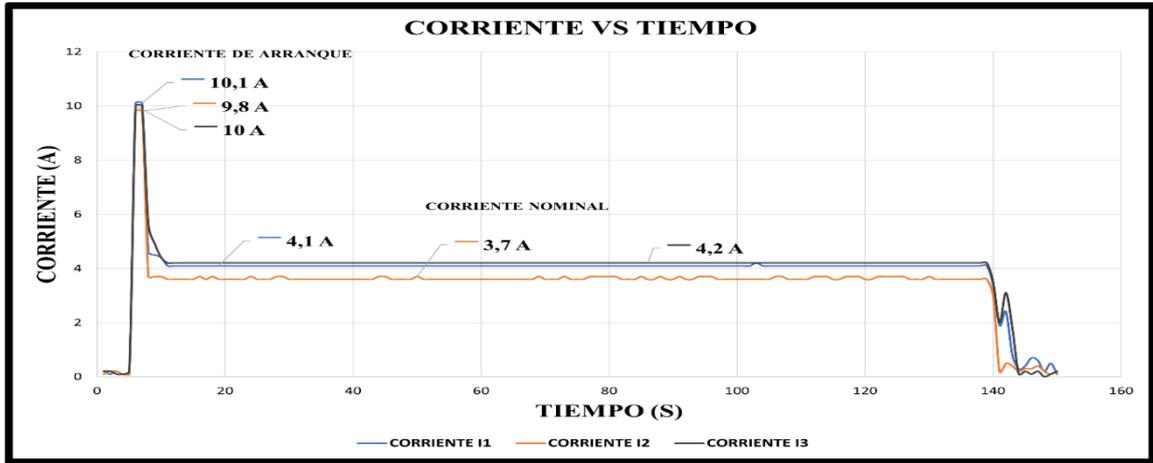


Figura 5.4: Corriente de arranque directo proporcionada por el analizador de redes

Para observar de mejor manera se establece la recolección de datos proporcionado por el analizador de redes y graficarlos a su vez en Excel, como se muestra en la figura 5.5.



**Figura 5.5:** Corriente vs tiempo

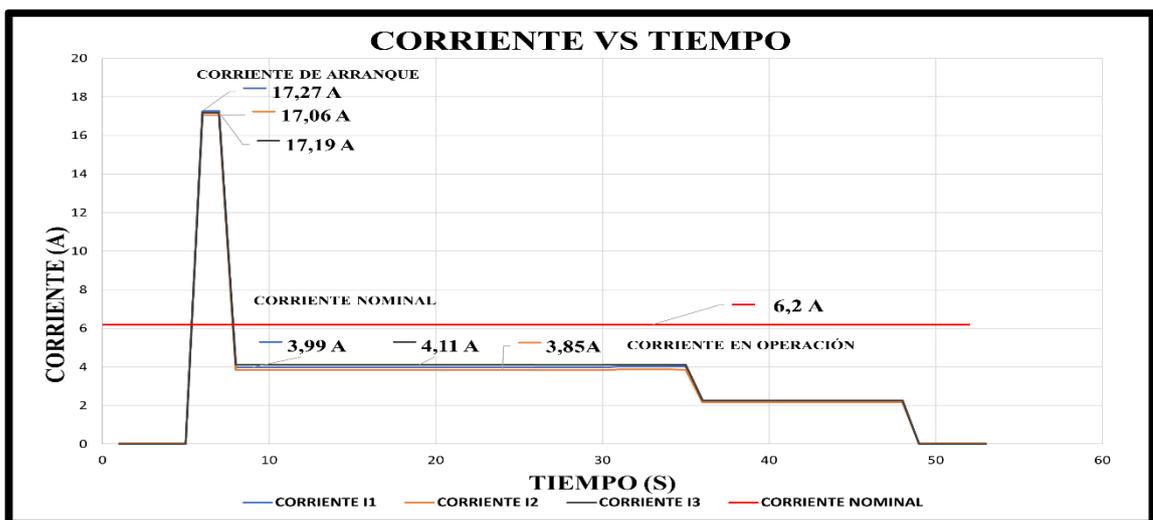
**5.1.1.2. Arranque directo con carga de 9 libras acoplado en el eje del motor**

- **Corriente vs tiempo en el software LabVIEW con carga**

Al aumentar la carga con una pesa de 9 libras acoplado en el eje, se observa un aumento de corriente de arranque y al paso de 1 segundo se estabiliza y trabaja en la corriente de operación ver, ANEXO I.

- **Corriente vs tiempo de datos obtenidos en Excel mediante el software LabVIEW**

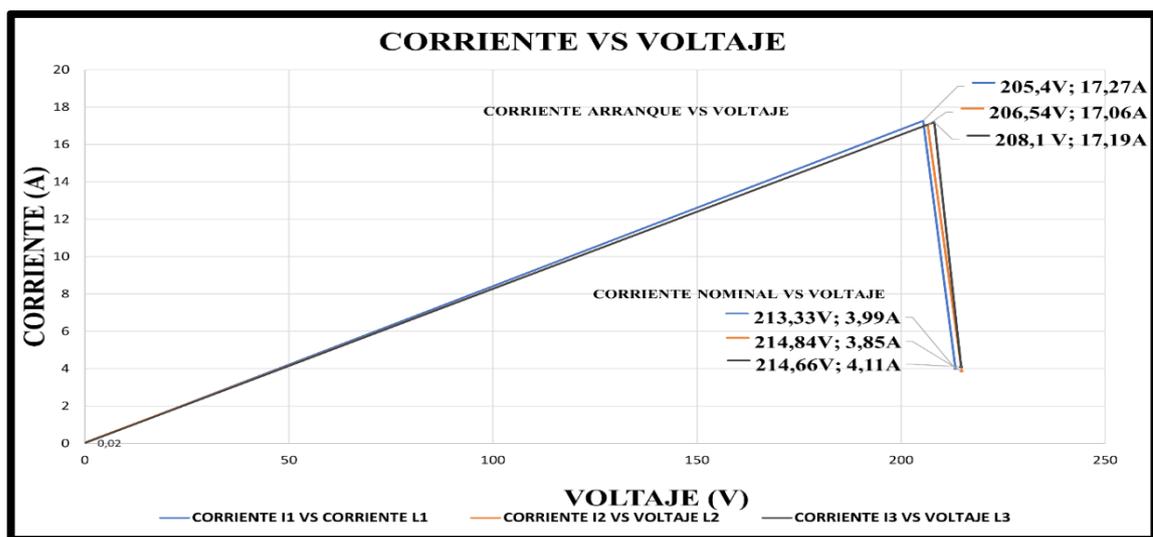
En la figura 5.6 se muestra las corrientes de arranque de las tres fases con carga, la cual alcanza una corriente de arranque de 17,27 [A] y la corriente de operación un valor de 4,11 [A], con esto tenemos un aumento de 2,78 veces [A] con respecto a la corriente nominal luego de 1 segundo se estabiliza y trabaja a su corriente de operación.



**Figura 5.6:** Corriente vs tiempo

- **Corriente con relación al voltaje de datos obtenidos en Excel mediante el software LabVIEW**

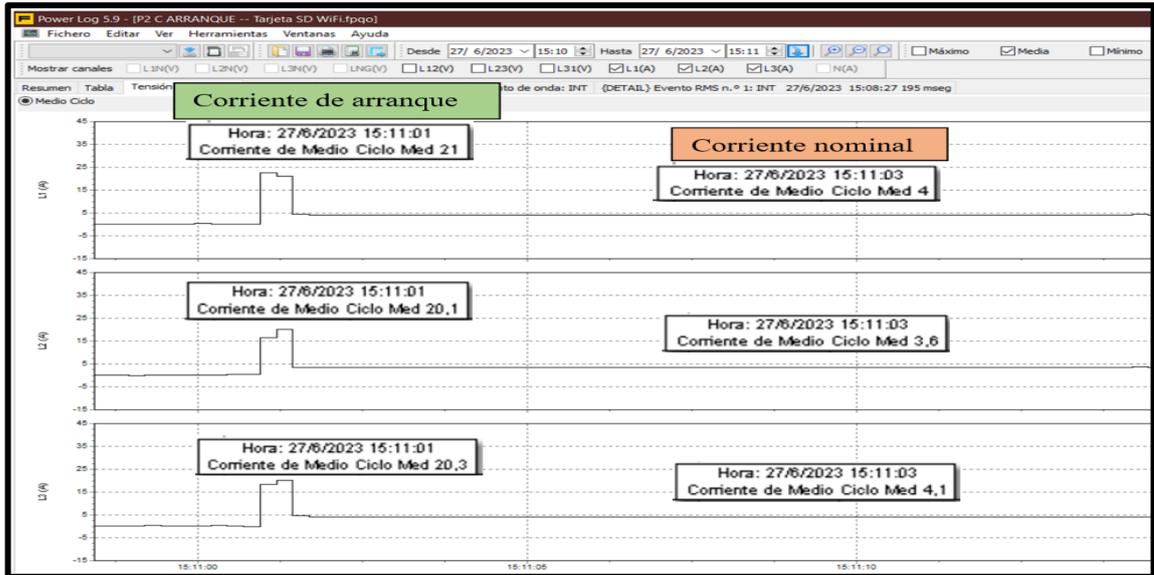
En la siguiente figura 5.7 se muestra los datos de voltaje en relación a la corriente de arranque y de la corriente nominal, la cual en el momento del arranque se tiene un voltaje promedio de 206,68 [V] y una corriente de arranque de 17,17 [A], el par máximo que puede suministrar el motor disminuye, pero no varía la velocidad a la que el motor proporciona dicho par máximo promedio es 214,27 [V] y una corriente en operación promedio de 3,98 [A], en la cual existe una caída de tensión de 7,59 [V] al momento de arrancar el motor.



**Figura 5.7:** Corriente vs voltaje

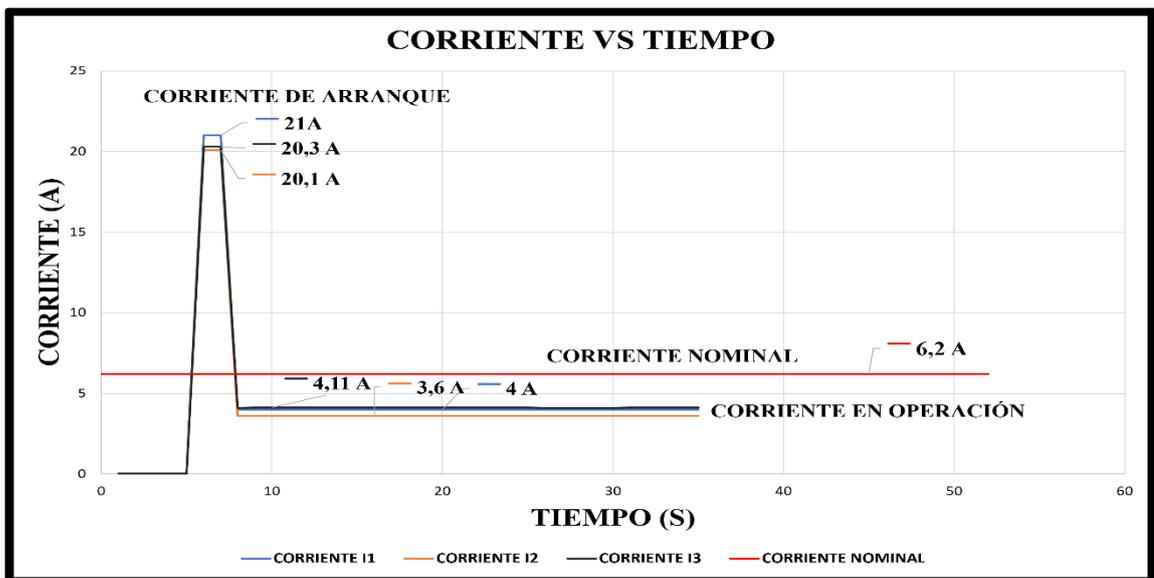
- **Corriente de arranque y nominal vs tiempo del analizador FLUKE 435 SERIES II**

En la figura 5.8 se muestra las corrientes de arranque de las tres fases, la cual alcanza una corriente de arranque de 21 [A] y la corriente de operación un valor de 4,11 [A], con esto tenemos un aumento de 3,38 veces [A] con respecto a la corriente nominal luego de 1 segundo se estabiliza y trabaja a su corriente de operación.



**Figura 5.8:** Corriente de arranque directo con carga proporcionada por el analizador

Para observar de mejor manera se establece la recolección de datos proporcionado por el analizador de redes y graficarlos a su vez en Excel, como se muestra en la figura 5.9.



**Figura 5.9:** Corriente vs tiempo

### 5.1.1.3. Arranque con variador de frecuencia tiempo 50s

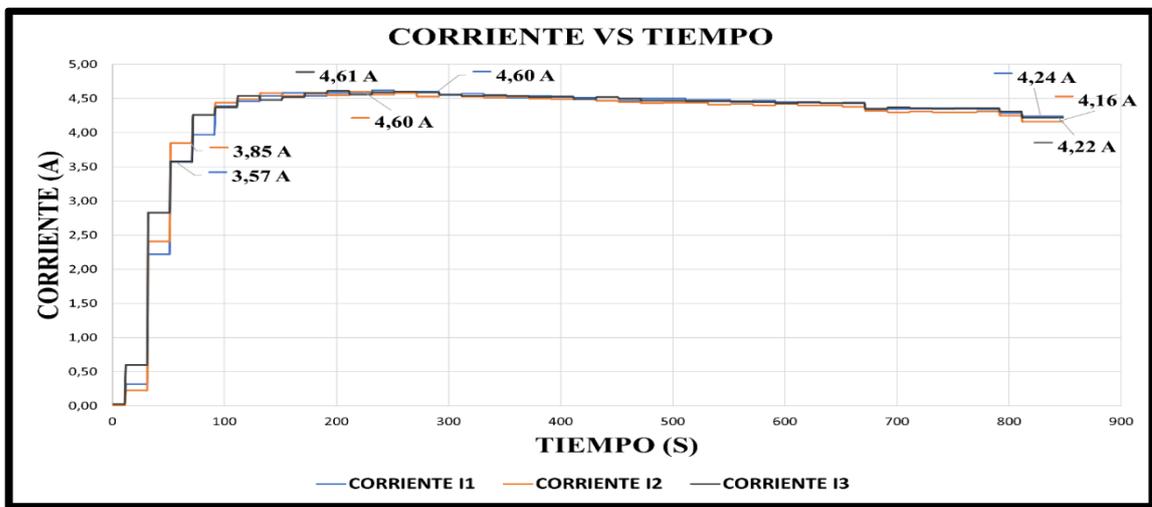
Para este arranque se utiliza un variador de marca Siemens modelo Micromaster 4.20, el cual nos permitió trabajar con frecuencias que van desde 0Hz hasta los 60Hz, conectado a un motor de 2 Hp, para la comparación se datos se utiliza el analizador de redes Fluke 435 Series II.

- **Corriente de arranque con variador de frecuencia en el software LabVIEW**

La gráfica establecida mediante el arranque con variador de frecuencia desarrollada por el software LabVIEW, se establecen en el **ANEXO I**.

- **Corriente vs tiempo obtenidos mediante la recolección de datos en Excel mediante el software LabVIEW**

En la figura 5.10, se puede observar que la corriente es de 4,60 [A] en la línea I1, 4,60 [A] en la línea I2 y 4,61 [A] en la línea I3, se produjo cuando la puesta en marcha del motor fue de 50 segundos, después paso a un modo estable de trabajo donde la corriente de operación promedio de 4,20 [A].



**Figura 5.10:** Arranque con variador de frecuencia

- **Corriente vs voltaje de datos obtenidos en Excel mediante el software LabVIEW**

La curva par de un motor alimentado por un sistema trifásico de tensiones de valores eficaces y frecuencia constante, con un devanado estatórico que genera un campo magnético giratorio circular sin pérdidas mecánicas, se muestra en la figura 5.11. El par máximo del motor disminuye, pero la velocidad a la que proporciona ese par de 219.68 [V] sigue siendo constante.

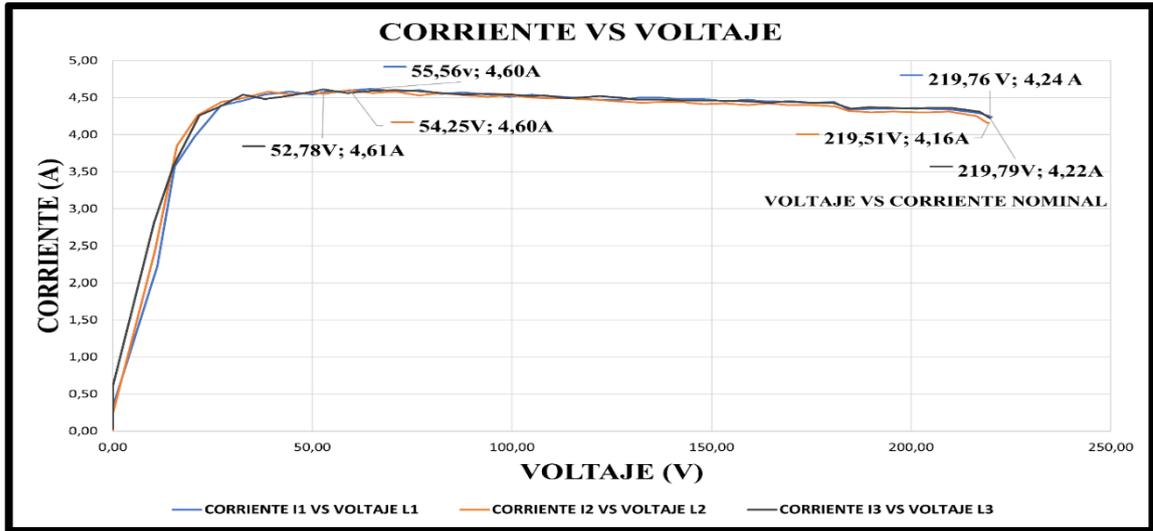


Figura 5.11: Corriente vs voltaje

- **Corriente de aceleración vs tiempo a 50 segundos mediante el analizador FLUKE 435 SERIES II**

En la siguiente figura 5.12, se muestra las curvas de arranque proporcionada por el analizador de redes, el tiempo de medición al momento de arrancar el motor es de 50s, se tiene como resultado una corriente máxima de 4,6 [A], y luego se estabiliza y trabaja en su corriente de operación promedio de 4,2 [A]. Se tiene además un voltaje de línea total de 219,98 [V].

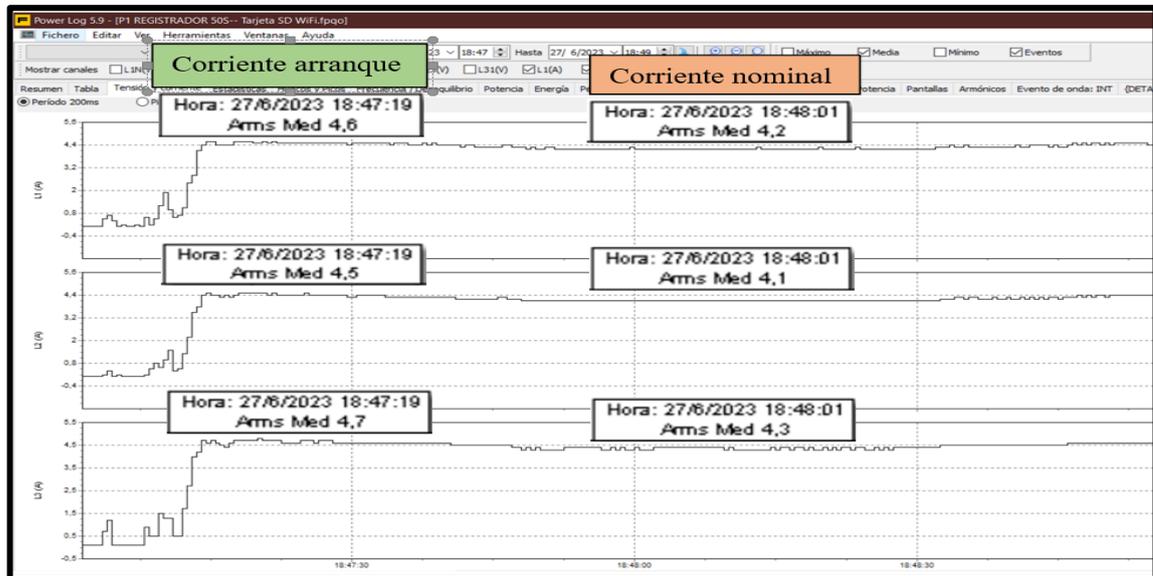


Figura 5.12: Arranque con variador de frecuencia proporcionada por el analizador

#### 5.1.1.4. Arranque estrella-delta

Las características importantes y fundamentales para el análisis de la curva de corriente en arranque estrella-delta, una vez que el motor alcanzó su velocidad de régimen y se disminuye

la corriente, se puede observar el cambio de estrella a delta, en el cambio transcurrido se aprecia una corriente de arranque, cuyo valor resulta ser grande. Esta corriente se ve afectado por varios factores, incluida la inercia de la carga durante la prueba. Independientemente, la duración del pico en este momento es de medio ciclo, o aproximadamente de 1,5 segundos ver ANEXO I.

- **Corriente vs tiempo de datos obtenidos en Excel mediante el software LabVIEW**

La gráfica establecida mediante el arranque estrella-delta desarrollada por el software LabVIEW, se establecen en el ANEXO I.

- **Corriente vs tiempo de datos obtenidos en Excel mediante el software LabVIEW**

En la figura 5.13 se muestra la corriente de arranque en estrella-delta, lo cual al momento del encendido del motor se produce un arranque en estrella que alcanza los 1,56 [A], posteriormente en el rango de 1,5 segundos se produce el arranque en delta lo cual alcanza una corriente de 4,6 [A], luego se estabiliza en su corriente de operación de 2,48 [A], gracias a este arranque se reduce la corriente de arranque comparado con el arranque directo.

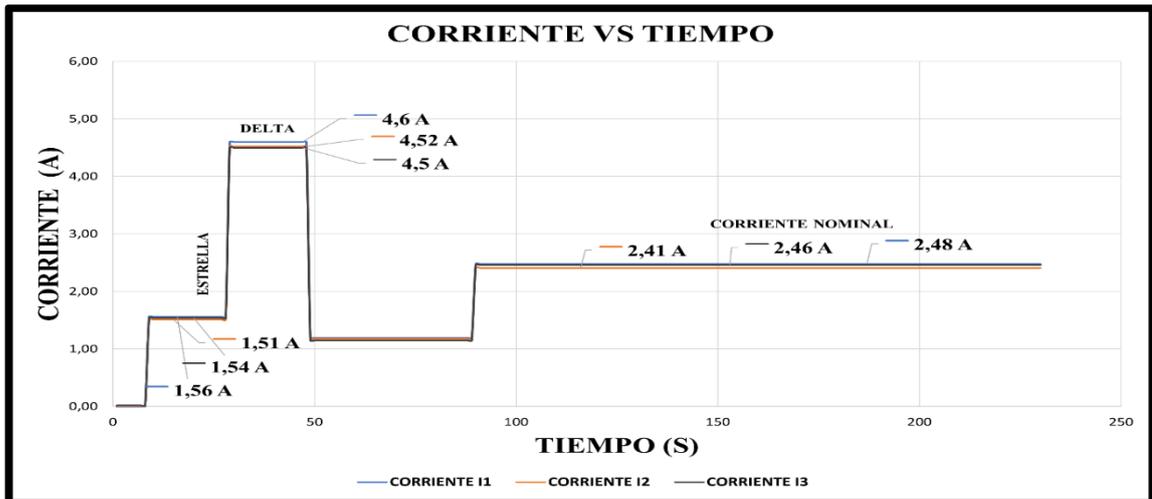


Figura 5.13: Arranque estrella-delta

- **Corriente vs voltaje de datos obtenidos en Excel mediante el software LabVIEW**

En la figura 5.14, se puede observar el arranque estrella-delta lo cual se aprecia en primera instancia el voltaje suministrado en estrella promedio de 47,76 [V] al paso de 1,5 en configuración delta un voltaje promedio de 211,4 [V], 1,5 segundos, después paso a un modo estable de trabajo donde el voltaje promedio es de 214 [V].

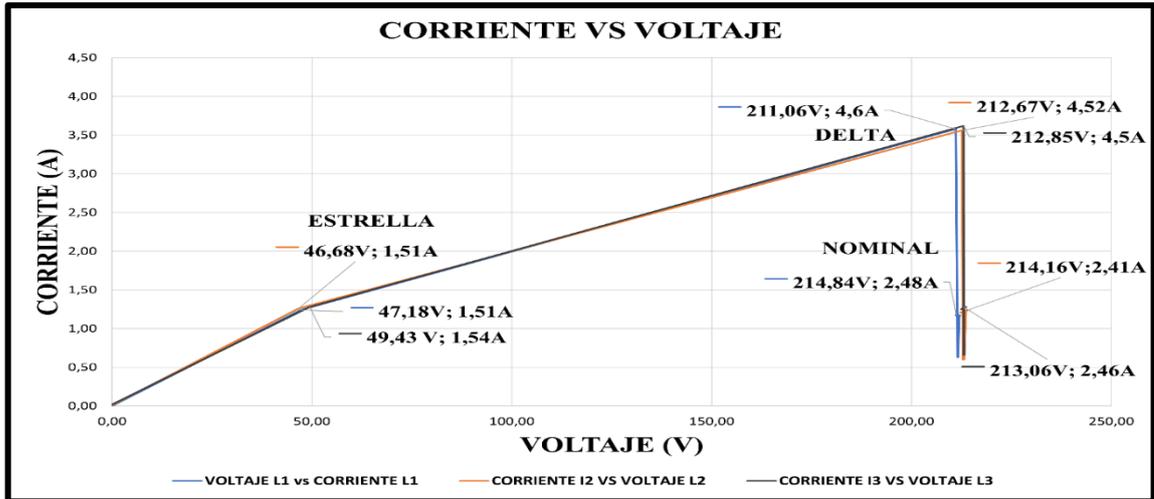


Figura 5.14: Corriente vs voltaje

- Corriente de arranque y nominal vs tiempo en configuración estrella-delta mediante el analizador FLUKE 435 SERIES II

En la figura 5.15, se muestra la corriente de arranque en estrella-delta, proporcionado por el analizador de redes lo cual al momento del encendido del motor se produce un arranque en estrella que alcanza los 1,89 [A], posteriormente en el rango de 1,5 segundos se produce el arranque en delta lo cual alcanza una corriente de 6,93 [A], luego se estabiliza en su corriente de operación de 2,36 [A].

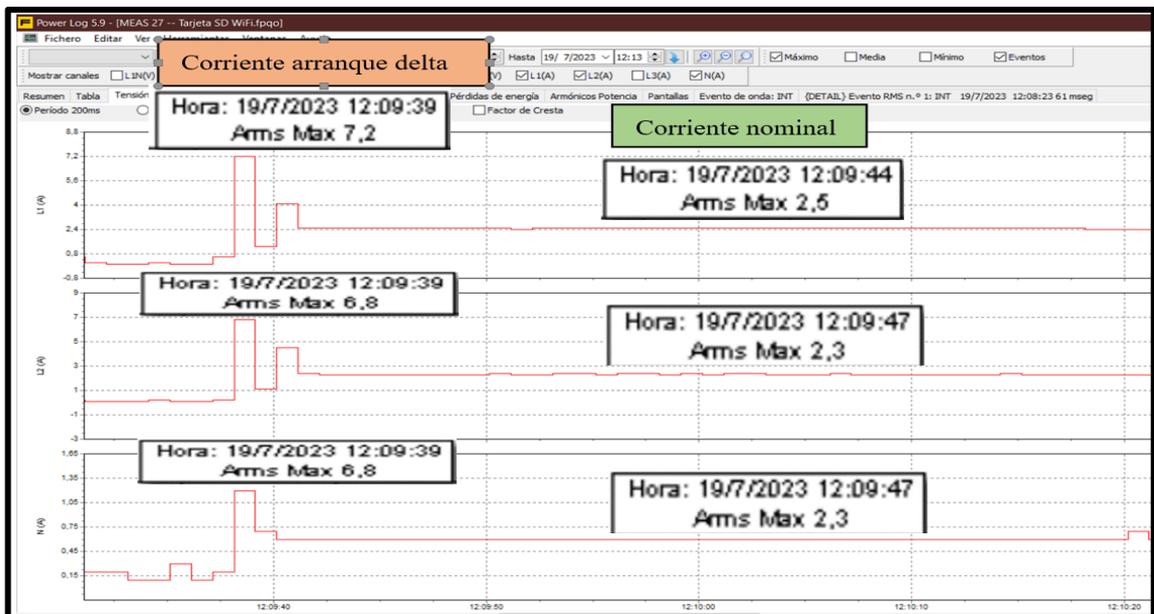
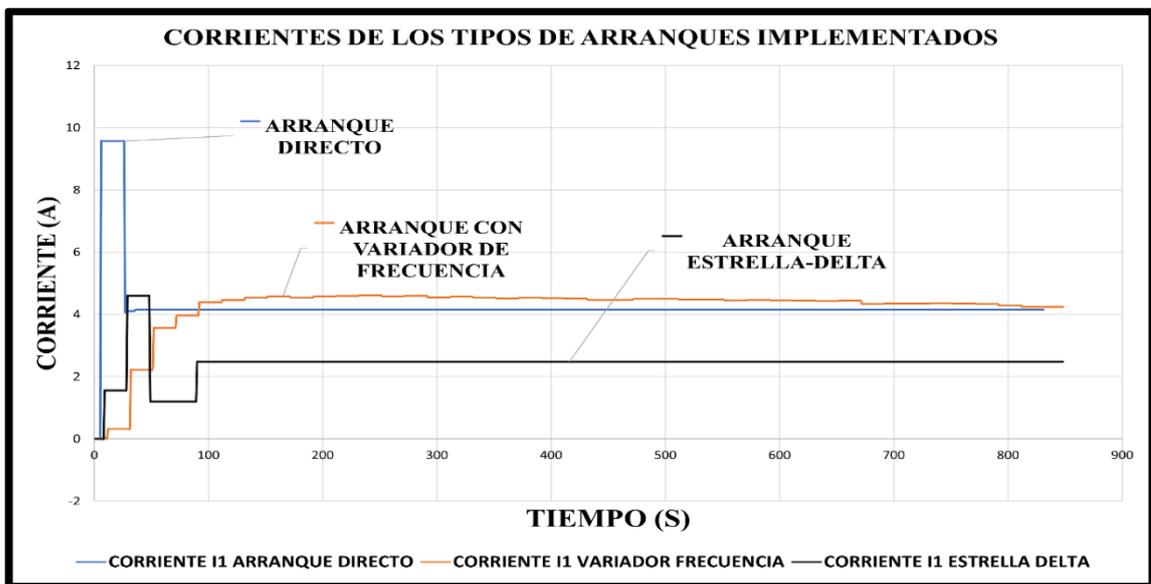


Figura 5.15: Arranque estrella-delta proporcionado por el analizador de redes

- Corrientes de arranque implementado al motor de 2 Hp.

La figura 5.16 muestra claramente la ventaja del arranque del motor con variador de frecuencia en comparación con otros métodos aplicados. En el arranque directo se observan picos de corriente elevados, mientras que en el arranque estrella-delta la corriente desciende a menos de un tercio en comparación con el arranque directo. Estos picos de corriente de arranque generan sobreesfuerzos en los conductores y requieren un mayor par de arranque en el motor, por lo que provoca perturbaciones en la red y caídas de tensión en el proceso, así como golpes y desgaste mecánico. Además, el motor experimenta calentamiento y desgaste de los acoplamientos.



**Figura 5.16:** Tipos de arranques propuesto

## 5.2. IMPACTOS

El uso de módulos didácticos para el aprendizaje técnico-práctico dentro de máquinas eléctricas enfocado en operación en motores trifásicos se informara sobre los impactos ocasionados en los siguientes aspectos: Social, Económico, Técnico y Ambiental de la siguiente propuesta tecnológica con el tema “Diseño y construcción de un banco de pruebas para el análisis de variables eléctricas en arranque de motores” de tal manera, se considera nuevas metodologías de enseñanza y aprendizaje didáctico para reforzar su desarrollo sobre análisis de variables eléctricas, desarrollando los conocimientos teóricos como la conexión del sistema de fuerza, diferentes método de conexión para el arranque del motor y prácticos de modo que se verán desarrollados mediante el dimensionamiento de protecciones eléctricas, contactores, relé térmicos, conductor, programación del Variador de Frecuencia esto conforma un sistema de control el cual permite receptar datos mediante medidores de energía Sentron PAC 3220 y

observación de graficas mediante el software LabVIEW, por ende el realizar el análisis y pruebas posiblemente utilizables en la industria para intensificar su calidad.

**Impacto Social.** - El desenvolvimiento técnico-práctico del estudiante permitirá a relacionar lo teórico y sea aplicado en el área practica laboral que puede mostrarse en la industria siendo parte de los conocimientos fundamentales para puesta en operación optima de motores trifásicos para procesos de producción industrial.

**Impacto técnico:** Al poner en práctica el módulo para el arranque de motores ayudara al proceso de aprendizaje tal como desarrollar aspectos teóricos y aplicados en la práctica de motores trifásicos. Aplicando conocimientos fundamentales como la norma INEN para dimensionamiento de componentes del circuito de fuerza para la operación del motor y para receptación de las medidas de energía mediante la comunicación de los siguientes componentes; El Sentron Pac 3220, el PLC S7-1200 y mediante el SOFTWARE LabVIEW, para la observación de las variables eléctricos (Tensión y Corriente) y curvas de arranque.

**Impacto Económico.** - El modelo diseñado y construido pretende llegar al usuario a realizar el respectivo análisis de las variables eléctricas obtenidas del sistema sobre los tipos de arranque de motores, donde permite establecer los costos diferentes que se tiene para los varios elementos eléctricos para el sistema, una vez realizado el análisis de los factores fundamentales a establecer con un fin de aprendizaje creciente, da por aceptable el proyecto de propuesta tecnológica.

**Impacto Ambiental.** – Al poner en práctica este módulo se identificó el principal factor para el funcionamiento del sistema que es la energía eléctrica, de tal manera que es necesario llevar a cabo en cuanto a la calidad y la fiabilidad del sistema, con llevan a métodos de seguridad sobre la disposición eléctrica como: La Agencia de Control y regulación de Electricidad (ARCONEL), este monitorea y regula la energía eléctrica en el Ecuador y El Centro Nacional de Control de la Energía (CENACE), garantiza el funcionamiento y la disponibilidad del sector eléctrico. Al efectuar estos métodos legales se aplica la determinación del ARCONEL, en lo cual establece que el factor de potencia para el sistema eléctrico es de 0,92.

### **5.3. ELABORACIÓN DE GUÍAS PRÁCTICAS DE EXPERIMENTACIÓN.**

La elaboración de guías practicas con lleva a considerar varios parámetros fundamentales para el funcionamiento del módulo, detalle de los elementos conformados, las medidas respectivas de seguridad para el caso, instrucciones de seguridad, entre otros. Al tener en cuenta todos los

parámetros permitirán que el uso de las guías prácticas orientara a la manipulación del módulo para su óptimo funcionamiento (ver **ANEXO XVII**).

#### 5.4. PRESUPUESTO

En la implantación de este módulo se elaboró un proceso de costos mediante una tabla identificando todos los elementos conformados para el proceso de fabricación del sistema (materiales y maquinarias), de tal manera que se obtiene un capital estimado total de costo de ingeniería y materiales, ver **Tabla 5.5**.

El valor en dólares de ingeniería se hace referencia al valor del sueldo básico unificado el cual se proporciona en el Ecuador del año 2023; es de \$425 (Cuatrocientos veinticinco dólares) y el tiempo laboral (horas) establecido indica la ley de servicios públicos para la parte de servicio privado establecido en el código de trabajo laboral ocho horas diarias, cuarenta horas de trabajo laboral y un total de 160 horas de ocupación mensual. De tal manera que se divide el salario básico para el número de horas al mes obteniendo un resultado del valor de hora diaria de trabajo al día, obteniendo un valor en dólares americanos de \$ 2,66 la hora de trabajo.

**Tabla 5.5:** Valor en dólares de ingenierías

Valor de la Propuesta Tecnológica			
Detalle	Tiempo - Horas	Valor Unitario	Valor Total
Diseño del sistema	30h	\$2,66	\$79,8
Ensamble	60h	\$2,66	\$159,6
Programación	50h	\$2,66	\$133
Simulación	40h	\$2,66	\$106,4
Verificación de equipo	45h	\$2,66	\$119,7
<b>Total</b>			<b>\$ 598,5</b>

**Tabla 5.6:** Instrumentación Industrial y Control

EQUIPO Y MAQUINARIA				
Detalle	Cantidad	Unidad	\$ Precio Unitario	\$ Total
BREAKER 3 POLOS CAJA MOLDEADA 50 A	1	Unidad	33,06	33,06
CHINT BREAKER 3 POLOS 16 AMPERIOS RIEL DIN	6	Unidad	4,56	27,36
CHINT BREAKER 3 POLOS 10 AMPERIOS RIEL DIN	1	Unidad	4,56	4,56

CHINT BREAKER 3 POLOS 20 AMPERIOS RIEL DIN	1	Unidad	4,71	4,71
RELKOM BREAKER 3 POLOS 10 AMPERIOS RIEL DIN	1	Unidad	9,30	9,30
RELKOM BREAKER 2 POLOS 10 AMPERIOS RIEL DIN	1	Unidad	5,30	5,30
CHINT BREAKER 2 POLOS 10 AMPERIOS RIEL DIN	1	Unidad	6,38	6,38
RELÉ TÉRMICO MODULAR 4-6 A	1	Unidad	6,94	6,94
RELÉ TÉRMICO MODULAR 2,5-5 A	1	Unidad	6,94	6,94
RELÉ TÉRMICO MODULAR 7-10 A	6	Unidad	6,94	41,64
CONTACTOR 3.0 HP/9A 1NO - 1NC BOBINA:220VAC	6	Unidad	6,4	38,4
CONTACTOR 2.0 HP/6A 1NO - 1NC BOBINA:220VAC	1	Unidad	6,31	6,31
CONTACTOR 4.0 HP/12A 1NO - 1NC BOBINA:220VAC	1	Unidad	6,81	6,81
REPARTIDOR 4 POLOS 125 A	2	Unidad	24,335	48,67
MEDIDOR PARAMETROS ELECTRICOS PAC - 3220 7KM3220-0BA01-1DA0	1	Unidad	676,92	676,92
BARRA DE TIERRA	1	Unidad	5	5
TC 100/5 A	3	Unidad	6,40	19,20
SELECTORES 2 POSICIONES	9	Unidad	2	18
LUCES PILOTO COLOR VERDE 220VAC 22mm	9	Unidad	2	18
LUCES PILOTO COLOR ROJO 220VAC 22mm	8	Unidad	2	16
ROUTER	1	Unidad	15	15
GABINETE METÁLICO DE 1100x1100x300 mm	1	Unidad	280	280
RIEL DIN 35 mm	4	Unidad	2	6
CANALETA RANURADA PLÁSTICA DEXSON PVC 60x40 mm GRIS	2	Unidad	9,92	19,84
CANALETA RANURADA PLÁSTICA DEXSON PVC 25x25 mm GRIS	1	Unidad	5,21	5,21
CABLE FLEXIBLE 14 AWG (METROS)	200	Metros	0,401	80,20
CABLE FLEXIBLE 8 AWG (METROS) 4 FASES	15	Metros	13,45	201,75
TUBERIA CONDUIT 3/4 in	2	Unidad	5,5	11
CODOS CONDUIT 3/4 in	3	Unidad	3,2	9,6
FUNDAS TIPO PIN CABLE #14 AWG	3	Unidad	2,75	8,25
TIPO PIN CABLE #8 AWG	6	Unidad	0,05	0,30

BORNE PARA RIEL 2,5 mm # 12 AWG JXB-2.5/35	27	Unidad	0,30	8,10
FUNDA DE AMARRAS 10 CM	1	Unidad	1,75	1,75
ESPIRAL BLANCO 4109 8-15 MM (3/8)	1	Metro	1	1
<b>TRANSPORTE</b>				
MOVILIZACIÓN	1	Unidad	50	50
<b>MATERIAL BIBLIOGRAFICO Y FOTOCOPIA</b>				
IMPRESIONES	300	Unidad	0,10	30
ANILLADO FINAL	1	Unidad	35	35
<b>MANO DE OBRA</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b># HORAS</b>	<b>\$ VALOR UNITARIO</b>		<b>\$ VALOR TOTAL</b>
Diseño del sistema	30	2,66		79,8
Ensamble	60	2,66		159,6
Programación	50	2,66		133
Simulación	40	2,66		106,4
Verificación del Equipo	45	2,66		119,7
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 2361</b>

## 5.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- Al investigar a detalle los métodos en arranque de motores eléctricos se basa en una determinada configuración para la operación requerida de dónde se busca focalizar el funcionamiento eficaz mediante toma de decisiones al seleccionar los elementos en base a la placa característica y la normativa NEC establecida para instalaciones eléctricas, por ello se desarrolla el circuito de control y de fuerza parte fundamental para la protección y energización de manera individual con respecto a la carga instalada para analizar las variables eléctricas de acuerdo a su comportamiento al pasar de condiciones del rotor bloqueado a rotor con velocidad.
- Al construir e implementar el banco de pruebas didáctico se desenvolverá una brecha de acciones y conocimientos técnico-práctico sobre el funcionamiento de los componentes eléctricos previamente seleccionados para el circuito de operación local o remota del motor de tal manera que al receptor y registrar los datos se desarrolla una comunicación MODBUS TCP-IP del PLC S7-1200 y el Sentron-Pac 3220, y OPC SERVER para la adquisición de datos en el software LabVIEW, siendo la parte esencial para procesar señales, controlar componentes y obtener una interfaz gráfica en tiempo real.

- Se ha conseguido determinar variables eléctricas como tensión y corriente de un motor de 2 Hp, a la cual se realizó pruebas de arranque directo al vacío y con carga, es el método más sencillo para arrancar un motor trifásico, al analizar los resultados se visualiza que la corriente de arranque en vacío es de 9,75 A y se estabiliza en su corriente de operación de 4.2 A y al aplicarle carga de 9 Libras la corriente de arranque aumenta a 17,27 A, como resultado se tiene corrientes altas, que a su vez causan molestias como caídas de tensión en la red.
- Por lo tanto se pudo determinar mediante pruebas con arranque estrella-delta se obtuvo una menor corriente que el arranque directo, que es de 4,60 A en conexión delta y se estabiliza en su corriente de operación de 2,48 A, por lo que es lógico primero arrancar el motor en estrella y al paso de 1,5 segundos en delta, para el arranque con variador de frecuencia se obtuvo una corriente máxima de 4,61 A y se estabiliza en su corriente de trabajo de 4,2 A, con estos dos últimos tipos de arranques aplicados se logra evitar picos de corriente de arranque y así mejorar la vida útil del motor.
- Al validar el banco de pruebas para el análisis de variables eléctricas se llevó a cabo el uso de guías de práctica de los diferentes métodos de arranque aplicados (directo, estrella-delta y con variador de frecuencia) enfocadas en una serie de procesos para la instalación y operación del mismo el cual se pretende comprobar el funcionamiento viable y eficaz.
- De manera similar se realizó un estudio de los datos de margen de error entre el analizador de redes y el software LabVIEW en el proceso de adquisición de datos en tiempo real al aplicar el método de arranque directo, se realizó una comparación de la corriente de arranque al vacío obteniendo como un porcentaje de error de 6,98% con un y para la corriente arranque con carga un porcentaje de error de 19,23%.

### **Recomendaciones**

- Se recomienda realizar una investigación detallada sobre arranque de motores, para seleccionar los dispositivos eléctricos más adecuados para una operación eficiente y seguro, ya que esto puede asegurar la vida útil de los motores eléctricos.
- Antes de energizar el sistema se deberá verificar continuidad de los cables con el apoyo del multímetro y con los demás componentes establecidos del circuito de fuerza y control, ya seleccionados para la puesta en marcha con las diferentes cargas inductivas correspondiente a la práctica.

- Revisar los manuales de uso de cada equipo medidor de energía y ubicar los cables de tal manera que la recepción de datos y verificación de la conexión sean correctas de los mismos y evitar posibles daños a los equipos de medición.
- Finalmente se recomienda una mejora en el banco de pruebas, mediante la implementación de nuevos componentes para el arranque de motores eléctricos, como son arrancadores suaves, resistencias estatóricas y rotóricas y con autotransformador.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] A. S. Ayala Quintero, «Diseño y construcción de un banco de pruebas para circuitos eléctricos», Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, 2016.
- [2] Y. I. Guerrero Borda y C. A. Niño Zambrano, «Diseño y Construcción De Banco De Pruebas Eléctricas En Baja Tensión Para El Área De Asistencia Técnica y Calidad De FTC Energy Group S.A.S», Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá DC, 2019.
- [3] A. J. Rodríguez, «Diseño y construcción de un banco de pruebas para caracterización de motores eléctricos monofásicos», Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal de México, 2014.
- [4] A. Orza Couto, «La electricidad: Conceptos, Fenómenos y magnitudes eléctricas», CPI, Galicia, 2018.
- [5] F. Redondo Quintela, *Corriente Eléctrica*. Salamanca: Universidad de Salamanca.
- [6] H. D. Azogue Pilicita y J. F. Ramirez Alban, *Desarrollo de un sistema para el análisis de corrección del factor de potencia en una red trifásica con cargas desequilibradas*. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2022.
- [7] E. G. Muso Gancino y A. D. 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: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2019.
- [8] Potencia HP, «Corriente monofásica y trifásica». <https://www.youtube.com/watch?v=b3JVth7IVXs> (accedido 5 de julio de 2023).
- [9] J. Castillo y E. Marrufo, *CEO - Instalaciones eléctricas básicas GM*. Madrid: Mc Graw Hill, 2008.
- [10] T. Wildi, *Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia*. México: Pearson Educación, 2007.

- [11]M. Lahdo, T. Ströhla, y S. Kovalev, *Magnetically levitated planar positioning systems based on Lorentz forces*. Osaka, Japan: 2017 11th International Symposium on Linear Drives for Industry Applications (LDIA), 2017.
- [12]Educatina, «Modelo de la Máquina de Inducción», 2015. <https://www.youtube.com/watch?v=yS4eky8JGrE> (accedido 9 de mayo de 2023).
- [13]S.-H. Kim, *Electric Motor Control: DC, AC, and BLDC Motors*. Elsevier, 2017.
- [14]INEL, «Circuito equivalente de un motor de inducción», 2021. <https://inelinc.com/> (accedido 9 de junio de 2023).
- [15]R. Ceballos, «Formación para la industria 4.0», 2021. <https://automatismoidustrial.com/curso-carnet-instalador-baja-tension/a-instalaciones-de-enlace/a-2-corriente-alterna/0-1-19-conexiones-estrella-triangulo-de-cargas-trifasicas-equilibradas/> (accedido 10 de junio de 2023).
- [16]Coparoman, «Motores eléctricos trifásicos de 6 terminales», 20 de septiembre de 2014. <https://coparoman.blogspot.com/2014/09/motores-electricos-trifasicos-de-6.html> (accedido 10 de junio de 2023).
- [17] Departamento de ingeniería eléctrica, *Arranque de los motores de inducción*. Madrid: E.T.S.I.I.
- [18]R. Caputo, «Motores, conceptos básicos y métodos de arranque.», vol. 2, n.º 297, 2015.
- [19]V. J. Ramos Aguirre y L. G. Garcias Gonzalez, *Diseño e implementación de un tablero eléctrico de pruebas para la evaluación de parámetros eléctricos en arranque de motores monofásicos y trifásicos para procesos industriales*. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2022.
- [20]IEEE, *Estudios sobre el arranque de motores*. Brasil: Universidad de Sao Paulo.
- [21]M. Siemens, «Micromaster 420 Y 440». <https://siemensmexico.com.mx/productos/variadores-de-velocidad/micromaster-420-y-440.html> (accedido 10 de junio de 2023).
- [22]Siemens, «Micromaster 420». Accedido: 10 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://programacionsiemens.com/wp-content/uploads/2013/03/MM420\\_Pli\\_sp\\_0402.pdf](https://programacionsiemens.com/wp-content/uploads/2013/03/MM420_Pli_sp_0402.pdf)
- [23]Tecproject Ltda., «Tutorial VDF INVT GD10 - Control y Configuración». <https://tecproject.cl/project/vdf-invt-gd10-control-y-configuracion/> (accedido 10 de junio de 2023).
- [24]Lifelong Learning, «Controladores Industriales Inteligentes», DIEEC, Madrid, 2015.
- [25]SIEMENS, «Manual SENTRON PAC 3220», SIEMENS, California, 2008.

- [26]Engineer Ambitiously, «¿Qué es LabVIEW? Programación gráfica para pruebas y medidas». <https://www.ni.com/es-cr/shop/labview.html> (accedido 10 de julio de 2023).
- [27]Interempresas, «LabVIEW, el software de ingeniería de sistemas que requieren pruebas, medidas y control». <https://www.interempresas.net/Electronica/Articulos/262150-LabVIEW-el-software-de-ingenieria-de-sistemas-que-requieren-pruebas-medidas-y-control.html> (accedido 10 de junio de 2023).
- [28]ResearchGate, «OPC for communication between LabVIEW and PLC», *ResearchGate*. [https://www.researchgate.net/figure/OPC-for-communication-between-LabVIEW-and-PLC\\_fig2\\_353623827](https://www.researchgate.net/figure/OPC-for-communication-between-LabVIEW-and-PLC_fig2_353623827) (accedido 10 de junio de 2023).
- [29]Fluke, «Analizadores de calidad eléctrica y energía 434 / 435 de Fluke». <https://www.fluke.com/es-mx/producto/comprobacion-electrica/calidad-electrica/434-435> (accedido 10 de junio de 2023).
- [30]Electrick Bolek, «Pinza amperimétrica truper», *Electric Bolek*. <https://electricbolek.pe/product/pinza-amperimetrica-truper/> (accedido 11 de julio de 2023).

# **ANEXOS**



### INFORME ANTI PLAGIO PROYECTO DE TITULACIÓN

<b>Facultad:</b>	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
<b>Carrera:</b>	Ingeniería Electromecánica
<b>Nombre del docente evaluador que emite en informe:</b>	Ing.M.sc Jefferson Alberto Porras Reyes
<b>Documento evaluado:</b>	Propuesta Tecnológica presentada previa a la obtención del Título de Ingeniero Electromecánico.
<b>Autores del documento:</b>	Sr. Chilingua Chanaluisa Elber Dario Sr. Iza Iza Ghilson Ariel
<b>Programa de similitud según el programa utilizado:</b>	Sistema COMPILATIO
<b>Porcentaje de similitud según el programa utilizado:</b>	1%
<b>Observaciones:</b> Calificación de originalidad atendidos a los siguientes criterios: <ul style="list-style-type: none"><li>El documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones.</li></ul>	X
<b>Fecha de realización del informe</b>	

**Captura de pantalla del documento analizado**

**IIRL CERTIFICADO DE ANÁLISIS magister**

**TESIS\_ARRANQUE DE MOTORES TRIFASICOS**

1% Similitudes

1% Texto entre comillas  
1% Similitudes entre comillas  
< 1% Idioma no reconocido

Nombre del documento: TESIS\_ARRANQUE DE MOTORES TRIFASICOS (1).pdf  
ID del documento: bdcf1608b6a9c254a76eb179c5f49c35cebafa7  
Tamaño del documento original: 3,96 MB

Depositante: JEFFERSON ALBERTO PORRAS REYES  
Fecha de depósito: 15/5/2023  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 15/8/2023

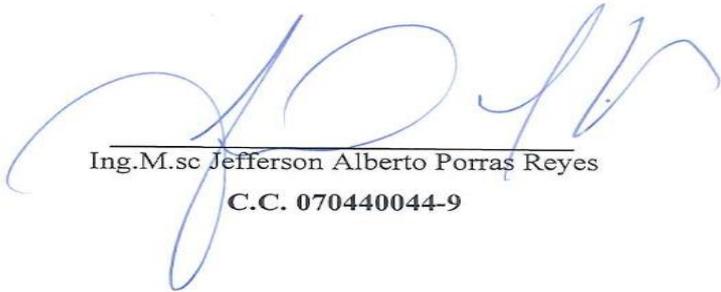
Número de palabras: 14.267  
Número de caracteres: 89.789

Ubicación de las similitudes en el documento:

Fuentes

Fuente principal detectada

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
----	---------------	-------------	-------------	-------------------

  
Ing.M.sc Jefferson Alberto Porras Reyes  
C.C. 070440044-9



CERTIFICADO DE ANÁLISIS  
magister

# TESIS\_ARRANQUE DE MOTORES TRIFASICOS

1%  
Similitudes

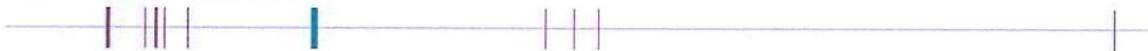
1% Texto entre comillas  
< 1% similitudes entre comillas  
< 1% Idioma no reconocido

Nombre del documento: TESIS\_ARRANQUE DE MOTORES TRIFASICOS (1).pdf  
ID del documento: bdcf1608b6a09c254a76eb179c5f49c35cebafa7  
Tamaño del documento original: 3,96 MB

Depositante: JEFFERSON ALBERTO PORRAS REYES  
Fecha de depósito: 15/8/2023  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 15/8/2023

Número de palabras: 14.267  
Número de caracteres: 89.789

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes

### Fuente principal detectada

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://vcalderonv.blogspot.com/">vcalderonv.blogspot.com</a>   Ingeniería Electrónica - Victor Calderón: Manejo de los ... <a href="https://vcalderonv.blogspot.com/2011/06/manejo-de-los-temporizadores-on-delay-y.html">https://vcalderonv.blogspot.com/2011/06/manejo-de-los-temporizadores-on-delay-y.html</a> 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (68 palabras)

### Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://llamados.ancap.com.uy/">llamados.ancap.com.uy</a> <a href="https://llamados.ancap.com.uy/docs_concursos/archivos/2/llamados_finalizados/2018/18-2018_-_">https://llamados.ancap.com.uy/docs_concursos/archivos/2/llamados_finalizados/2018/18-2018_-_</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (37 palabras)
2	<a href="#">para plagio.docx</a>   para plagio #63609 El documento proviene de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (13 palabras)
3	<a href="http://repositorio.uan.edu.co/">repositorio.uan.edu.co</a> <a href="http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/6738/4/2022DiegoAndrésLópezRivera.pdf">http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/6738/4/2022DiegoAndrésLópezRivera.pdf</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)
4	<a href="http://repositorio.espe.edu.ec/">repositorio.espe.edu.ec</a>   Implementación de un banco de pruebas para motores t... <a href="http://repositorio.espe.edu.ec/8080/bitstream/21000/30587/4/M-ESPEL-EMT-0134.pdf.pdf">http://repositorio.espe.edu.ec/8080/bitstream/21000/30587/4/M-ESPEL-EMT-0134.pdf.pdf</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (12 palabras)
5	<a href="https://www.electricaplicada.com/">www.electricaplicada.com</a>   Cálculos de protecciones para motores según NEC <a href="https://www.electricaplicada.com/calculos-conductores-proteccion-motores-nc/">https://www.electricaplicada.com/calculos-conductores-proteccion-motores-nc/</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)

Ing.M.sc Jefferson Alberto Porras Reyes

C.C. 070440044-9



ANEXO I

ARRANQUE DIRECTO AL VACÍO

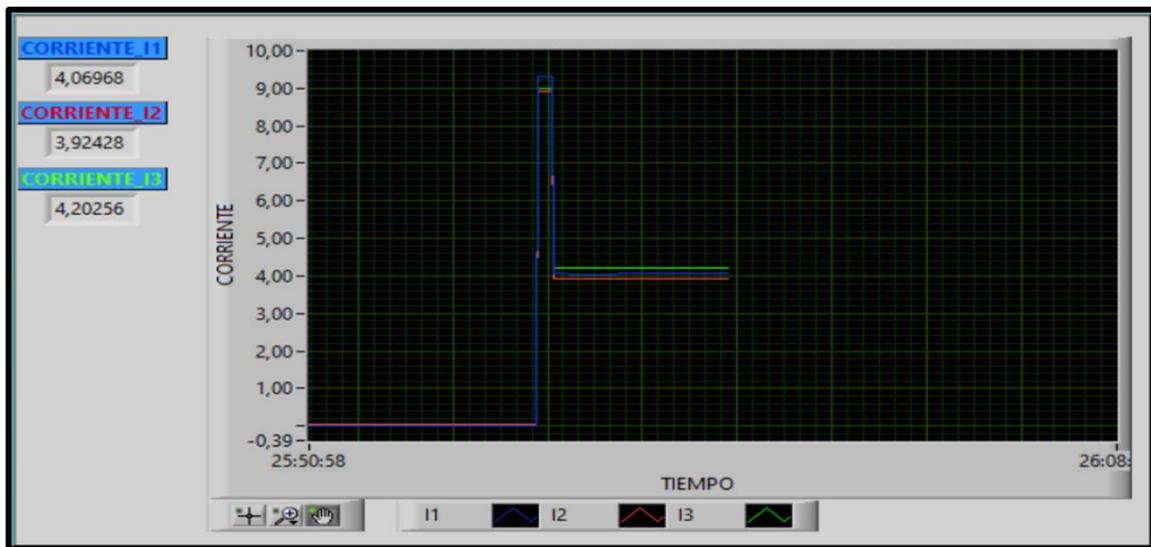


Figura I.1. Arranque directo al vacío motor de 2 Hp

ARRANQUE DIRECTO CON CARGA



Figura I.2. Arranque directo con carga motor de 2 Hp

## ARRANQUE CON VARIADOR DE FRECUENCIA

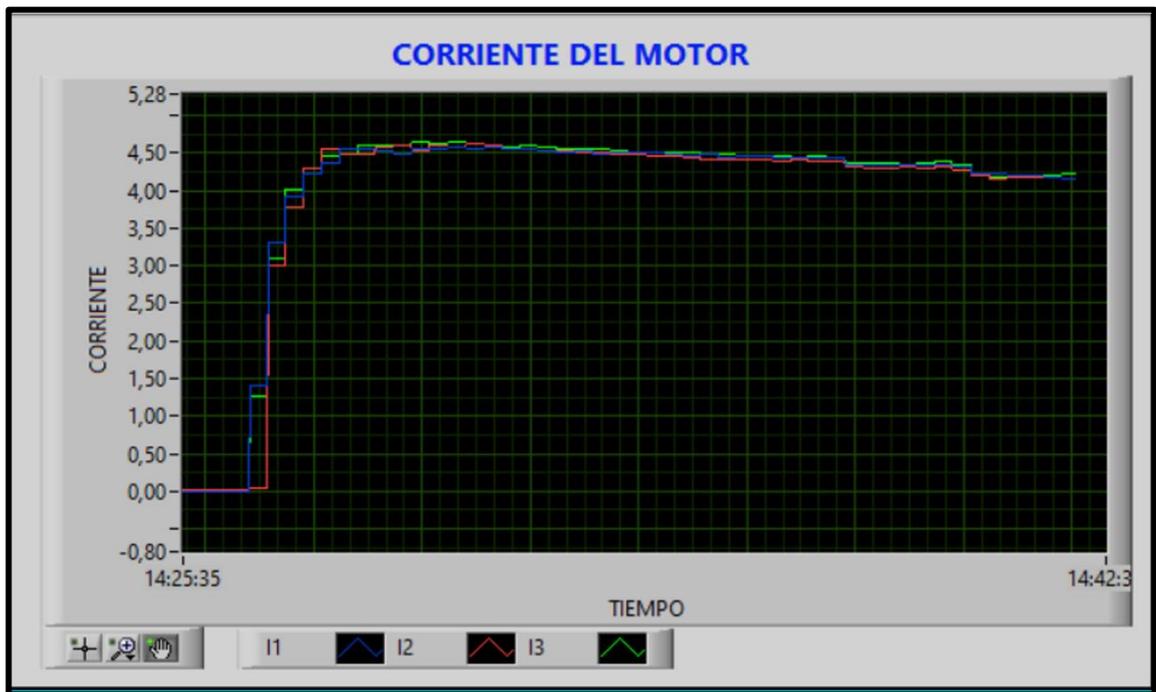


Figura I.3. Arranque con variador de frecuencia motor de 2 Hp

## ARRANQUE ESTRELLA-DELTA

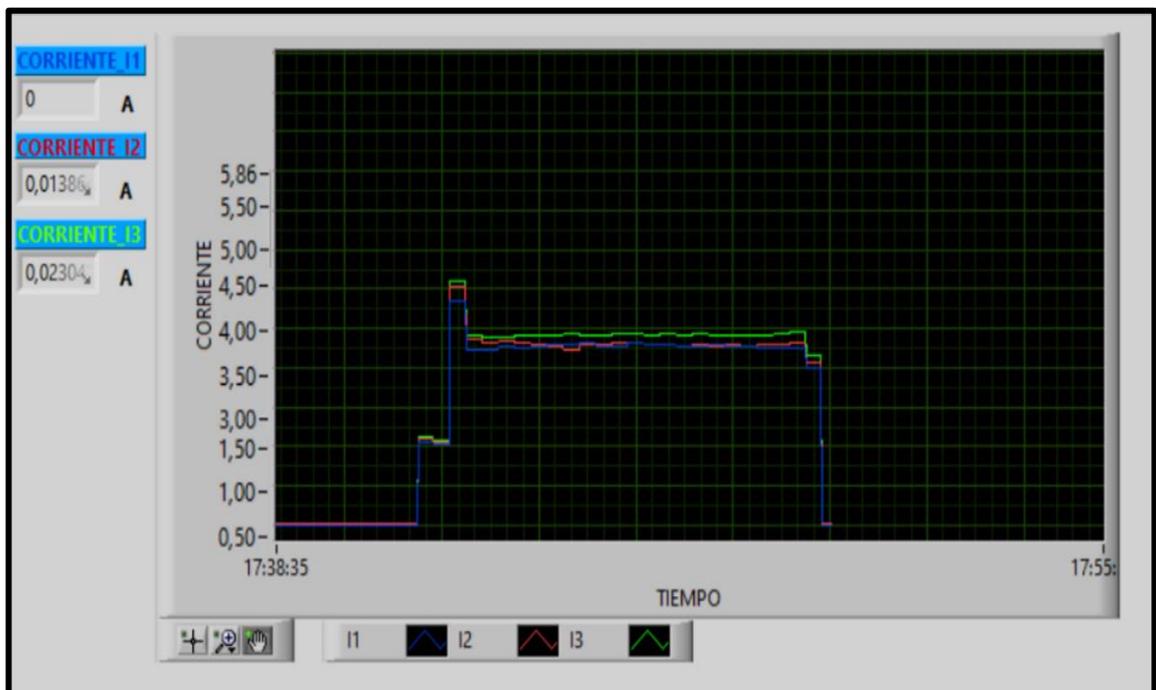


Figura I.4. Arranque con variador de frecuencia motor de 2 Hp

### MOTOR SIEMENS 1LA7 070-4YA60 DE 0,5 HP

Se representan cada una de las gráficas obtenidas en los diversos métodos de arranque aplicado.

#### Arranque directo al vacío

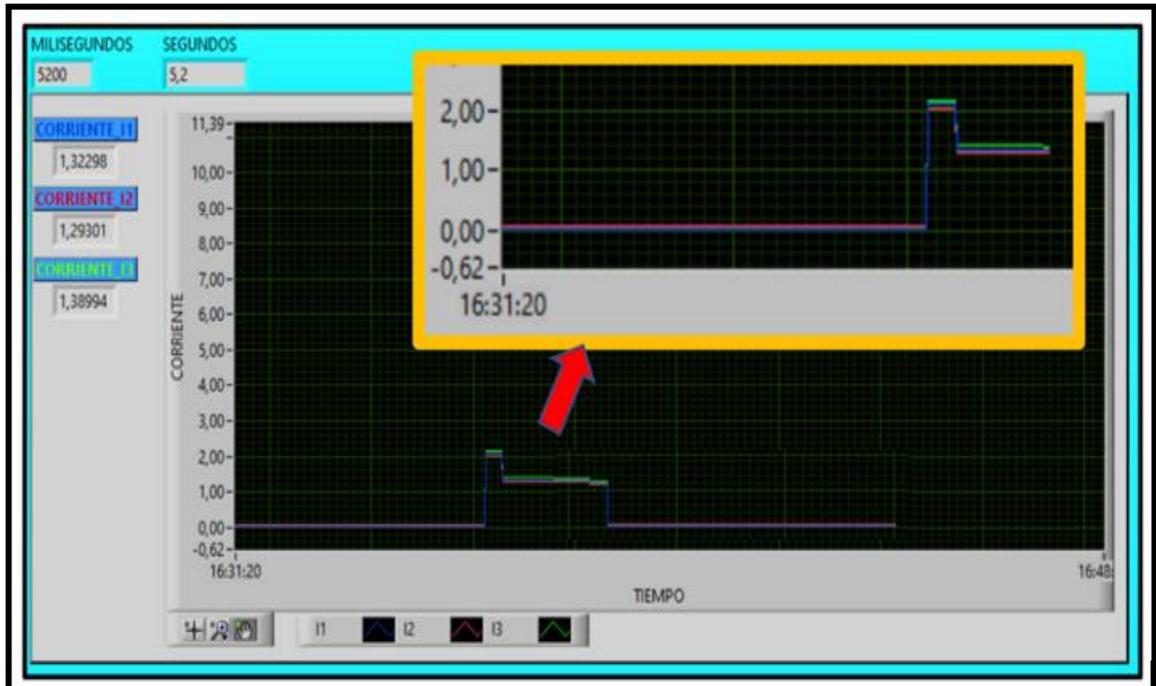


Figura I.5. Arranque con directo al vacío motor de 0,5 Hp

#### Arranque directo con carga

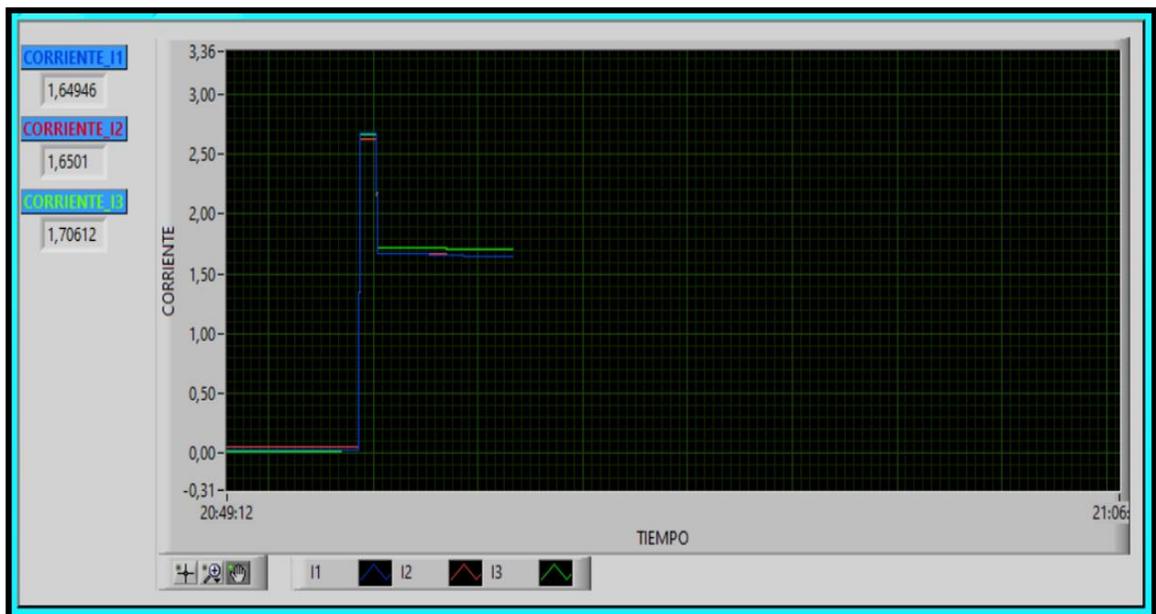


Figura I.5. Arranque con directo al vacío motor de 0,5 Hp

## Arranque con variador de frecuencia

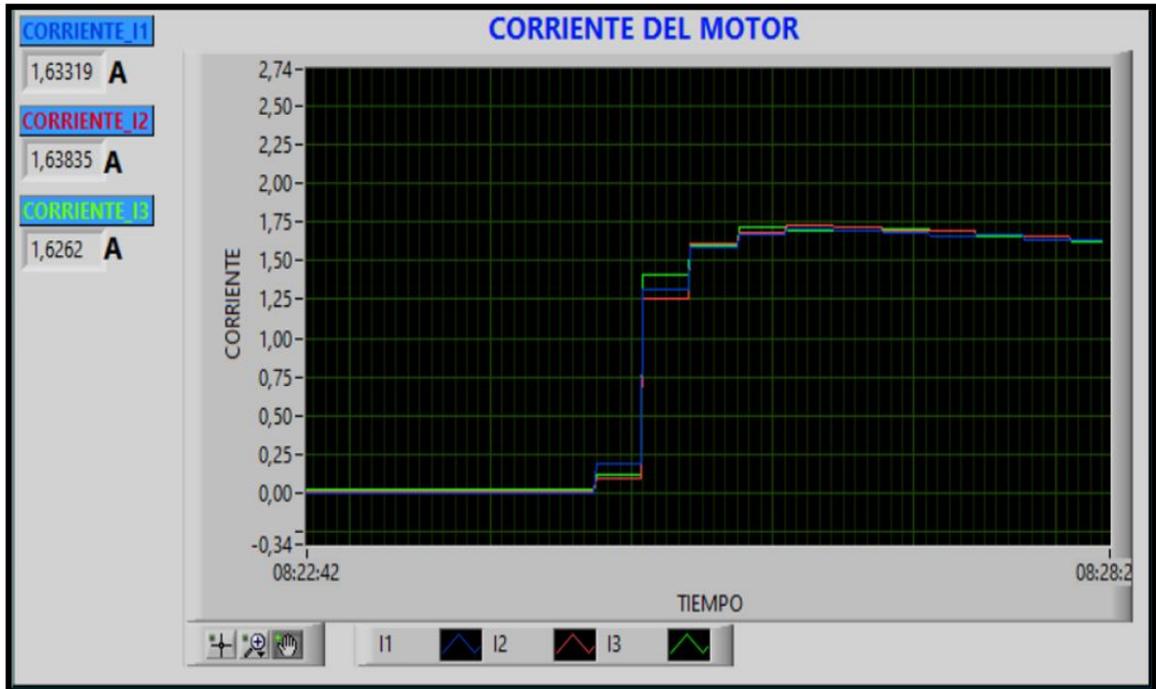
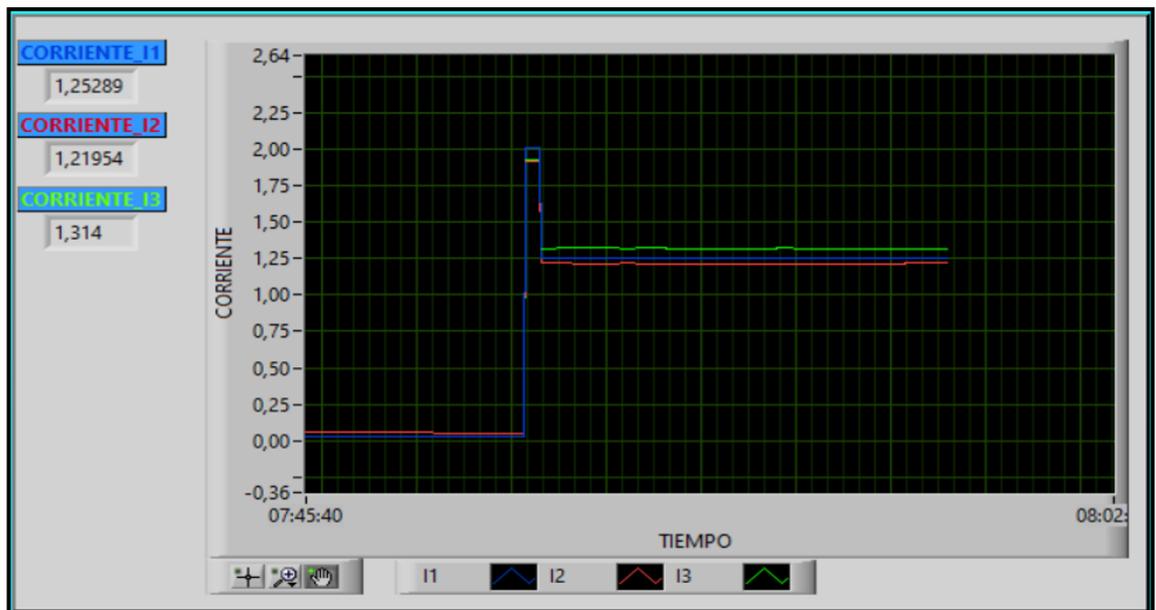


Figura I.6. Arranque con variador de frecuencia motor de 0,5 Hp

## MOTOR SIEMENS 1LA7 073-4YA60 DE 0,75 HP

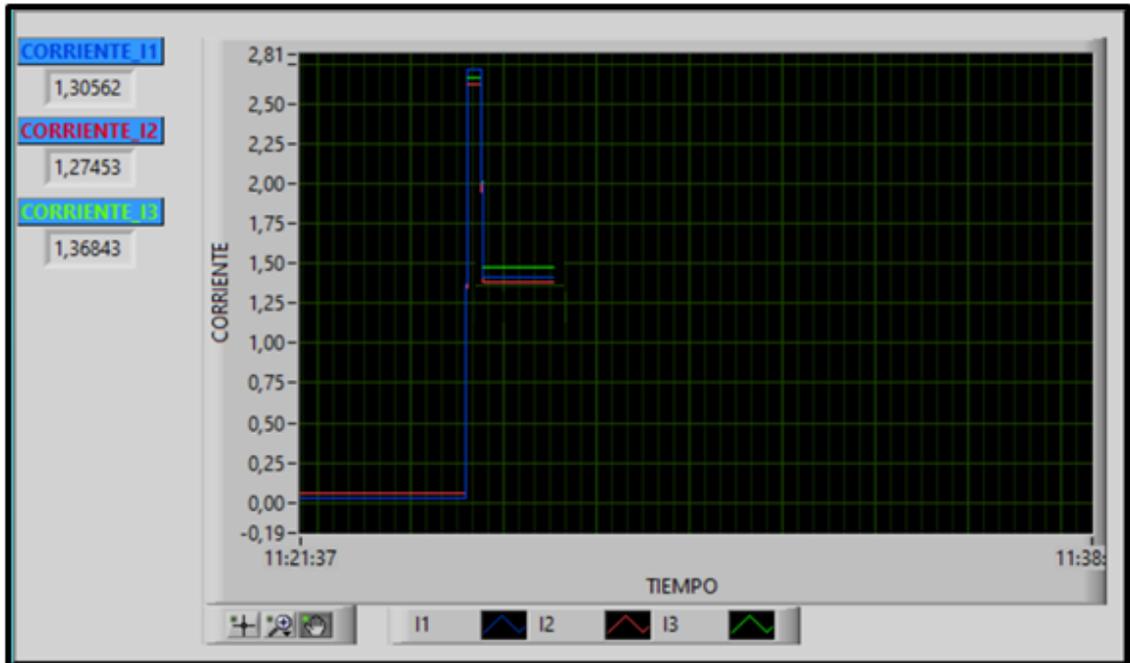
Se representan cada una de las gráficas obtenidas en los diversos métodos de arranque aplicado.

## Arranque directo al vacío



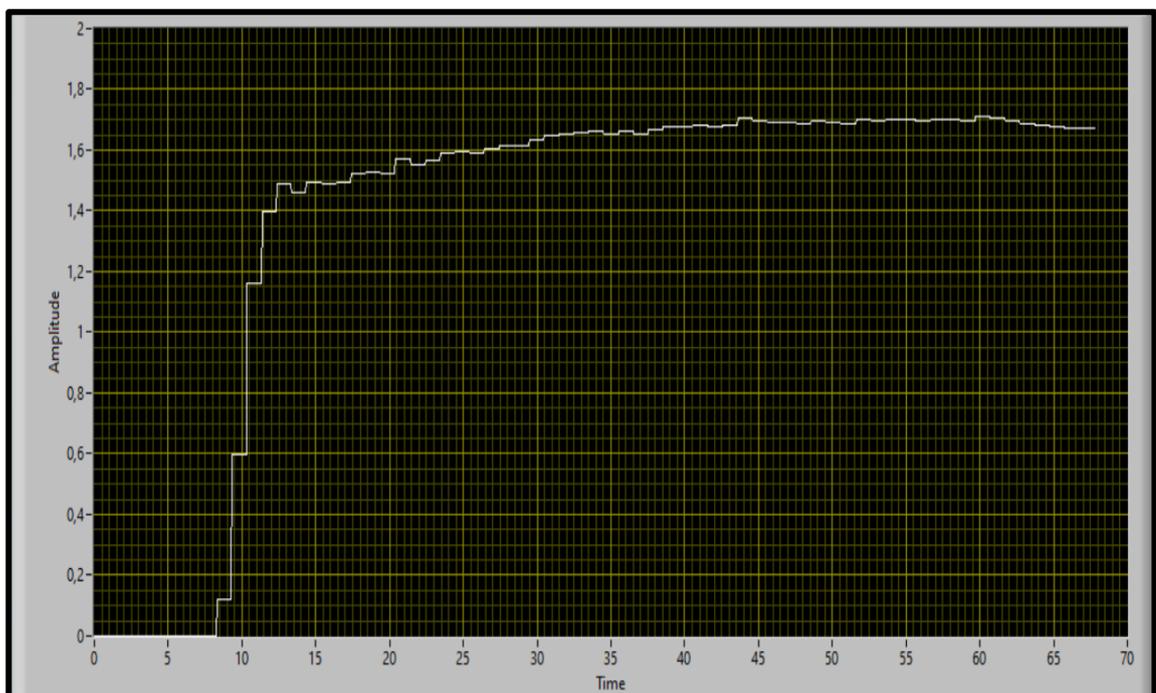
**Figura I.7.** Arranque directo al vacío motor de 0,75 Hp

**Arranque directo con carga**



**Figura I.8.** Arranque directo con carga motor de 0,75 Hp

**Arranque con variador de frecuencia**



**Figura I.9.** Arranque con variador de frecuencia motor de 0,75 Hp

### Arranque estrella-delta

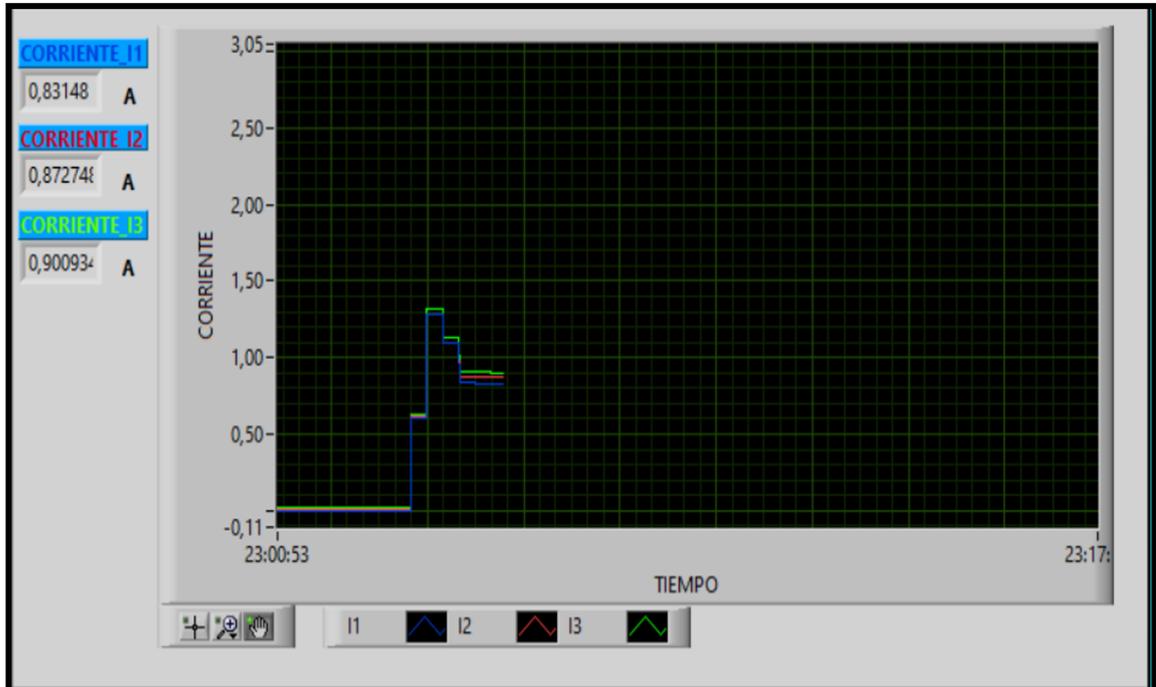


Figura I.9. Arranque estrella-delta motor de 0,75 Hp

### MOTOR VARELLY MS-80M2-4 DE 1 HP

### Arranque directo al vacío

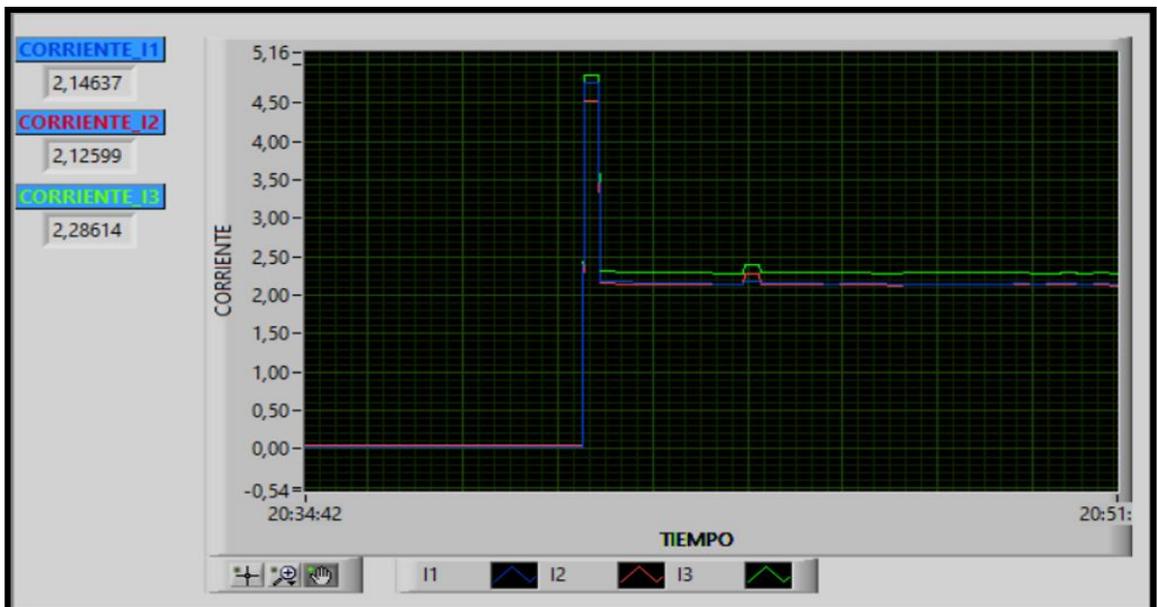


Figura I.10. Arranque directo motor de 1 Hp

### Arranque directo con carga

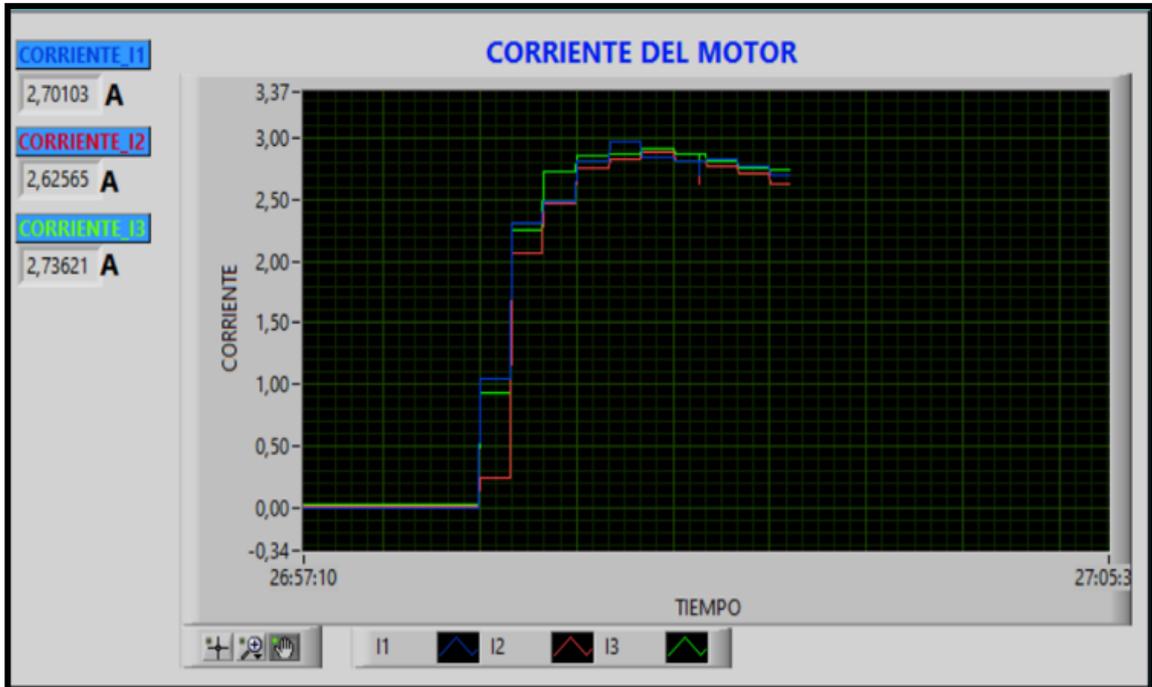


Figura I.11. Arranque con variador de frecuencia motor de 1 Hp

### Arranque estrella-delta

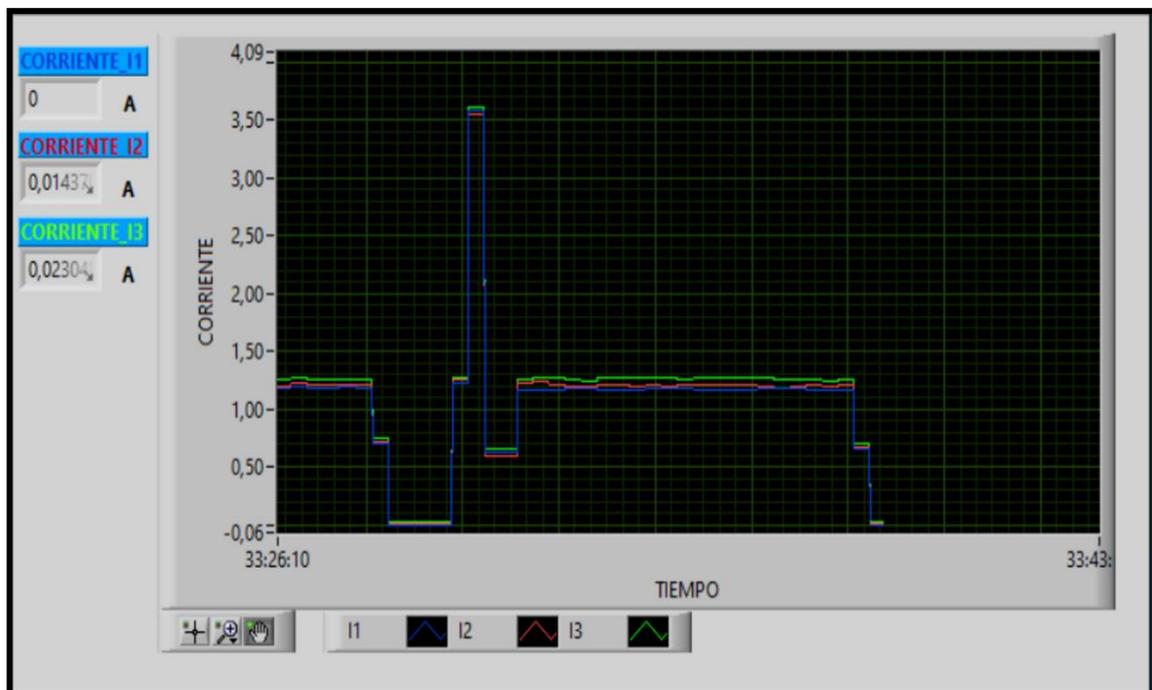


Figura I.12. Arranque estrella-delta motor de 1 Hp



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



**ANEXO II**

Norma NEC, Capítulo 4. Artículo 430.- Motores, circuitos de motores y controladores: Tabla de los valores de corriente en plena carga para motores trifásicos.

**Tabla 430.250.** Corriente de plena carga de motores trifásicos de corriente alterna.

Los siguientes valores de corrientes de plena carga son típicos para motores que funcionan a las velocidades usuales de motores con bandas y motores con características normales de par. Las tensiones enumeradas son las nominales de los motores. Las corrientes enumeradas se permitirán para sistemas con intervalos de tensión de 110 a 120 voltios, 220 a 240 voltios, 440 a 480 voltios y 550 a 600 voltios.

Caballos de fuerza	Tipo de inducción de jaula de ardilla y de rotor devanado (amperios)							Tipo sincrónico de factor de potencia unitario* (amperios)			
	115 voltios	200 voltios	208 voltios	230 voltios	460 voltios	575 voltios	2300 voltios	230 voltios	460 voltios	575 voltios	2300 voltios
1/2	4.4	2.5	2.2	1.1	0.9	--	--	--	--	--	--
3/4	6.4	3.7	3.2	1.6	1.3	--	--	--	--	--	--
1	8.4	4.8	4.2	2.1	1.7	--	--	--	--	--	--
1½	12	6.9	6	3	2.4	--	--	--	--	--	--
2	13.6	7.8	6.8	3.4	2.7	--	--	--	--	--	--
3	--	11	10.6	9.6	4.8	3.9	--	--	--	--	--
5	--	17.5	16.7	15.2	7.6	6.1	--	--	--	--	--
7½	--	25.3	24.2	22	11	9	--	--	--	--	--
10	--	32.3	30.8	28	14	11	--	--	--	--	--
15	--	48.3	46.2	42	21	17	--	--	--	--	--
20	--	62.1	59.4	54	27	22	--	--	--	--	--
25	--	78.2	74.8	68	34	27	--	53	26	21	--

**Figura II.1.** Tabla 430 - 250 de selección de valores de corriente para motores a plena carga.



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas Carrera de Ingeniería Electromecánica



## ANEXO III

Norma NEC, Capítulo 2. Artículo 210.- Circuitos ramales: Conductores: Ampacidad mínima y Calibre mínimo.

### 210.19 Conductores: Ampacidad mínima y calibre mínimo.

(A) Circuitos ramales de no más de 600 voltios.

(1) Generalidades. Los conductores de los circuitos ramales deben tener una ampacidad no inferior a la carga máxima que van a alimentar. Cuando un circuito ramal alimente cargas continuas o cualquier combinación de cargas continuas y no continuas, el calibre mínimo del conductor del circuito ramal, antes de la aplicación de cualquier factor de corrección o ajuste, debe tener una ampacidad permisible no inferior a la carga no continua más el 125% de la carga continua.

Figura III.1 Art. 210.19. Conductores: Ampacidad mínima y calibre mínima.



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas Carrera de Ingeniería Electromecánica



## ANEXO IV

Norma NEC, Capítulo 3. Artículo 310.- Conductores para alambrado en general: Tabla de los valores de corriente en plena carga para motores trifásicos.

Tabla 310.16. Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 voltios y 60° C a 90° C (140° F a 194° F). No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o tierra (enterrados directamente), basadas en una temperatura ambiente de 30° C (86° F).

Calibre AWG o kcmil	Temperatura nominal del conductor [Véase la Tabla 310.13(A)]						Calibre AWG o kcmil
	60° C (140° F)	75° C (167° F)	90° C (194° F)	60° C (140° F)	75° C (167° F)	90° C (194° F)	
	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THWN-2, USE-2, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHHW, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THWN-2, USE-2, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
	COBRE			ALUMINIO o ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			
18	--	--	14	--	--	--	--
16	--	--	18	--	--	--	--
14*	20	20	25	--	--	--	--
12*	25	25	30	20	20	25	12*
10*	30	35	40	25	30	35	10*
8	40	50	55	30	40	45	8
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	110	65	75	85	3

Figura IV.1. Selección del Conductor para sistema de fuerza.



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



**ANEXO V**

Norma NEC, Capítulo 4. Artículo 430.- Motores, circuitos de motores y controladores. Tabla de Valor nominal o ajustes máximos de los elementos de protección contra cortocircuito.

**Tabla 430.52.** Valor nominal o ajuste máximos de los dispositivos de protección contra cortocircuito y falla a tierra para circuitos ramales de motores.

Tipo de motor	En porcentaje de la corriente de plena carga			
	Fusible sin retardo de tiempo (1)	Fusible de elemento dual (1) (de acción retardada)	Interruptor automático de disparo instantáneo	Interruptor automático de tiempo inverso (2)
Motores monofásicos	300	175	800	250
Motores polifásicos de c.a. distintos a los de rotor devanado	300	175	800	250
De jaula de ardilla: diferentes de los de diseño B energéticamente eficientes	300	175	800	250
De diseño B energéticamente eficientes	300	175	1100	250
Síncronos <sup>3</sup>	300	175	800	250
Con rotor devanado	150	150	800	150
De corriente continua (tensión constante)	150	150	250	150

**Figura V.1.** Selección de valor nominal o ajustes máximos de protecciones contra cortocircuito.



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



**ANEXO VI**

Norma NEC, Capítulo 2. Artículo 240.- Protección contra sobre corriente.

**240.6 Valores en amperios nominales normalizados.**

(A) Fusibles e interruptores automáticos de disparo fijo. Los valores en amperios nominales normalizados de los fusibles e interruptores automáticos de circuito de tiempo inverso, son: **15, 20**, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200, 1600, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000 y 6000 amperios. Los valores en amperios nominales normalizadas adicionales para fusibles deben ser de 1, 3, 6, 10 y 601. Se permitirá el uso de fusibles e interruptores automáticos de tiempo inverso con valores nominales en amperios no normalizadas.

**Figura VI.1** Protecciones contra sobre corriente – Fusibles e interruptores automáticos de disparo fijo.



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



**ANEXO VII**

Norma NEC, Capítulo 4. Artículo 430.- Motores, circuitos de motores y controladores.

**430.32 Motores de servicio continuo.**

(2) Protector térmico. Un protector térmico integrado con el motor, aprobado para su uso con el motor que protege, con el fin de evitar el sobrecalentamiento peligroso del motor debido a la sobrecarga y a las fallas al arrancar. La corriente máxima de disparo en un motor protegido térmicamente no debe superar los siguientes porcentajes de la corriente de plena carga del motor, presentados en las Tablas 430.248, 430.249 y 430.250:

Corriente de plena carga del motor de 9 amperios o menos: 170%

Corriente de plena carga del motor entre 9.1 y 20 amperios inclusive: 156%

Corriente de plena carga del motor mayor a 20 amperios: 140%

**Figura VII.1** Motores de servicio Continuo- Protector Térmico



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



**ANEXO VIII**

Norma NEC, Capítulo 4. Artículo 430.- Motores, circuitos de motores y controladores.  
Controlador de Motores.

**430.83 Valores nominales.** El controlador debe tener un valor nominal tal como se especifica en 430.83 (A), a menos que se permita algo diferente en 430.83 (B) o (C) o como se especifica en (D), bajo las condiciones especificadas.

(A) Generalidades.

(1) Valores nominales en caballos de fuerza. Los controladores, diferentes de los interruptores automáticos de tiempo inverso y de los interruptores de caja moldeada, deben tener valores nominales de potencia a la tensión de la aplicación, no inferiores al valor de potencia nominal del motor.

(2) Interruptor automático. Se permitirá como controlador para todos los motores un interruptor automático de tiempo inverso del circuito ramal, clasificado en amperios. Cuando este interruptor automático se usa también para protección contra sobrecarga, debe cumplir con las disposiciones correspondientes de este artículo concernientes a la protección contra sobrecarga.

(3) Interruptor de caja moldeada. Se permitirá un interruptor de caja moldeada clasificado en amperios como controlador para todos los tipos de motores.

**Figura VIII.1** Controladores de Motores - Valores Nominales.

**ANEXO IX**

Selección de componentes del sistema

**- DATASHEET SIEMENS PLC S7 – 1200 1214C AC/DC/RELES.**

## SIEMENS

**Hoja de datos**

**6ES7214-1BG40-0XB0**

SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU COMPACTA, AC/DC/RELES, E/S INTEGRADAS: 14 DI 24VDC; 10 DO RELES 2A; 2 AI 0 - 10V DC, ALIMENTACION: AC 85 - 264 V AC BEI 47 -63 HZ, MEMORIA DE PROGRAMA/DATOS 75 KB



Display	
Con display	No
Tensión de alimentación	
Valor nominal (AC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 120 V AC <span style="float: right;">Sí</span></li> <li>• 230 V AC <span style="float: right;">Sí</span></li> </ul>
Rango admisible, límite inferior (AC)	85 V
Rango admisible, límite superior (AC)	264 V
Frecuencia de red	
• Rango admisible de frecuencia, límite inferior	47 Hz
• Rango admisible de frecuencia, límite superior	63 Hz
Intensidad de entrada	
Consumo (valor nominal)	100 mA con 120 V AC; 50 mA con 240 V AC
Intensidad de cierre, máx.	20 A; con 264 V
Alimentación de sensores	
Alimentación de sensores 24 V	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 24 V <span style="float: right;">Rango permitido: 20,4 a 28,8 V</span></li> </ul>
Intensidad de salida	
Intensidad en bus de fondo (5 V DC), máx.	1 600 mA; máx. 5 V DC para SM y CM
Pérdidas	
Pérdidas, tip.	14 W
Memoria	
Tipo de memoria	EEPROM

6ES7214-1BG40-0XB0

Página 1/7

06.02.2015

Sujeto a cambios

© Copyright Siemens AG

**Figura IX.1. Plc S7-1200**

- DATASHEET MEDIDOR DE ENERGIA SIEMENS SENTRON PAC3200.

# SIEMENS

Data sheet

7KM2112-0BA00-3AA0



SETRON PAC3200; LCD; 96X96MM POWER MONITORING DEVICE PANEL MOUNT TYPE FOR MEASUREMENT OF ELECTR. VALUES VAUX: 110-340VDC / 95-240VAC VIN: MAX.690/400V; 45-65HZ AMPIN: X/1A OR X/5A AC COMPRESSION TYPE TERMINALS

Model		
product brand name		SETRON
Product designation		multimeter
Design of the product		basic
Product type designation		PAC3200
Type of measured value detection		complete
Design of the power supply		Wide-range power supply
General technical data		
Cutout width	mm	92
Cutout height	mm	92
Size of Power Monitoring Device / company-specific		size 96
Operating mode for measured value detection		
• automatic line frequency detection		Yes
• set at 50 Hz		No
• set to 60 Hz		No
Pulse duration		
• initial value	ms	30
• Full-scale value	ms	500

Figura IX.2. Sentron Pac 3220

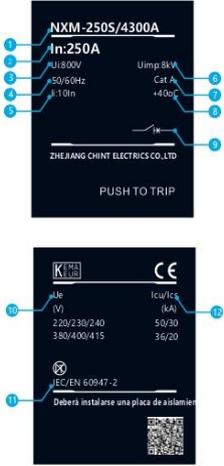
## - DATASHEET PROTECCIONES ELECTRICAS.

### CHINT (3P) NXM - 125S/3050 C50 (IEC/EN60947-2)



NXM-250S/4300A

NXMS-250H/3300



Placa identificativa del interruptor termomagnético automático modular NXM

### Interruptor automático modular de la serie NXM

#### Interruptor

El interruptor automático modular ofrecerá protección para el circuito y el equipo en caso de sobrecarga, cortocircuito o si se produce una subtensión en el circuito de distribución eléctrica. Además, puede ofrecer también protección contra sobrecargas, cortocircuitos y subtensiones para arranques de motor poco frecuentes.

- Calibre del interruptor:  
Interruptor automático modular de la serie NXM: 63A, 125A, 160A, 250A, 400A, 630A, 800A, 1000A, 1250A, 1600A  
Interruptor electrónico de la serie NXMS: 160A, 250A, 400A, 630A, 1000A, 1250A, 1600A
- Tensión nominal de funcionamiento:  $U_e$ : 220V/230V/240V, 380V/400V/415V, 500V, 690V
- Código de poder de corte: E, S, F, H
- Número de polos: 2P, 3P, 4P
- Tipo de desconexión: tipo fijo termomagnético; tipo fijo magnético; tipo electrónico.
- Sistema de instalación: tipo fijo; tipo enchufable

#### Interpretación de la placa identificativa

- Tipo de producto: Calibre del interruptor; poder de corte; número de polos
- In: Corriente nominal de funcionamiento
- $U_i$ : Tensión nominal de aislamiento
- Frecuencia de CA
- li: 10In Múltiplo de corriente de régimen transitorio
- $U_{imp}$ : Tensión nominal soportada al impulso
- Cat A: Categoría de uso del interruptor
- +40°C: Temperatura ambiente
- Símbolo eléctrico para el interruptor con función de aislamiento
- $U_e$ : Tensión nominal de funcionamiento
- Este producto cumple con la normativa IEC/EN 60947.2
- $I_{cu}/I_{cs}$ : Poder de corte último en cortocircuito / Poder de corte de funcionamiento en cortocircuito

**Figura IX.3.** Interruptor automático



## Interruptores automáticos NXB-63

### 1. Estándares con los que cumple

IEC60898-1

### 2. Certificados con los que cumple

CE

### 3. Función principal

Protección contra sobrecargas, protección contra cortocircuitos y aislamiento positivo.

### 4. Parámetros técnicos

Corriente nominal: 10A, 16A, 20A, 25A, 32A, 40A.

Tensión nominal: 220V~/230V~/240V ~ (1P), 380V~/400V~/415V ~ (2 ~ 4P);

Frecuencia: 50Hz;

Tipo de disparo electromagnético: C ;

Número de polos: 1P, 2P, 3P, 4P;

Vida mecánica: 10000 ciclos;

Vida eléctrica: 4000 ciclos;

Poder nominal de corte en cortocircuito(I<sub>cn</sub>): 6000A;

Poder de corte en cortocircuito (I<sub>cs</sub>): 6000A;

Tensión nominal soportada al impulso (U<sub>imp</sub>): 4kV;

Consumo eléctrico en cada uno de los polos del interruptor: véase Tabla 1.

Tabla 1

Corriente nominal I <sub>n</sub> (A)	Consumo máximo por polo (W)
16	3.5
20~25	4.5
32	6
40	7.5

### 5. Dimensiones y tamaños de instalación

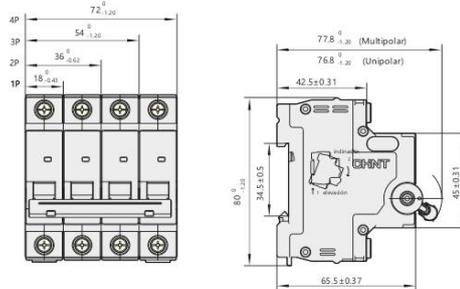


Figura IX.3. Interruptor monofásico

## RELKOM (2P-3P) LWBX-63-C10 IEC/EN60898-1.



### FEATURES:

1. The handle of MCB is being sealable or equipped with padlock bracket avoids dangerous operation changes (ON/OFF).
2. The handle provides a clear indication of the contact position
3. Adequate printing of all data on the front provides long-term identification
4. Energy limiting class of circuit breaker switch: 3
5. The emission of ionized gases is limited to the severest restrictions: 45 mm grid distance.
6. This MCB for household in accordance with IEC60898 - B,C and D tripping characteristics.
7. This MCB for industry in accordance with IEC60947-2 instantaneous tripping characteristics with release B: 4In, release C: 8In, release D: 12In
8. This MCB may be extended with:
  - A wide range of RCDs
  - Full sets of additional components
  - Full sets of accessories

### Functions:

- Overload protection
- Short circuit protection
- Isolation
- Controlling

Used in residential building, non-residential building, industry, energy infrastructure

### Technical specifications

**Standard:** IEC60898-1, IEC60947-2

**Approvals:** CE

**Rated current In(A):** 6,10,16,20,25,32,40,50,63

**Rated voltage Un:** AC 230/400V DC 250V/500V

→ LWBX -63

Figura IX.4. Interruptor relkom monofásico

## DATASHEET PROTECCIONES TÉRMICAS.

### RELÉ TÉRMICO CHINT NXR-25(2,5-4A/4-6A/7-10A) IEC/EN60947-4-1.

#### NXR thermal overload relay



#### Overview

##### Applicable scope

NXR thermal overload relays (hereinafter abbreviated as thermal relays) are suitable for overload and phase loss protection for uninterrupted or intermittent AC motors with AC frequency of 50 Hz/60 Hz, a voltage up to 690 V, and a current of (0.1-630)A.

The thermal relays also provide temperature compensation, action indication, automatic and manual reset, stop, and testing functions. The products are characterized by stable and reliable performance. The thermal relays can be plugged into contactors or installed independently.

Compliant standards: IEC/EN 60947-4-1, IEC/EN 60947-5-1.

##### Structural characteristics

- Three-phase bi-metal sheet type or electronic type (NXR-200, NXR-630), with a tripping level of 10A
- With phase loss protection
- With a device for continuous adjustment of setting current
- With temperature compensation
- With action indication
- With testing mechanism
- With stop bottom
- With manual and automatic reset button (NXR-200 and NXR-630 only have manual reset)
- With one NO contact and one NC contact that are electrically separable
- Installation method: Plugged into contactor (NXR-12, 25, 38, 100) or installed independently (NXR-200, 630)
- Protection characteristics

##### Operation environment

Type	Operation and installation conditions
Installation type	III
Pollution degree	3
Compliant standards	IEC/EN 60947-4-1, IEC/EN 60947-5-1
Certification mark	CE
Enclosure protection degree	IP20 (NXR-12, 25, 38, 100)
Ambient temperature	Operation temperature limits: -35°C~+70°C. Normal operation temperature range: -5°C~+40°C. The 24-hour average temperature should not exceed +35°C. For use beyond the normal operation temperature range, see "Instructions for use in abnormal conditions" in the annex.
Altitude	Not exceeding 2000m above sea level
Atmospheric conditions	The relative humidity should not exceed 50% at the upper temperature limit of +70°C. A higher relative humidity is allowed at a lower temperature, e.g. 90% at +20°C. Special precautions should be taken against occasional condensation due to humidity variations.
Installation conditions	The angle between the installation surface and the vertical surface should not exceed ±5°.
Shock and vibration	The product should be installed in places without significant shaking, shock, and vibration.

Figura IX.5. Relé térmico Chint

## NXR thermal overload relay

Quick selection and matching table

Product appearance	Rated current A	Specification of matching fuse (RT16 recommended) A	Model of matching contactor
		gG	
 NXR-12	0.1-0.16	2	 NXC-06M, 09M, 12M
	0.16-0.25	2	
	0.25-0.4	2	
	0.4-0.63	2	
	0.63-1	4	
	1-1.6	4	
	1.25-2	6	
	1.6-2.5	6	
	2.5-4	10	
	4-6	16	
	5.5-8	20	
	7-10	20	
9-12	25		
 NXR-25	0.1-0.16	2	 NXC-06, 09, 12, 16, 18, 22, 25, 32, 38
	0.16-0.25	2	
	0.25-0.4	2	
	0.4-0.63	2	
	0.63-1	4	
	1-1.6	4	
	1.25-2	6	
	1.6-2.5	6	
	2.5-4	10	
	4-6	16	
	5.5-8	20	
	7-10	20	
	9-13	25	
12-18	35		
17-25	50		
 NXR-38	23-32	63	 NXC-25, 32, 38
	30-38	80	
 NXR-100	23-32	63	 NXC-40, 50, 65, 75, 85, 100
	30-40	100	
	37-50	100	
	48-65	100	
	55-70	125	
	63-80	125	
	80-93	160	
	80-100	160	
 NXR-200	80-160	315	 NXC-120, 160, 185, 225
	125-200	315	
 NXR-630	125-250	800	 NXC-225, 265, 330, 400, 500, 630
	200-400	800	
	315-630	800	

Figura IX.6. Relé térmico Chint

- **DATASHEET CONTACTORES.**  
CONTACTORES CHINT NXC-C06/C09/C12 IEC/EN60947-4-1.

## NXC AC contactor



### Overview

#### Applicable scope

The new NXC AC contactors feature a novel appearance and a compact structure. They are mainly used for frequent starts and control of AC motors as well as remote circuit making /breaking. They can also be combined with appropriate thermal overload relays to form electromagnetic starters.

Compliant standards: IEC/EN 60947-1, IEC/EN 60947-4-1, IEC/EN 60947-5-1.

#### Parameters

- Rated operation current Ie: 6A~630A
- Rated operation voltage Ue: 220V~690V
- Rated insulation voltage: 690V (NXC-06M~100), 1000V (NXC-120~630)
- Number of poles: 3P and 4P (only for NXC-06M~16M)
- Coil control method: AC (NXC-06(M)~225), DC (NXC-06M~16M), AC/DC (NXC-265~630)
- Installation method: NXC-06M~100 rail and screw installation, NXC-120~630 screw installation

#### Operation and installation conditions

Type	Operation and installation conditions
Installation class	III
Pollution degree	3
Compliant standards	IEC/EN 60947-1, IEC/EN 60947-4-1, IEC/EN 60947-5-1
Certification mark	CE
Enclosure protection degree	NXC-06M~38: IP20; NXC-40~100: IP10; NXC-120~630: IP00
Ambient temperature	Operation temperature limits: -35°C ~ +70°C. Normal operation temperature range: -5°C ~ +40°C. The 24-hour average temperature should not exceed +35°C. For use beyond the normal operation temperature range, see "Instructions for use in abnormal conditions" in the annex.
Altitude	Not exceeding 2000 m above sea level
Atmospheric conditions	The relative humidity should not exceed 50% at the upper temperature limit of +70°C. A higher relative humidity is allowed at a lower temperature, e.g. 90% at +20°C. Special precautions should be taken against occasional condensation due to humidity variations.
Installation conditions	The angle between the installation surface and the vertical surface should not exceed ±5°.
Shock and vibration	The product should be installed in places without significant shaking, shock, and vibration.

01 >> Empower the World

**Figura IX.7.** Contactor Chint

## NXC AC contactor

### Parameters

#### Main circuit parameters and technical performance

Contactor model	NXC-06M	NXC-09M	NXC-12M	NXC-16M	NXC-06	NXC-09	NXC-12	NXC-16	NXC-18	NXC-22		
												
Conventional thermal current I <sub>th</sub> (A)	20	20	20	22	20	20	25	25	32	32		
Rated insulation voltage U <sub>i</sub> (V)	690											
Rated impulse withstand voltage U <sub>imp</sub> (kV)	6					8						
Rated making capacity	Making current: 10×I <sub>e</sub> (AC-3) or 12×I <sub>e</sub> (AC-4)											
Rated breaking capacity	Breaking current: 8×I <sub>e</sub> (AC-3) or 10×I <sub>e</sub> (AC-4)											
Rated operation current I <sub>e</sub> (A)	220V/230V/240V	AC-3	6	9	12	16	6	9	12	16	18	22
		AC-4	6	9	12	16	6	9	12	16	18	22
	380V/400V/415V	AC-3	6	9	12	16	6	9	12	16	18	22
		AC-4	6	9	9	12	6	9	12	12	18	18
	660V/690V	AC-3	3.8	4.9	4.9	6.7	3.8	6.6	8.9	8.9	12	14
		AC-4	3.8	4.9	4.9	4.9	3.8	6.6	8.9	8.9	12	12
Rated control power (kW)	AC-3	220V/230V/240V	1.5	2.2	3	4	1.5	2.2	3	3	4	5.5
		380V/400V/415V	2.2	4	5.5	7.5	2.2	4	5.5	7.5	7.5	11
		660V/690V	3	4	4	7.5	3	5.5	7.5	7.5	10	11
Electrical life (cycles)	AC-3	1.2 × 10 <sup>7</sup>										
Mechanical life (cycles)	1.2 × 10 <sup>7</sup>											
Main contact	3 NO, 4 NO, 2 NO+2 NC					3 NO						
Fuse supplied for SCPD	NT00-20					NT00-20	NT00-20	NT00-20	NT00-20	NT00-20	NT00-20	NT00-20
Matching thermal overload relay	Model	NXR-12					NXR-25					
Built-in auxiliary contact	3P	1 NO or 1 NC					1 NO+1 NC					
	4P	-										

Control circuit	Contactor model	NXC-06M	NXC-09M	NXC-12M	NXC-16M	NXC-06	NXC-09	NXC-12	NXC-16	NXC-18	NXC-22	
Main circuit connection	Cable connection (mm <sup>2</sup> )	Prefabricated flexible wire	1	1-2.5			1-4				1.5-6	
			2	1-1.5			1-2.5				1.5-4	
		Hard wire	1	1-2.5			1-4				1.5-6	
			2	1-2.5			1-4				1.5-6	
	Size of fastening screw		M3				M3.5				M3.5	
	Tightening torque (N·m)		0.8				0.8				0.8	
Control circuit connection	Cable connection (mm <sup>2</sup> )	Prefabricated flexible wire	1	1-2.5			1-4					
			2	1-1.5			1-2.5					
		Hard wire	1	1-2.5			1-4					
			2	1-2.5			1-4					
	Size of fastening screw		M3				M3.5					
	Tightening torque (N·m)		0.8				0.8					

Contactor model	NXC-06M	NXC-09M	NXC-12M	NXC-16M	NXC-06	NXC-09	NXC-12	NXC-16	NXC-18	NXC-22	
Coil control power supply	AC 50Hz	24, 36, 48, 110, 127, 220, 230, 240, 380, 415				24, 36, 48, 110, 127, 220, 230, 240, 380, 415					
	DC	24, 48, 110, 220				-					
Control voltage	Pull-in	(75%~120%) U <sub>s</sub>				(70%~120%) U <sub>s</sub>					
	Release	AC: (20%~70%) U <sub>s</sub> ; DC: (10%~70%) U <sub>s</sub>				(20%~65%) U <sub>s</sub>					
Coil average power (VA)	Start	25~40				40~60				40~60	
	Hold	2~7				9.5				9.5	
Heat dissipation (W)	AC	1~3				1~3				1~3	
	DC	-				-				-	

Empower the World >> 04

Figura IX.8. Contactor Chint

**DATASHEET CONDUCTORES ELECTRICOS DEL SISTEMA.**  
**CONDUCTORES ELECTRICOS CONEL S.A. AWG 14- AWG 8.**

**Alambres y Cables Tipo TFN y THHN 600 V 90 °C**



Calibre AWG /kcmil	Número Hilos	Diámetro Hilo mm	Área mm <sup>2</sup>	Diámetro Conductor mm	Espesor Aislamiento mm	Espesor Chaqueta Nylon mm	Diámetro Exterior mm	Resistencia Eléctrica DC a 20 °C Ω/km	Peso Total Aproximado kg/km	Capacidad Corriente Aire Libre A	Capacidad Corriente Conduit A	Tipo
18	1	1,02	0,82	1,02	0,38	0,10	1,98	21,03	11	15	10	TFN
16	1	1,29	1,31	1,29	0,38	0,10	2,25	13,16	16	20	15	TFN
14	1	1,63	2,08	1,63	0,38	0,10	2,59	8,29	23	35	25	THHN
12	1	2,05	3,31	2,05	0,38	0,10	3,01	5,21	35	40	30	THHN
10	1	2,59	5,26	2,59	0,51	0,10	3,81	3,28	56	55	40	THHN
14	7	0,62	2,08	1,84	0,38	0,10	2,80	8,46	25	35	25	THHN
12	7	0,78	3,31	2,32	0,38	0,10	3,28	5,35	37	40	30	THHN
10	7	0,98	5,26	2,93	0,51	0,10	4,15	3,35	59	55	40	THHN
8	7	1,23	8,37	3,71	0,76	0,13	5,49	2,10	96	80	55	THHN
6	7	1,55	13,30	4,67	0,76	0,13	6,45	1,32	145	105	75	THHN
4	7	1,96	21,20	5,89	1,02	0,15	8,23	0,830	232	140	95	THHN
2	7	2,47	33,60	7,42	1,02	0,15	9,76	0,522	356	190	130	THHN
18	16	0,25	0,82	1,19	0,38	0,10	2,15	21,40	12	15	10	TFN
16	26	0,25	1,31	1,50	0,38	0,10	2,46	13,50	17	20	15	TFN
16	19	0,30	1,31	1,50	0,38	0,10	2,45	13,45	18	20	15	TFN
14	19	0,37	2,08	1,87	0,38	0,10	2,83	8,46	24	35	25	THHN
12	19	0,47	3,31	2,35	0,38	0,10	3,31	5,35	37	40	30	THHN
10	19	0,59	5,26	2,97	0,51	0,10	4,19	3,35	58	55	40	THHN
8	19	0,75	8,37	3,75	0,76	0,13	5,53	2,10	94	80	55	THHN
6	19	0,94	13,30	4,72	0,76	0,13	6,50	1,32	143	105	75	THHN
4	19	1,19	21,20	5,96	1,02	0,15	8,30	0,830	229	140	95	THHN
2	19	1,50	33,60	7,51	1,02	0,15	9,85	0,522	351	190	130	THHN
1/0	19	1,89	53,50	9,47	1,27	0,18	12,37	0,328	553	260	170	THHN
2/0	19	2,13	67,40	10,64	1,27	0,18	13,54	0,261	689	300	195	THHN
3/0	19	2,39	85,00	11,94	1,27	0,18	14,84	0,207	857	350	225	THHN
4/0	19	2,68	107	13,41	1,27	0,18	16,31	0,164	1070	405	260	THHN
250	37	2,09	127	14,61	1,52	0,20	18,05	0,139	1263	455	290	THHN
300	37	2,29	152	16,00	1,52	0,20	19,44	0,116	1502	505	320	THHN
350	37	2,47	177	17,30	1,52	0,20	20,74	0,0991	1743	570	350	THHN
400	37	2,64	203	18,49	1,52	0,20	21,93	0,0866	1981	615	380	THHN
500	37	2,95	253	20,65	1,52	0,20	24,09	0,0695	2457	700	430	THHN
600	61	2,52	304	22,68	1,78	0,23	26,70	0,0578	2960	780	475	THHN
700	61	2,72	355	24,49	1,78	0,23	28,51	0,0495	3453	855	520	THHN
750	61	2,82	380	25,35	1,78	0,23	29,37	0,0462	3715	885	535	THHN
800	61	2,91	405	26,19	1,78	0,23	30,21	0,0433	3954	920	555	THHN
900	61	3,09	456	27,79	1,78	0,23	31,81	0,0387	4431	985	585	THHN
1000	61	3,25	507	29,26	1,78	0,23	33,28	0,0348	4906	1055	615	THHN

**Aplicaciones:** Los conductores tipo THHN y TFN son utilizados para circuitos de fuerza y alumbrado eléctrico en edificaciones industriales, comerciales y residenciales. Los conductores THHN son usados en lugares secos. Los conductores TFN son usados en lugares secos y húmedos. Pueden ser usados en zonas abrasivas o contaminadas con aceites, grasas, pinturas, solventes químicos, etc.

**Construcción:** Conductor de cobre sólido o cableado, aislados con una capa uniforme de material termoplástico, cloruro de polivinilo (PVC), resistente a la humedad y al calor, sobre la cual se aplica una cubierta protectora de Nylon o poliamida.

**Especificaciones:** Elaborado y probado de acuerdo a la última revisión de las siguientes normas: ASTM B3, B8; UL 83; NTE INEN 2345.

**Embalaje:** Rollos y carretes de madera.

**Nota:** Modificaciones en la construcción de los cables pueden ser realizadas bajo pedido del cliente.



**Figura IX.9. Selección de conductores**

- DATASHEET CAMSCO TRANSFORMADORES DE CORRIENTE 100/5A.

**CFS SERIES**



- VOLT : 600V AC
- FREQUENCY : 50/60 HZ

MODEL NO.	RATIO	CONDUCTOR THROUGH	BURDEN VA	CLASS	DIMENSIONS	UNIT:mm.
CFS-20	10/5A	4T	1.5 VA	1.0		
CFS-20	20/5A	2T	1.5 VA	1.0		
CFS-20	30/5A	2T	2.5 VA	1.0		
CFS-20	40/5A	1T	1.5 VA	1.0		
CFS-20	50/5A	1T	2.5 VA	1.0		
CFS-33	60/5A	1T	2.5 VA	1.0		
CFS-33	75/5A	1T	2.5 VA	1.0		
CFS-33	80/5A	1T	2.5 VA	1.0		
CFS-33	100/5A	1T	2.5 VA	1.0		
CFS-33	120/5A	1T	5 VA	1.0		
CFS-33	125/5A	1T	5 VA	1.0		
CFS-33	150/5A	1T	5 VA	1.0		
CFS-33	175/5A	1T	5 VA	1.0		
CFS-33	200/5A	1T	5 VA	1.0		
CFS-43	200/5A	1T	5 VA	1.0		
CFS-43	250/5A	1T	5 VA	1.0		
CFS-43	300/5A	1T	5 VA	1.0		
CFS-43	400/5A	1T	5 VA	1.0		
CFS-63	500/5A	1T	10 VA	1.0		
CFS-63	600/5A	1T	10 VA	1.0		
CFS-63	800/5A	1T	10 VA	1.0		
CFS-83	1000/5A	1T	15 VA	1.0		
CFS-83	1200/5A	1T	15 VA	1.0		
CFS-83	1500/5A	1T	15 VA	1.0		
CFS-103	2000/5A	1T	15 VA	1.0		
CFS-103	2500/5A	1T	15 VA	1.0		
CFS-103	3000/5A	1T	15 VA	1.0		
CFS-123	3000/5A	1T	15 VA	1.0		
CFS-123	4000/5A	1T	15 VA	1.0		

SIZE MODEL No.	A	B	C	D	E
CFS-20	20	96	44	75	X
CFS-33	33	96	44	75	31
CFS-43	43	104	44	82	43
CFS-63	63	124	44	101	63
CFS-83	83	147	44	125	83
CFS-103	103	156	44	141	102
CFS-123	123	192	44	161	123

**Figura IX.10.** Transformadores de corriente

- DATASHEET SIEMENS VDF Micromaster 420.

# SIEMENS

**Hoja de medición y de datos MICROMASTER 420**  
Data sheet for MICROMASTER 420



Figura similar / Figure similar

**Datos de pedido** 6SE6420-2UC24-0CA1  
MLFB-Ordering data

Número de pedido del cliente / Client order no.:  
Nº. de pedido Siemens / Order no.:  
Número de oferta / Offer no.:  
Nota / Remarks:

Nº. de ítem / Item no.:  
Número de envío / Consignment no.:  
Proyecto / Project:

<b>Datos asignados / Rated data</b>	<b>Datos técnicos generales / General tech. specifications</b>
-------------------------------------	--

**Entrada / Input**

<b>Número de fases</b> <small>Number of phases</small>	3 AC
<b>Tensión de red</b> <small>Line voltage</small>	200 ... 240 V ±10 %
<b>Frecuencia de red</b> <small>Line frequency</small>	47 ... 63 Hz

<b>Intensidad asignada (HO)</b> <small>Rated current (HO)</small>	19,70 A
--	---------

**Salida / Output**

<b>Número de fases</b> <small>Number of phases</small>	3 AC
<b>Tensión asignada</b> <small>Rated voltage</small>	240 V
<b>Potencia asignada (HO)</b> <small>Rated power (HO)</small>	4,00 kW / 5,00 hp
<b>Intensidad asignada (HO)</b> <small>Rated current (HO)</small>	17,50 A
<b>Frecuencia de pulsación</b> <small>Pulse frequency</small>	16000 Hz
<b>Frec. de salida con regulación por U/f</b> <small>Output frequency for V/f control</small>	0 ... 650 Hz

En cumplimiento de la normativa legal, existe una limitación a 550 Hz en producción.  
As a result of legal stipulations, a limit to 550 Hz is in production

**Capacidad de sobrecarga / Overload capability**

**High Overload (HO)**

150 % de intensidad de salida durante 60 s, seguida por 100 % de intensidad de salida durante 240 s durante un tiempo de ciclo de 300 s  
150 % output current for 60 s, followed by 100 % output current for 240 s in a 300 s cycle time

<b>Factor de potencia λ</b> <small>Power factor λ</small>	0,95
<b>Rendimiento η</b> <small>Efficiency η</small>	0,96

**Condiciones ambientales / Ambient conditions**

<b>Refrigeración</b> <small>Cooling</small>	Ventilador <small>Fan</small>
--	----------------------------------

**Temperatura ambiente / Ambient temperature**

<b>Funcionamiento (HO)</b> <small>Operation (HO)</small>	-10 ... 50 °C
<b>Transporte</b> <small>Transport</small>	-40 ... 70 °C
<b>Almacenaje</b> <small>Storage</small>	-40 ... 70 °C

Datos técnicos de pedido sujetos a cambios sin previo aviso. Pueden haber discrepancias entre los valores calculados y los datos de placa!

Technical data are subject to change! There may be discrepancies between calculated and rating plate values.

**Figura IX.11. Variador Siemens Micromaster 420**

# SIEMENS

## Hoja de medición y de datos MICROMASTER 420 Data sheet for MICROMASTER 420

Datos de pedido  
MLFB-Ordering data

6SE6420-2UC24-0CA1



Figura similar / Figure similar

### Datos mecánicos / Mechanical data

Grado de protección <i>Degree of protection</i>	IP20 / UL open type
Tamaño <i>Size</i>	FSC
Peso neto <i>Net weight</i>	5,00 kg
Anchura <i>Width</i>	185,0 mm
Altura <i>Height</i>	245,0 mm
Profundidad <i>Depth</i>	195,0 mm

### Conexiones / Connections

#### Lado del motor / Motor end

Sección de conector <i>Conductor cross-section</i>	10,00 mm <sup>2</sup>
---	-----------------------

### Entradas / salidas / Inputs / outputs

#### Entradas digitales estándar / Standard digital inputs

Número <i>Number</i>	3
-------------------------	---

#### Salida a relé / Relay output

Número <i>Number</i>	1
-------------------------	---

#### Entradas analógicas / Analog inputs

Número <i>Number</i>	1
-------------------------	---

#### Salidas analógicas / Analog outputs

Número <i>Number</i>	1
-------------------------	---



ANEXO X

Dimensiones del tablero eléctrico

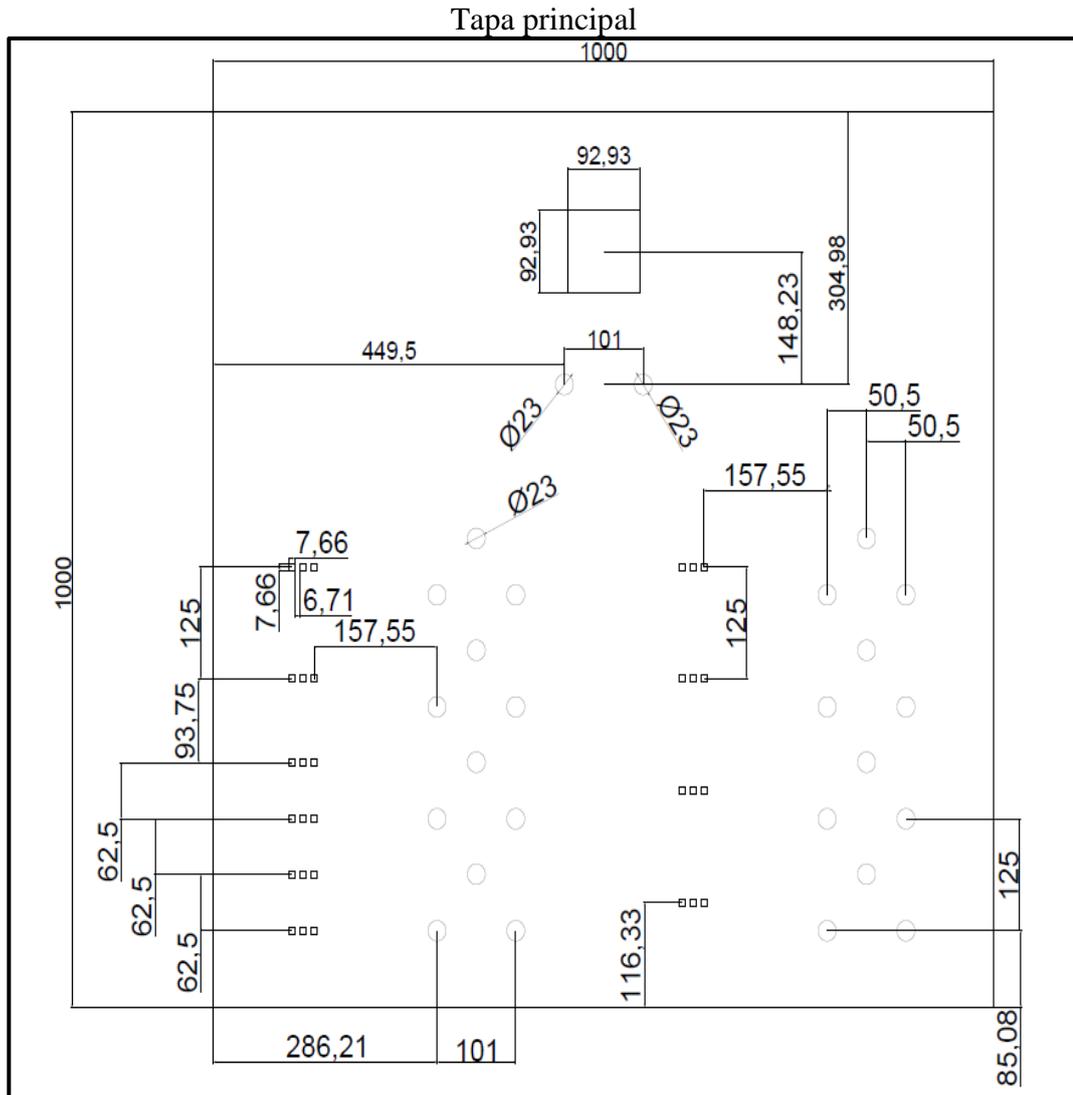


Figura X.1. Tapa principal

Fondo del tablero

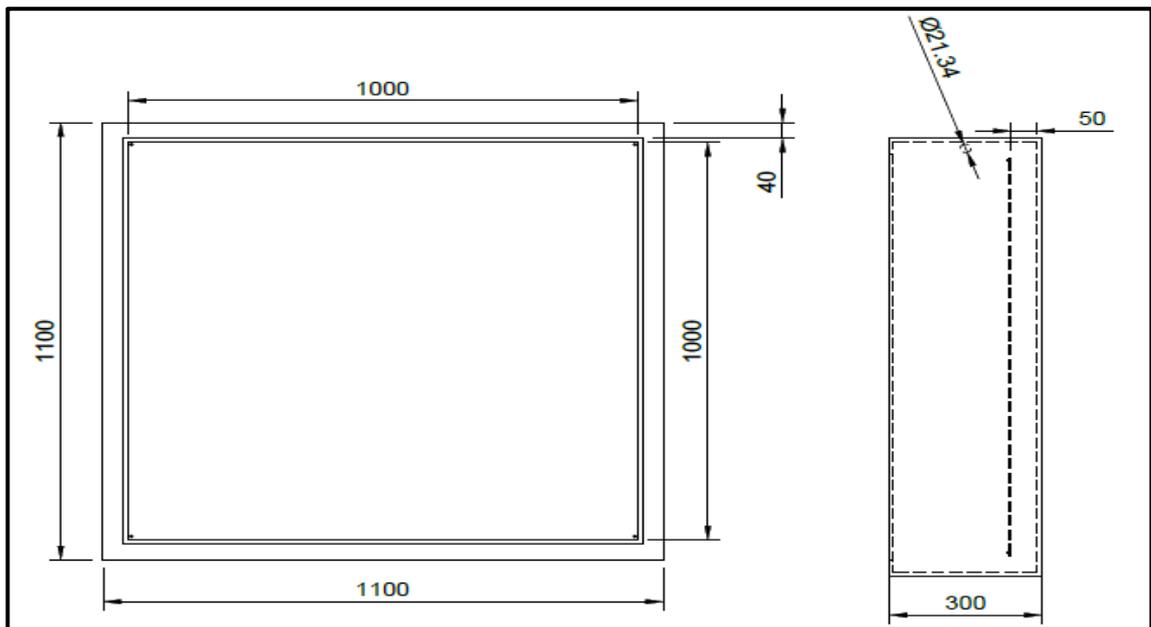


Figura X.2. Fondo tablero

Tablero eléctrico diseñado en SOLIDWORKS

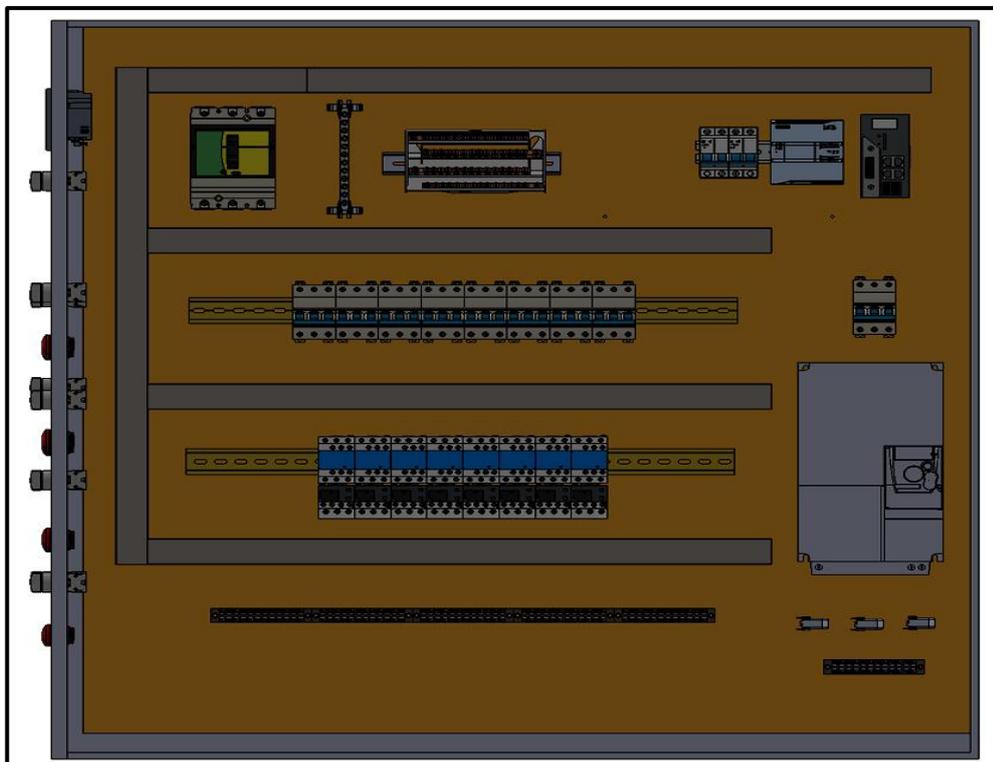


Figura X.3. Componentes del tablero eléctrico



ANEXO XI

Interfaz gráfica LabVIEW para diferentes tipos de arranques propuestos.

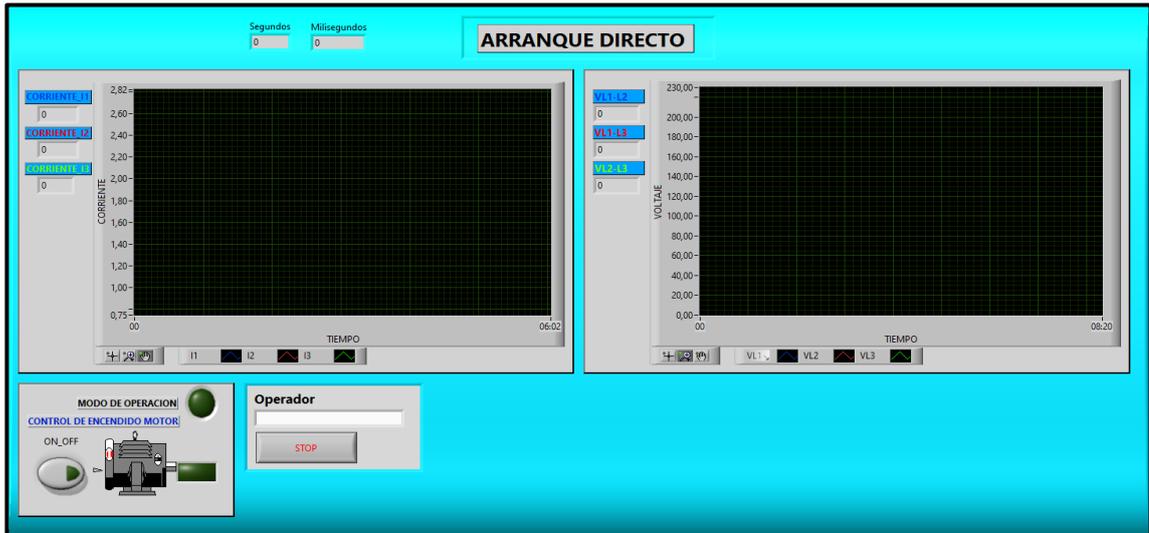


Figura XI.1. Interfaz gráfica arranque directo

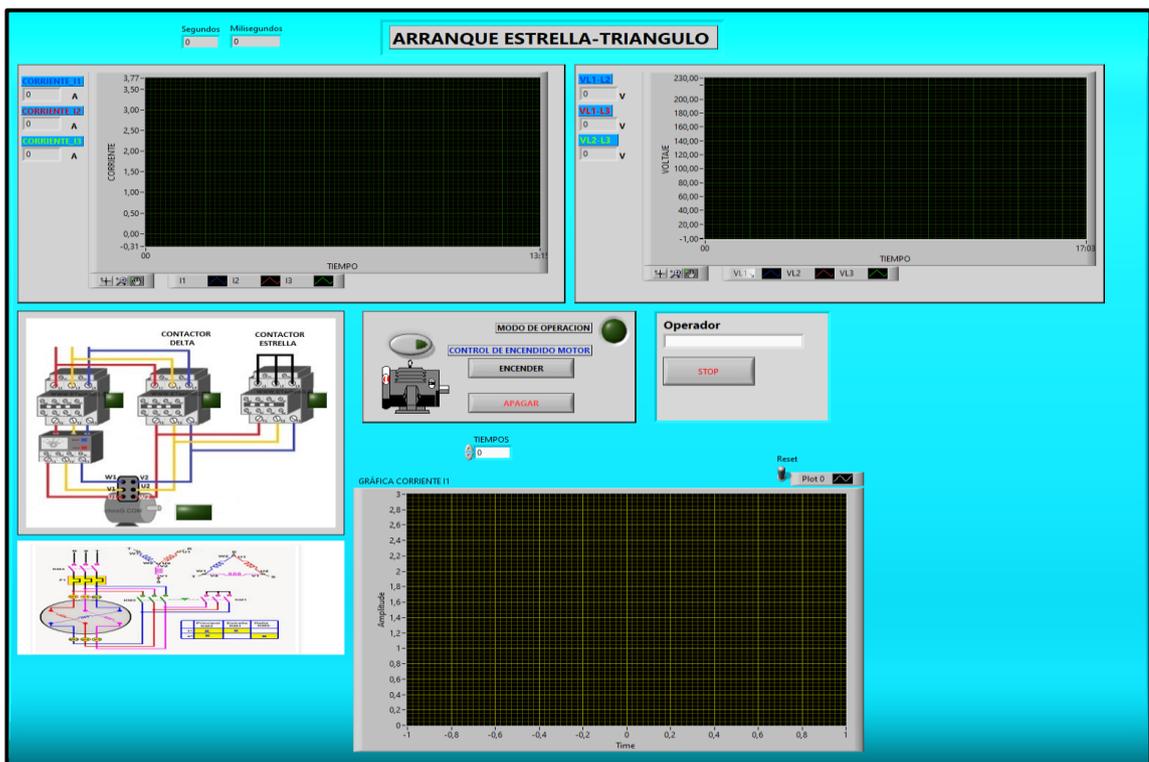


Figura XI.2 Interfaz gráfica arranque estrella-triángulo

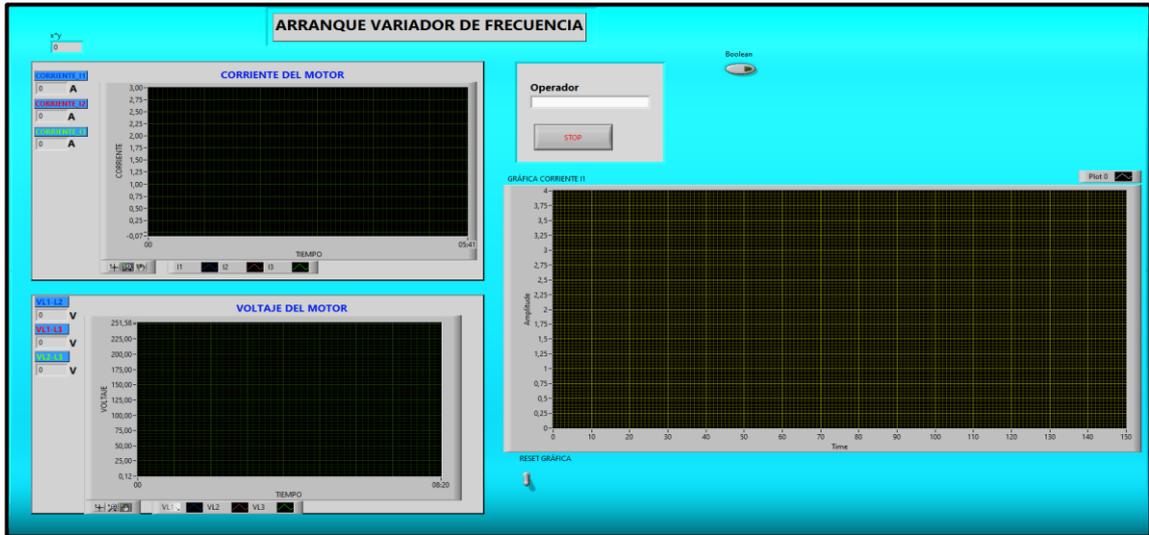


Figura XI.3. Arranque con Variador de Frecuencia

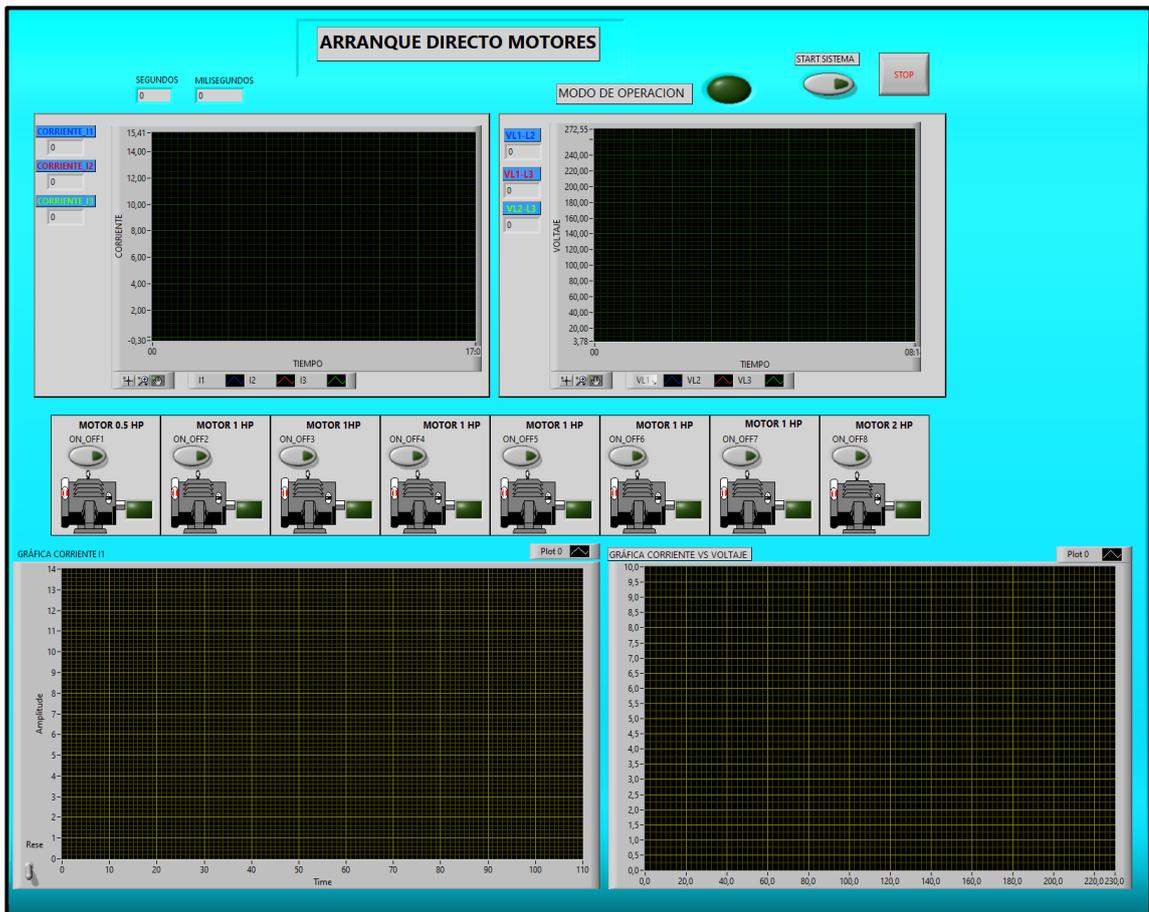


Figura XI.4. Control de varios motores



ANEXO XII

CONEXIÓN MODBUS/ PF\_1 CPU 1214 AC-DC-RLY/BLOQUES DE PROGRAMA

- ▶ Segmento 1: ADQUISICION SENTRON PAC
- ▶ Segmento 2: VOLTAJE ENTRE LINEA-NEUTRO
- ▶ Segmento 3: VOLTAJE ENTRE LINEAS
- ▶ Segmento 4: CORRIENTES
- ▶ Segmento 5: CONTROL\_LABVIEW
- ▶ Segmento 6: CONTROL\_TABLERO
- ▶ Segmento 7: ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO
- ▶ Segmento 8: .....
- ▶ Segmento 9: .....

Figura XII.1. Segmentos del programa TIA PORTAL V16

Segmento 1: Adquisición datos Sentron Pac

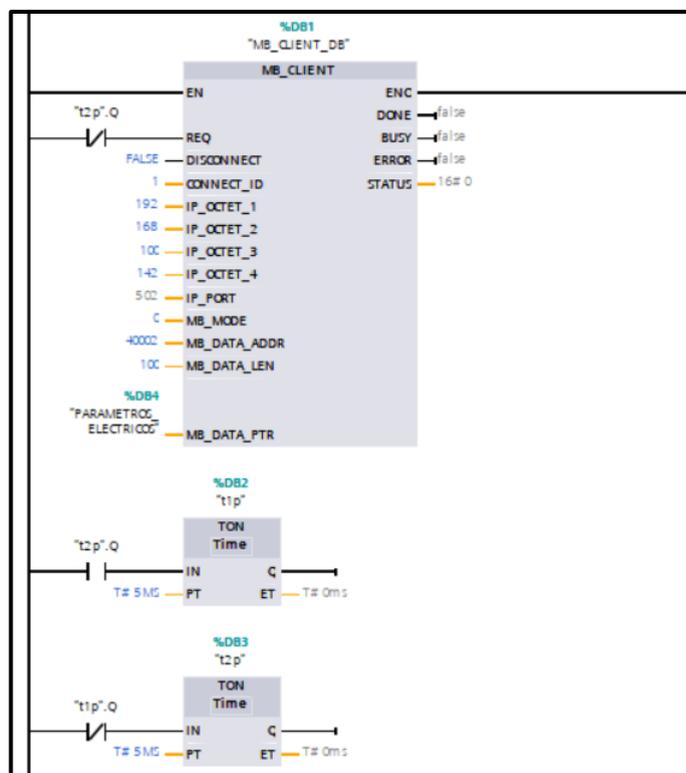


Figura XII.2. Segmento 1 del programa TIA PORTAL V16

Segmento 2: Voltaje entre Línea-Neutro

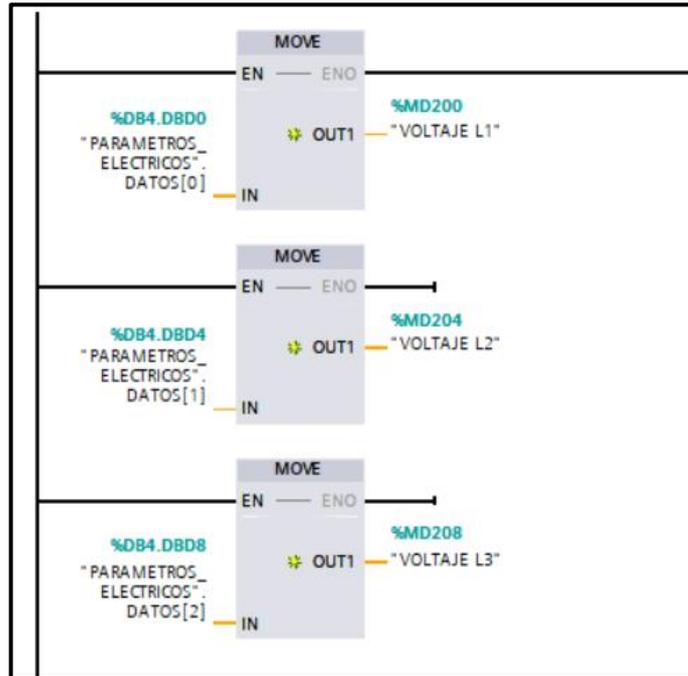


Figura XII.3. Segmento 2 del programa TIA PORTAL V16

Segmento 3: Voltaje entre líneas

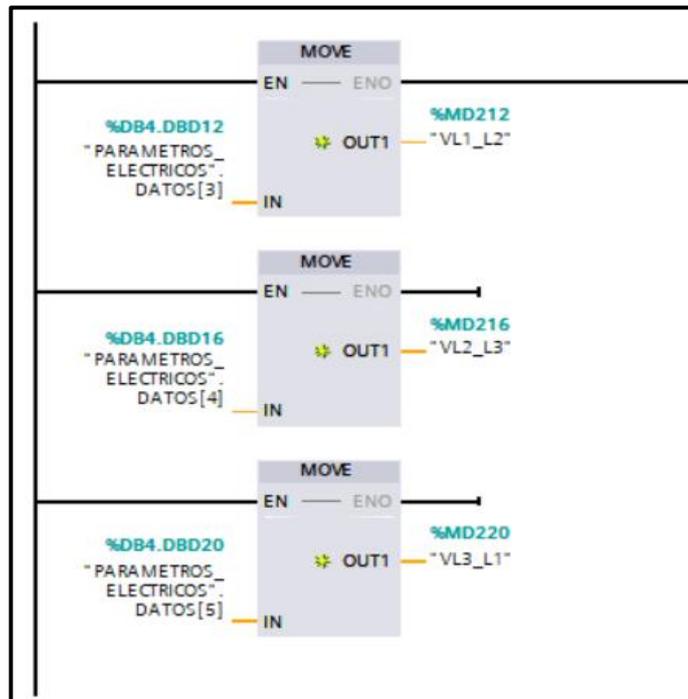


Figura XI.4. Segmento 3 del programa TIA PORTAL V16

Segmento 4: Corrientes

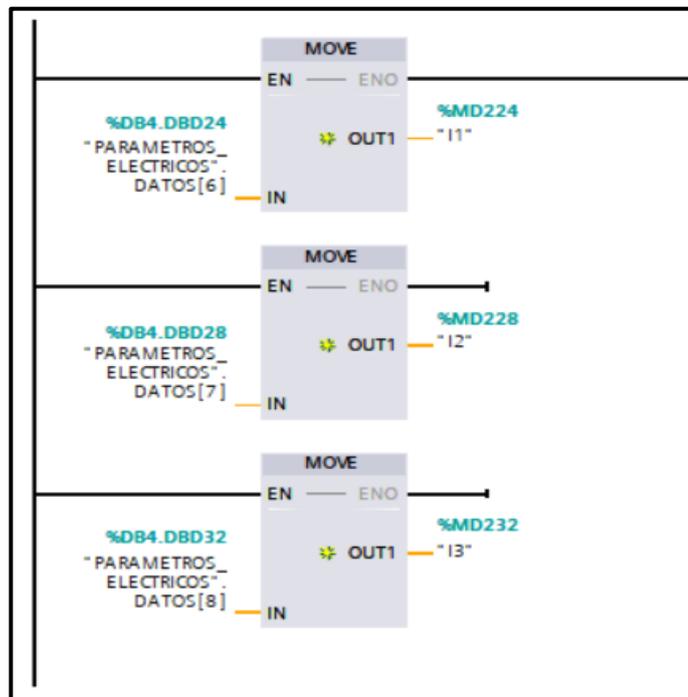


Figura XII.5. Segmento 4 del programa TIA PORTAL V16

Segmento 5: Control Software LabVIEW

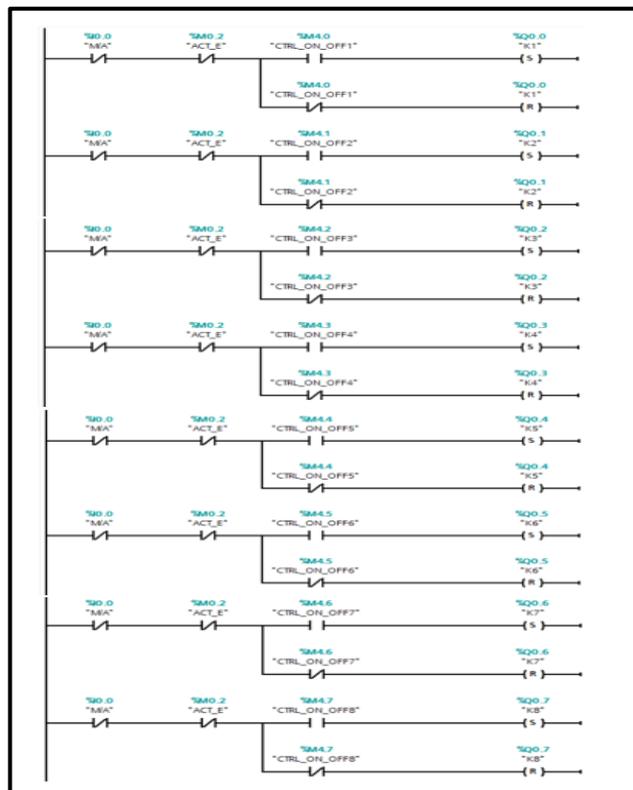


Figura XII.6. Segmento 5 del programa TIA PORTAL V16

Segmento 6: Control del Tablero

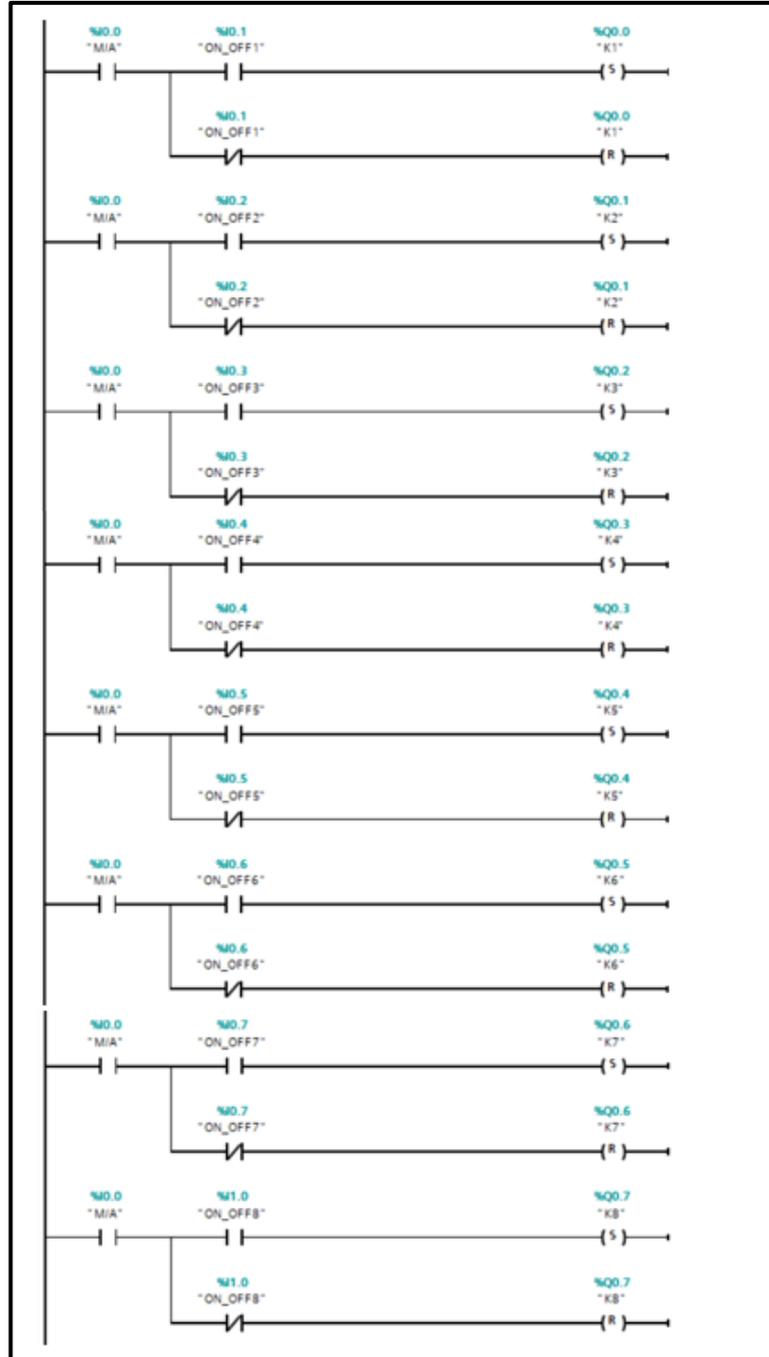


Figura XII.7. Segmento 6 del programa TIA PORTAL V16

Segmento 7-8: Arranque Estrella-Triángulo

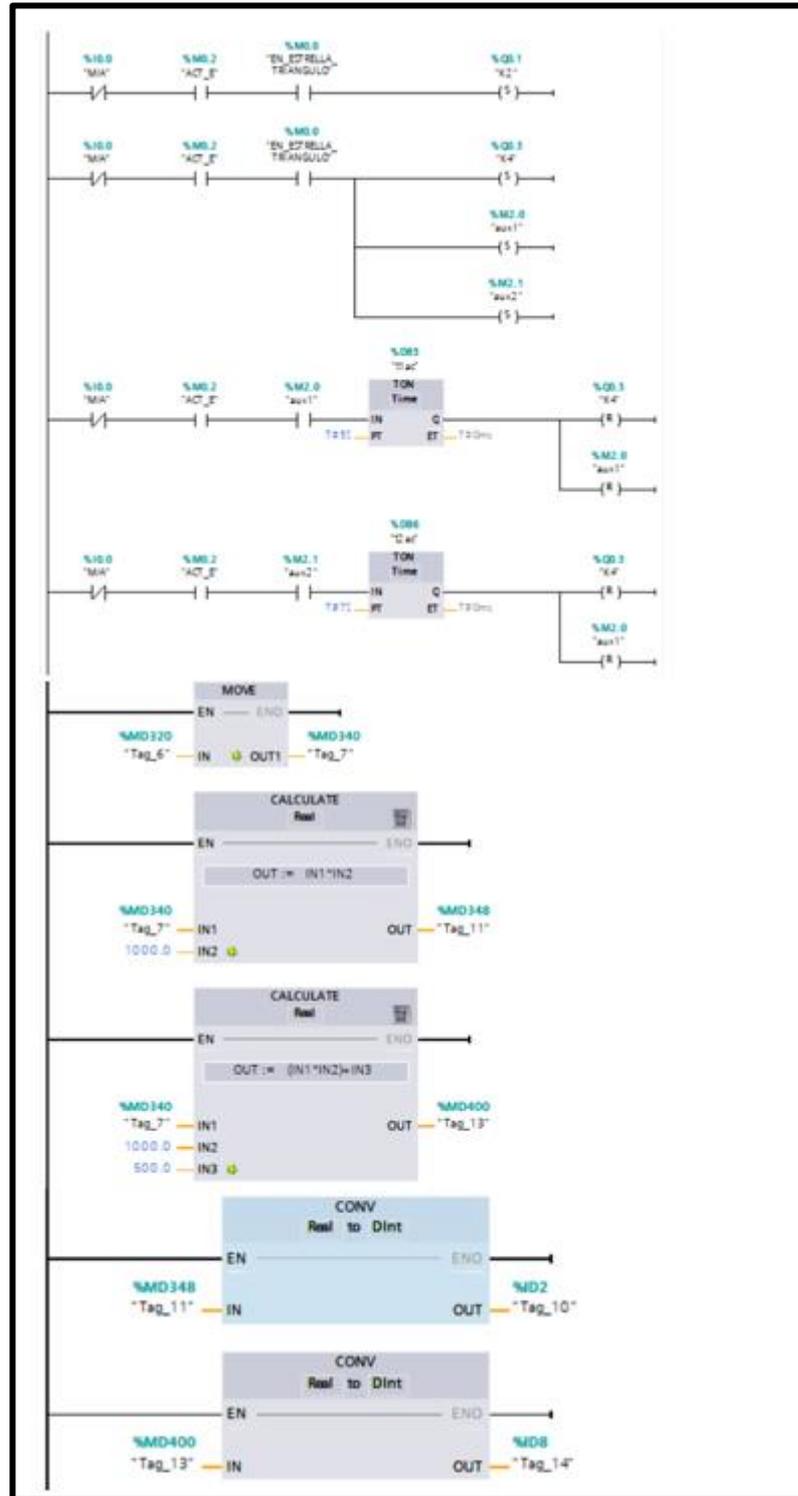
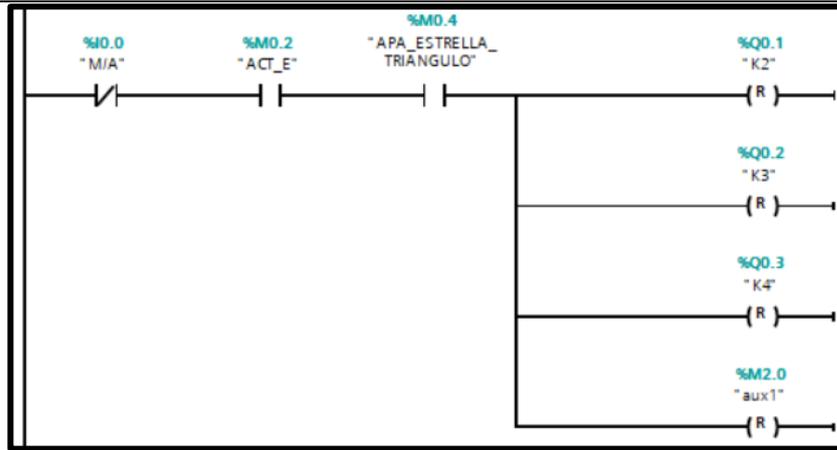


Figura XII.8. Segmento 7 del programa TIA PORTAL V16



**Figura XII.9.** Segmento 8 del programa TIA PORTAL V16



ANEXO XIII

DIAGRAMAS DE BLOQUES PROGRAMACIÓN LABVIEW

Diagrama de bloques del menú de inicio

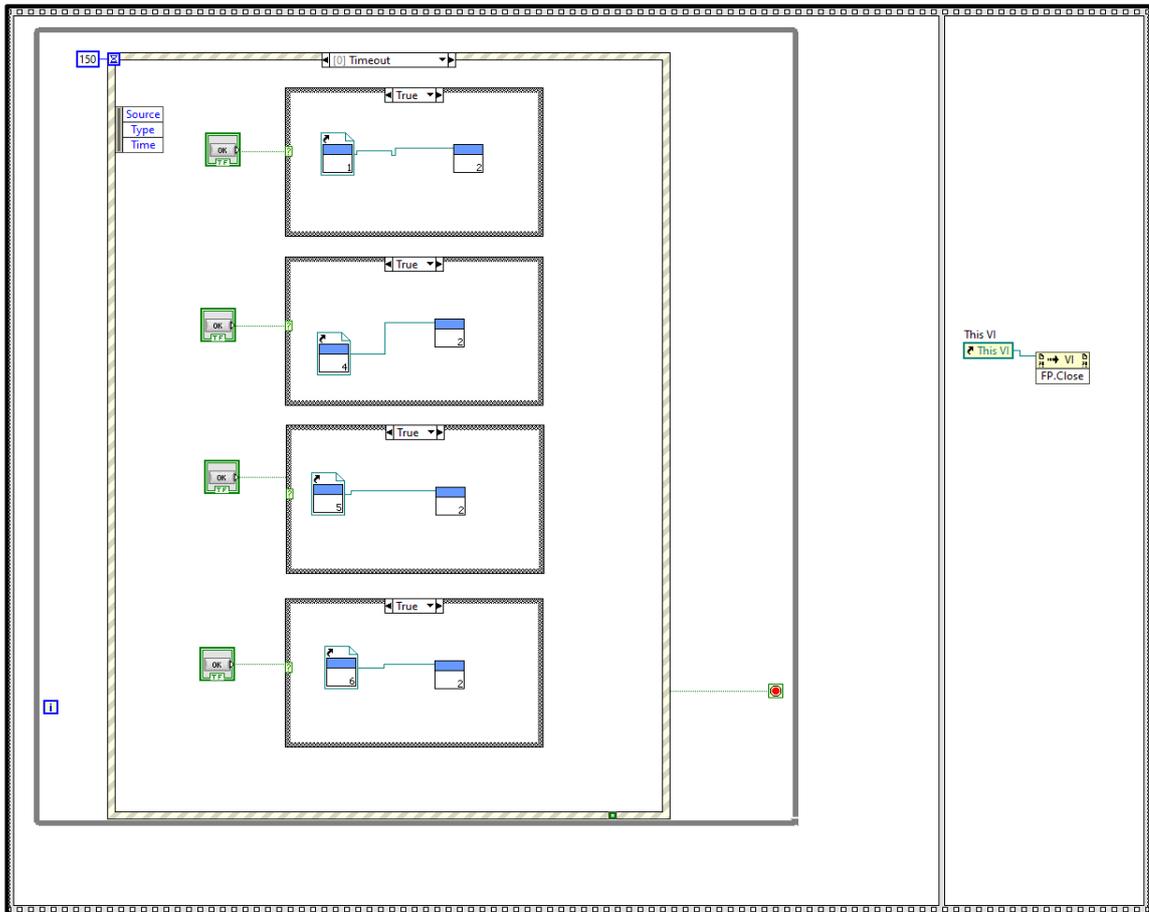
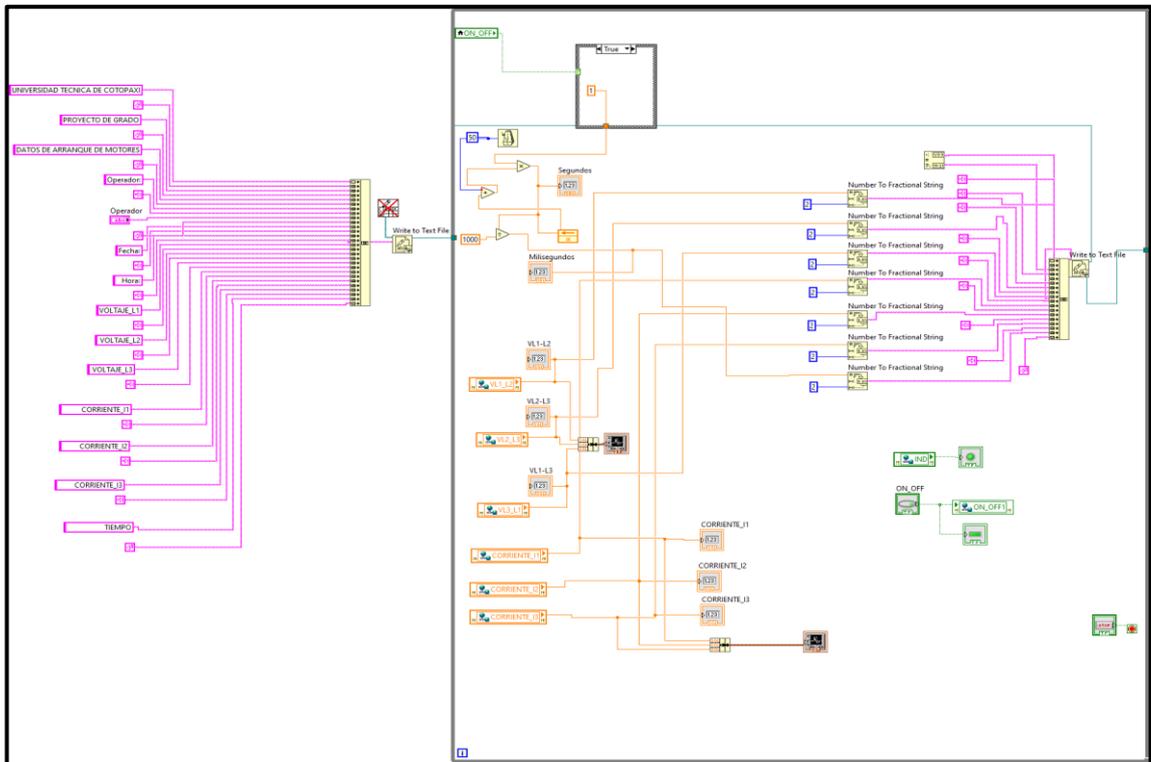


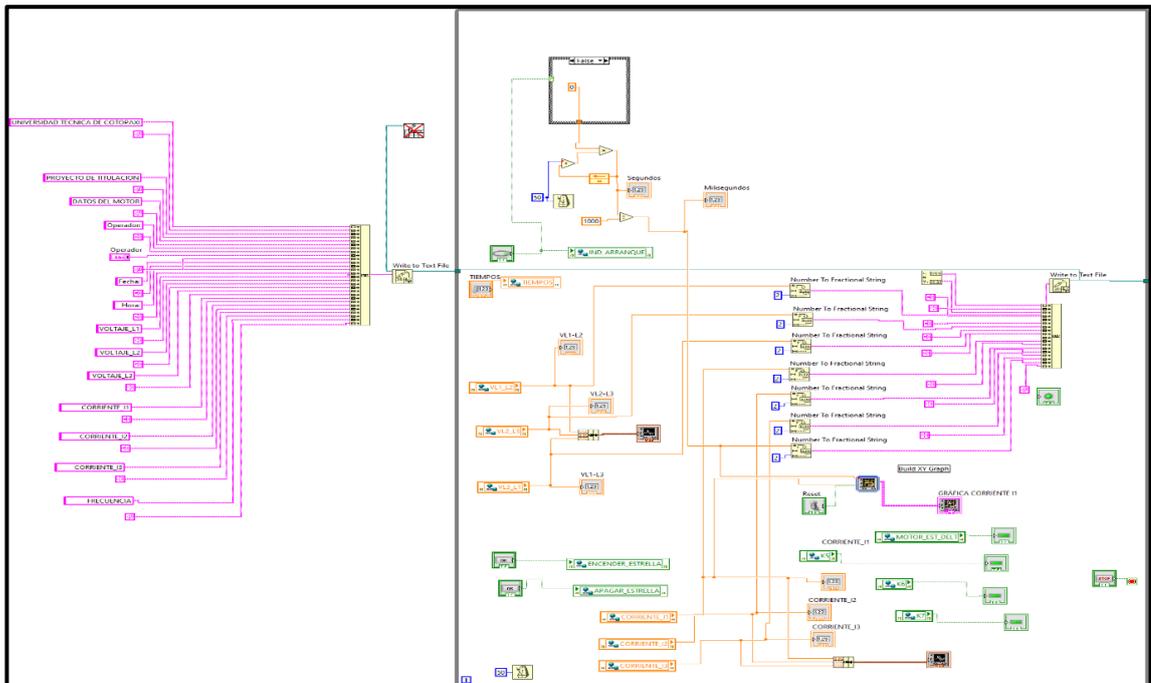
Figura XIII.1. Diagrama de bloques menú de inicio

### Diagrama de bloques configuración arranque directo



**Figura XIII.2.** Diagrama de bloques configuración arranque directo

### Diagrama de bloques configuración Estrella-Triángulo



**Figura XIII.3.** Diagrama de bloques configuración arranque Estrella-Triángulo

### Diagrama de bloques configuración Arranque con Variador de Frecuencia

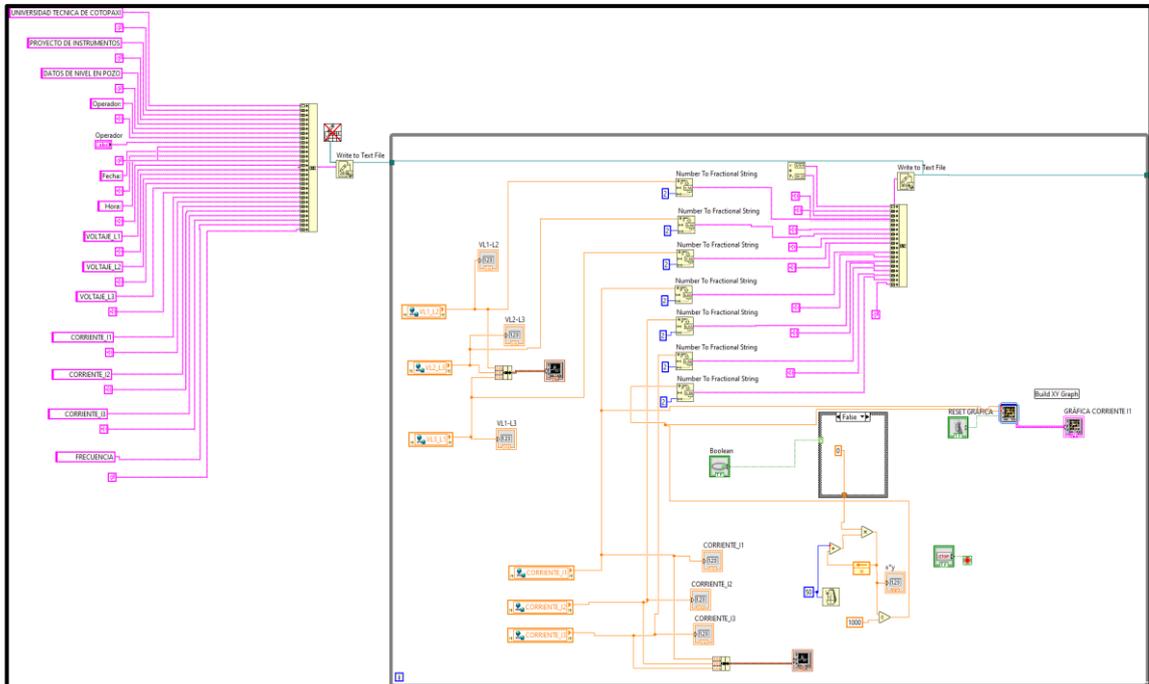


Figura XIII.4. Diagrama de bloques configuración Arranque con Variador de Frecuencia

### Diagrama de bloques configuración control de 8 motores

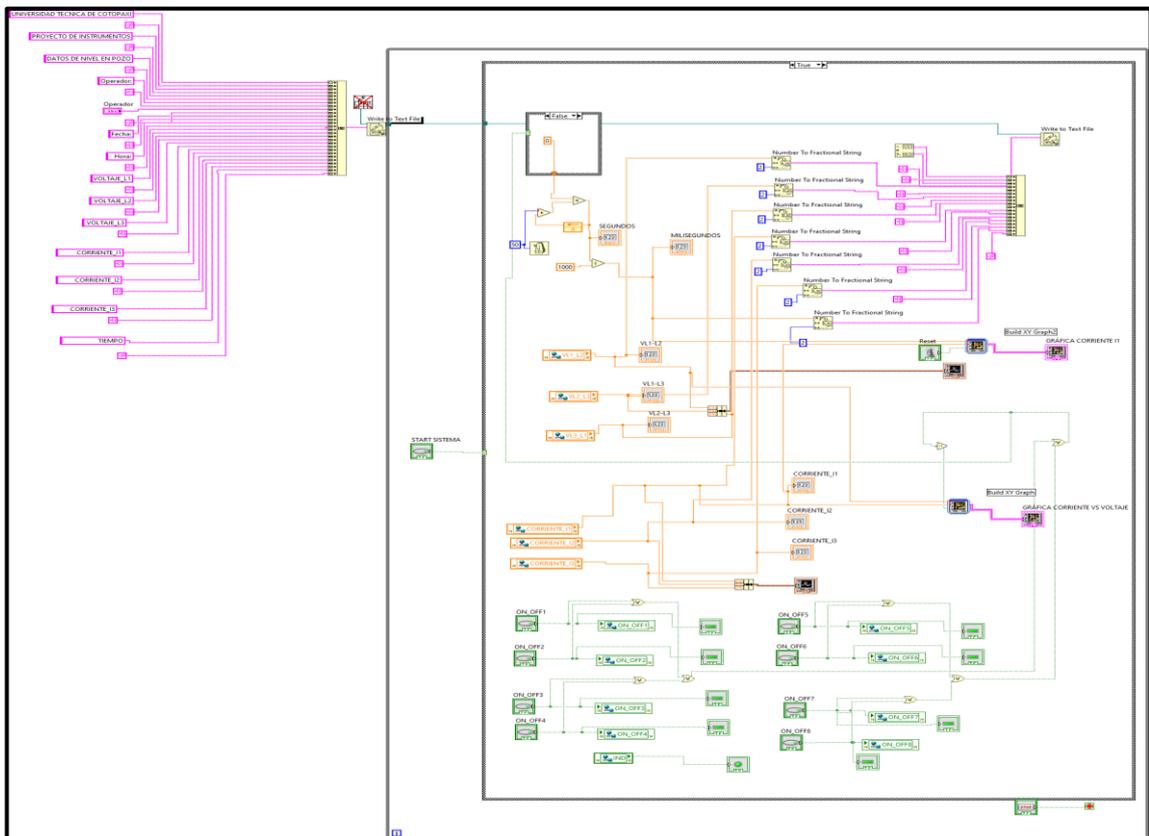


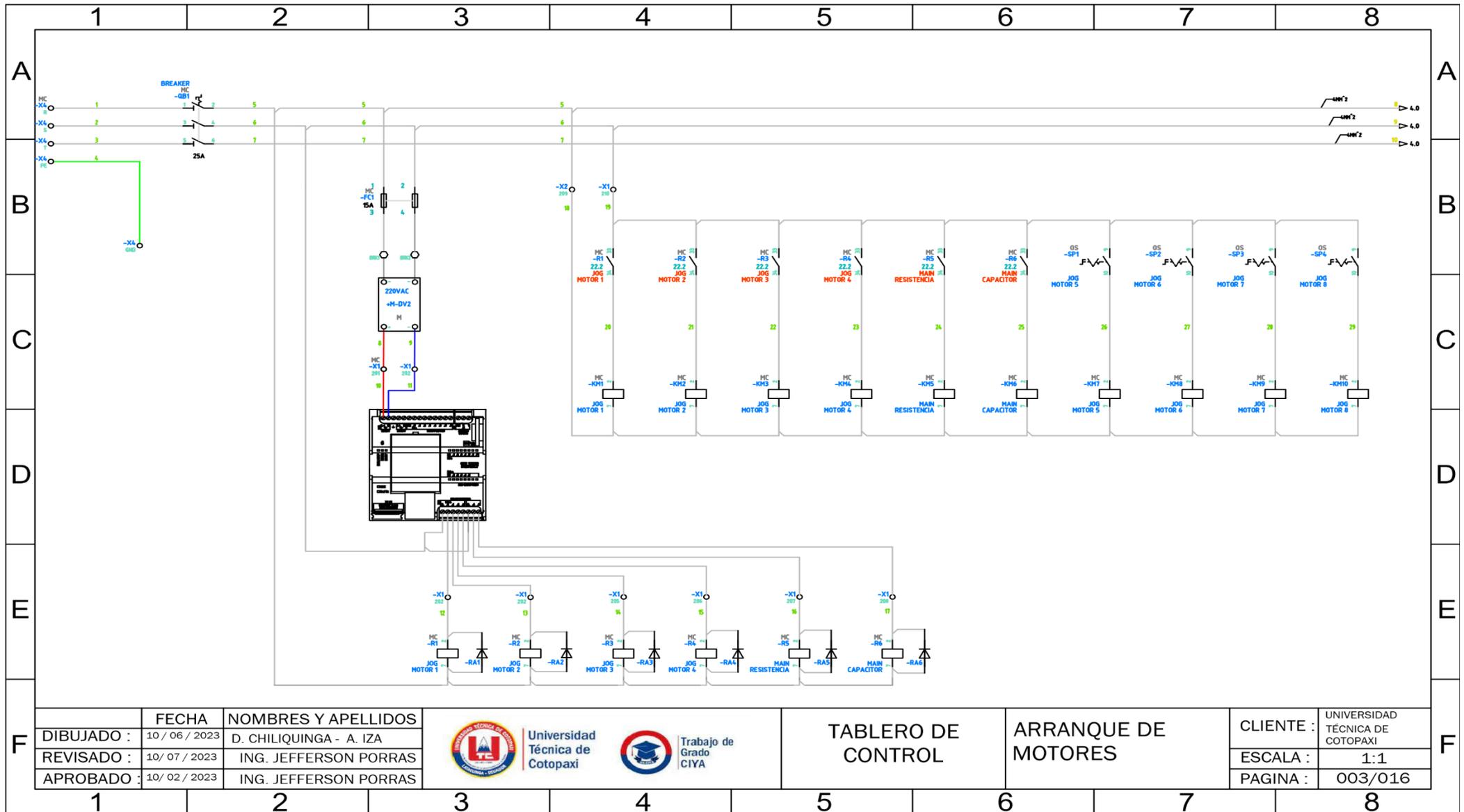
Figura XIII.5. Diagrama de bloques configuración control de 8 motores

# **ANEXO XIV**

Diagrama eléctrico del  
circuito de control

# **ANEXO XV**

Diagrama eléctrico del  
circuito de fuerza



	FECHA	NOMBRES Y APELLIDOS
DIBUJADO :	10 / 06 / 2023	D. CHILQUINGA - A. IZA
REVISADO :	10/ 07 / 2023	ING. JEFFERSON PORRAS
APROBADO :	10/ 02 / 2023	ING. JEFFERSON PORRAS



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

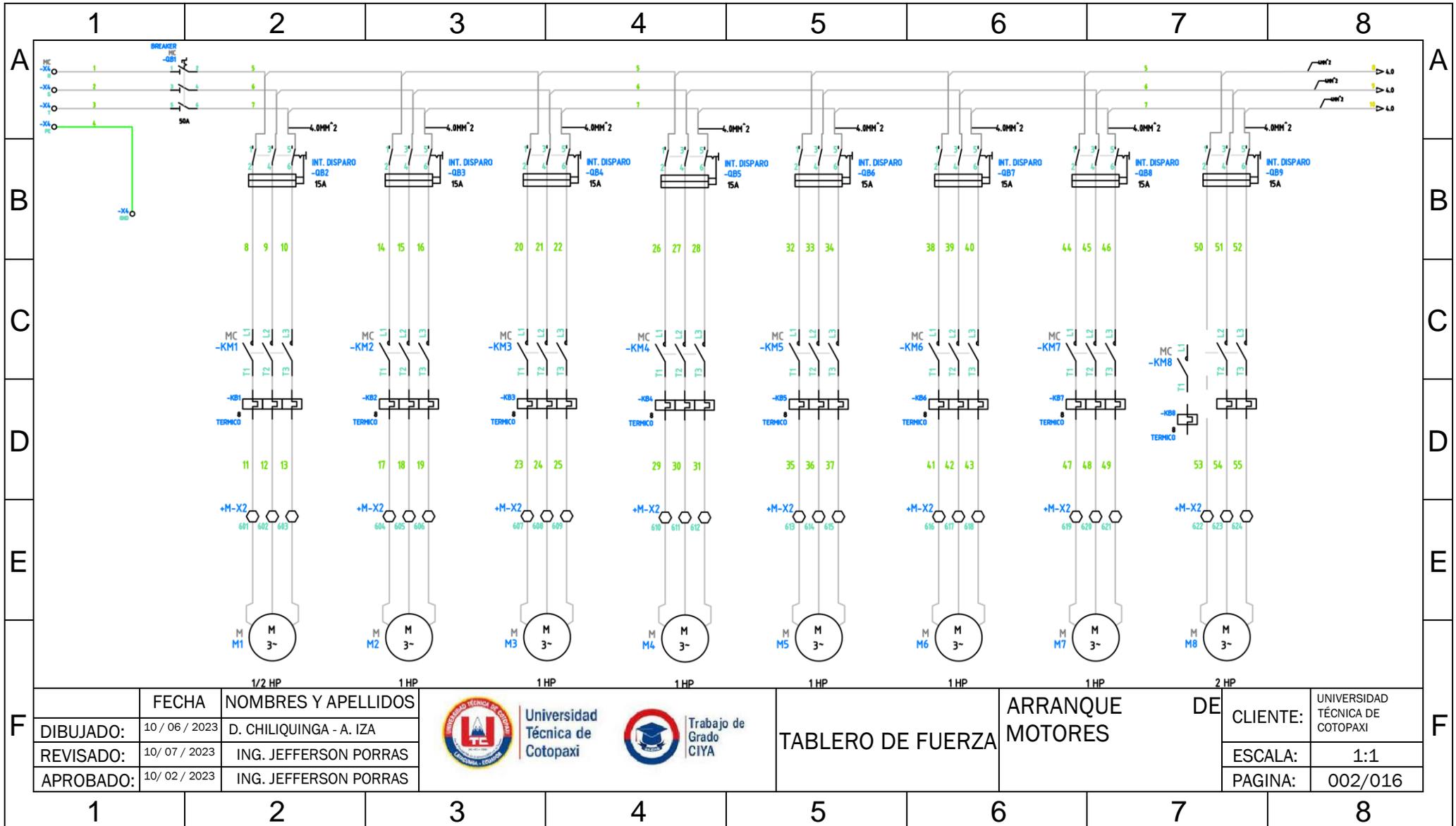


Trabajo de  
Grado  
CIYA

TABLERO DE  
CONTROL

ARRANQUE DE  
MOTORES

CLIENTE :	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
ESCALA :	1:1
PAGINA :	003/016



	FECHA	NOMBRES Y APELLIDOS
DIBUJADO:	10 / 06 / 2023	D. CHILQUINGA - A. IZA
REVISADO:	10/ 07 / 2023	ING. JEFFERSON PORRAS
APROBADO:	10/ 02 / 2023	ING. JEFFERSON PORRAS



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Trabajo de  
Grado  
CIYA

TABLERO DE FUERZA

ARRANQUE  
MOTORES DE

CLIENTE:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
ESCALA:	1:1
PAGINA:	002/016

1

2

3

4

5

6

7

8

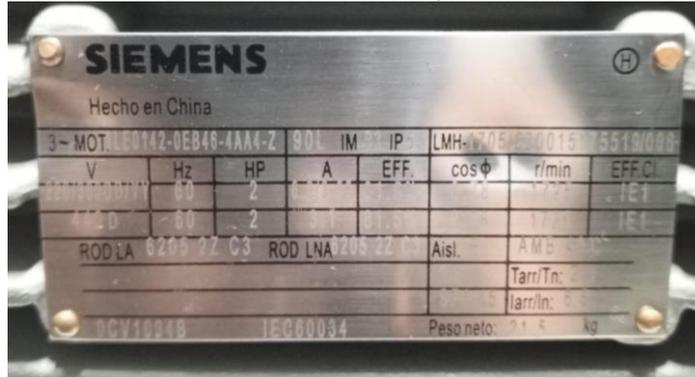


**ANEXO XVI**

**MEMORIA DE CÁLCULOS**

**ARRANQUE DIRECTO**

**MOTOR SIEMENS 2HP 1LE0142-0EB46-4AA4-Z (A PLENA CARGA).**



**Figura XVI.1. Datos de placa de motor 2Hp**

DATOS PLACA:

$$P = 2 \text{ HP}$$

$$V = 220V$$

$$I = 6,2 \text{ A}$$

$$fp = 0,78$$

$$\eta_{eff} = 0,815$$

PROCEDIMIENTO DE CALCULOS

FORMULA DE EFICIENCIA PARA UN MOTOR ELÉCTRICA (Off).

$$Eff = \frac{HP \cdot 746}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot I \cdot fp}$$

Donde:

$P =$  Potencia HP

$V_L =$  Voltaje línea – línea V

$I =$  Corriente A

$fp =$  Factor de Potencia

$$Eff = \frac{2 \cdot 746}{\sqrt{3} \cdot 220V \cdot 6,2A \cdot 0,78}$$

$$Eff = 80,9 \cdot 100\%$$

$$Eff = 80\%$$

FORMULA POTENCIA DE ENTRADA.

POTENCIAS

$$P_{out} = 2 \text{ HP} \cong 1,492kW$$

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta_{eff}} = \frac{1,492kW}{0,815} = 1,830kW$$

FORMULA CORRIENTE DE LÍNEA.

$$I_L = \frac{P_{3\theta}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot fp} \quad [A]$$

$$I_L = \frac{1,830kW}{\sqrt{3} \cdot 220V \cdot 0,78} = 6,16 [A]$$

RELACIÓN DE TENSIONY CORRIENTE EN CONEXIÓN DELTA O TRIÁNGULO.

$$V_L = V_f [V]$$

$$220 = 220 [V]$$

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_f [A]$$

$$I_f = \frac{I_L}{\sqrt{3}} [A]$$

$$I_f = \frac{6,16}{\sqrt{3}} = 3.55 [A]$$

RELACIÓN DE TENSION Y CORRIENTE EN CONEXIÓN ESTRELLA.

$$I_L = I_f [A]$$

$$6,16 = 6,16 [A]$$

$$V_L = \sqrt{3} \cdot V_f [V]$$

$$V_f = \frac{V_L}{\sqrt{3}} [V]$$

$$V_f = \frac{220}{\sqrt{3}} = 126 [V]$$

MEDICIÓN DE DATOS CON COMPONENTE ELECTRICOS

DATOS DE MEDICIÓN OBTENIDOS						
LECTURA N°	Tensión nominal (V)	Corriente nominal (A)	Potencia Entrada (KW)	Eff (%)	Conexión Delta	Conexión Estrella
					Corriente - fase (A)	Tensión - fase (V)
1	219 V	6,16A	1,830kW	80%	3,55 A	126 V

**MOTOR 2HP- AL VACIO.**

DATOS PLACA:

$$P = 2 HP$$

$$V = 220V$$

$$I = 3,55 A$$

$$fp = 0,78$$

$$\eta_{eff} = 0,815$$

Al vacío: Consiste en poner en operación al motor sin carga mecánica en el eje, es decir, se encuentra en operación de eje libre.

En vacío:

$$n_m \cong n_{sin}$$

Factor deslizamiento:

$$S = 0$$

Resistencia Dinámica:

$$R = \frac{R'_2}{0} (0 - 1) = \infty$$

Por lo tanto:

$$I'_2 = 0$$

Potencia consumida por el motor es:

$$P_0 = P_{Cu} + P_{Fe} + P_{Me}$$

$$P_{Cu} \ll P_{Fe} + P_{Me}$$

$$I_0 \ll I_n$$

Por lo tanto:

$$P_0 = P_{Fe} + P_{Me}$$

PROCEDIMIENTO DE CALCULOS

FORMULA DE EFICIENCIA PARA UN MOTOR ELÉCTRICA (Eff).

$$Eff = \frac{HP \cdot 746}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot I \cdot fp}$$

Donde:

$P =$  Potencia HP

$V_L =$  Voltaje línea - línea V

$I =$  Corriente A

$fp = \text{Factor de Potencia}$

$$Eff = \frac{2 \cdot 746}{\sqrt{3} \cdot 220V \cdot 3,55A \cdot 0,78}$$
$$Eff = 80,9 \cdot 100\%$$
$$Eff = 80\%$$

FORMULA POTENCIA DE ENTRADA.  
POTENCIAS

$$P_{out} = 2 \text{ HP} \cong 1,492kW$$
$$P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta_{eff}} = \frac{1,492kW}{0,815} = 1,830kW$$

FORMULA CORRIENTE DE LÍNEA.

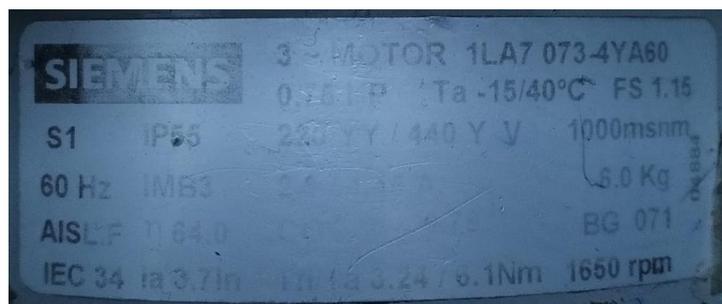
$$I_L = \frac{P_{3\theta}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot fp} \quad [A]$$
$$I_L = \frac{1,830kW}{\sqrt{3} \cdot 220V \cdot 0,78} = 6,16 \quad [A]$$

RELACIÓN DE TENSIONY CORRIENTE EN CONEXIÓN DELTA O TRIÁNGULO.

$$V_L = V_f \quad [V]$$
$$220 = 218 \quad [V]$$
$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_f \quad [A]$$
$$I_f = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \quad [A]$$
$$I_f = \frac{6,16}{\sqrt{3}} = 3,55 \quad [A]$$

RELACIÓN DE TENSION Y CORRIENTE EN CONEXIÓN ESTRELLA.

$$I_L = I_f \quad [A]$$
$$6,16 = 6,16 \quad [A]$$
$$V_L = \sqrt{3} \cdot V_f \quad [V]$$
$$V_f = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \quad [V]$$
$$V_f = \frac{220}{\sqrt{3}} = 126 \quad [V]$$



**Figura XVI.2.** Datos de placa de motor 0,75 Hp

DATOS PLACA:

$$P = 0,75 \text{ HP}$$

$$V = 220V$$

$$I = 2,9 \text{ A}$$

$$fp = 0,79$$

$$\eta_{eff} = 0,64$$

PROCEDIMIENTO DE CALCULOS

FORMULA DE EFICIENCIA PARA UN MOTOR ELÉCTRICA (Eff).

$$Eff = \frac{HP \cdot 746}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot I \cdot fp}$$

Donde:

$P = \text{Potencia HP}$   
 $V_L = \text{Voltaje línea - línea V}$   
 $I = \text{Corriente A}$   
 $fp = \text{Factor de Potencia}$

$$Eff = \frac{0,75 \cdot 746}{\sqrt{3} \cdot 220V \cdot 2,9A \cdot 0,79}$$

$$Eff = 0,6409 \cdot 100\%$$

$$Eff = 64,09\%$$

FÓRMULA POTENCIA DE ENTRADA.  
POTENCIAS

$$P_{out} = 0,75 \text{ HP} \cong 0,55 \text{ kW}$$

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta_{eff}} = \frac{0,55 \text{ kW}}{0,6409} = 0,858 \text{ kW}$$

FORMULA CORRIENTE DE LÍNEA.

$$I_L = \frac{P_{3\theta}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot fp} \quad [A]$$

$$I_L = \frac{0,858 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 220V \cdot 0,79} = 2,85 \quad [A]$$

RELACIÓN DE TENSION Y CORRIENTE EN CONEXIÓN DELTA O TRIÁNGULO.

$$V_L = V_f \quad [V]$$

$$220 = 220 \quad [V]$$

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_f \quad [A]$$

$$I_f = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \quad [A]$$

$$I_f = \frac{2,85}{\sqrt{3}} = 1,64 \quad [A]$$

RELACIÓN DE TENSIONY CORRIENTE EN CONEXIÓN ESTRELLA.

$$I_L = I_f \quad [A]$$

$$2,85 = 2,85 \quad [A]$$

$$V_L = \sqrt{3} \cdot V_f \quad [V]$$

$$V_f = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \quad [V]$$

$$V_f = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127,01 \quad [V]$$

MEDICION DE DATOS CON COMPONENTE ELECTRICOS

DATOS DE MEDICIÓN OBTENIDOS						
LECTURA N°	Tensión nominal (V)	Corriente nominal (A)	Potencia Entrada (kW)	Eff (%)	Conexión Delta	Conexión Estrella
					Corriente - fase (A)	Tensión - fase (V)
1	217 V	2,85A	0,858 kW	64,09%	1,64 A	127,1

MOTOR SIEMENS 0,5 HP 1LA7 070-4YA60 (A PLENA CARGA)

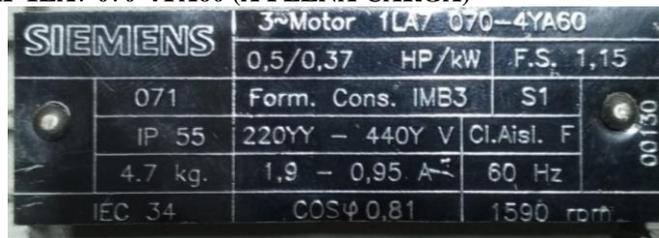


Figura XVI.3 Datos de placa de motor de 0,5 Hp

DATOS PLACA:  
 $P = 0,5 \text{ HP}$

$$V = 220V$$

$$I = 1,9 A$$

$$fp = 0,81$$

$$\eta_{eff} = 0,636$$

PROCEDIMIENTO DE CALCULOS

FORMULA DE EFICIENCIA PARA UN MOTOR ELÉCTRICA (Eff).

$$Eff = \frac{HP \cdot 746}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot I \cdot fp}$$

Donde:

$P$  = Potencia HP

$V_L$  = Voltaje línea – línea V

$I$  = Corriente A

$fp$  = Factor de Potencia

$$Eff = \frac{0,5 \cdot 746}{\sqrt{3} \cdot 220V \cdot 1,9A \cdot 0,81}$$

$$Eff = 0,0633 \cdot 100\%$$

$$Eff = 6,33\%$$

FORMULA POTENCIA DE ENTRADA.

POTENCIAS

$$P_{out} = 0,5 HP \cong 0,373kW$$

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta_{eff}} = \frac{0,373kW}{0,0633} = 5,892kW$$

FORMULA CORRIENTE DE LÍNEA.

$$I_L = \frac{P_{3\theta}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot fp} [A]$$

$$I_L = \frac{5,89kW}{\sqrt{3} \cdot 220V \cdot 0,81} = 1,9 [A]$$

RELACIÓN DE TENSION Y CORRIENTE EN CONEXIÓN DELTA O TRIÁNGULO.

$$V_L = V_f [V]$$

$$220 = 220 [V]$$

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_f [A]$$

$$I_f = \frac{I_L}{\sqrt{3}} [A]$$

$$I_f = \frac{1,9}{\sqrt{3}} = 1,09 [A]$$

RELACIÓN DE TENSIONY CORRIENTE EN CONEXIÓN ESTRELLA.

$$I_L = I_f [A]$$

$$1,9 = 1,9 [A]$$

$$V_L = \sqrt{3} \cdot V_f [V]$$

$$V_f = \frac{V_L}{\sqrt{3}} [V]$$

$$V_f = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127,01 [V]$$

MEDICION DE DATOS CON COMPONENTE ELECTRICOS

DATOS DE MEDICIÓN OBTENIDOS						
LECTURA N°	Tensión nominal (V)	Corriente nominal (A)	Potencia Entrada (kW)	Eff (%)	Conexión Delta	Conexión Estrella
					Corriente - fase (A)	Tensión - fase (V)
1	216 V	1,9A	5,89 kW	6,33%	1,9 A	127,01

**MOTOR WEG 0,5 HP TE1BFOXO (A PLENA CARGA)**



**Figura XVI.4.** Datos de placa de motor de 0,5 Hp

DATOS PLACA:

$$P = 0,5 \text{ HP}$$

$$V = 220 \text{ V}$$

$$I = 2,10 \text{ A}$$

$$fp = 0,69$$

$$\eta_{eff} = 0,67$$

PROCEDIMIENTO DE CALCULOS

FORMULA DE EFICIENCIA PARA UN MOTOR ELÉCTRICA (Eff).

$$Eff = \frac{HP \cdot 746}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot I \cdot fp}$$

Donde:

$P$  = Potencia HP

$V_L$  = Voltaje línea – línea V

$I$  = Corriente A

$fp$  = Factor de Potencia

$$Eff = \frac{0,5 \cdot 746}{\sqrt{3} \cdot 220 \text{ V} \cdot 2,1 \text{ A} \cdot 0,69}$$

$$Eff = 0,675 \cdot 100\%$$

$$Eff = 67,5\%$$

FORMULA POTENCIA DE ENTRADA.

POTENCIAS

$$P_{out} = 0,5 \text{ HP} \cong 0,373 \text{ kW}$$

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta_{eff}} = \frac{0,373 \text{ kW}}{0,675} = 0,552 \text{ kW}$$

FORMULA CORRIENTE DE LÍNEA.

$$I_L = \frac{P_{3\theta}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot fp} \quad [A]$$

$$I_L = \frac{0,552 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 220 \text{ V} \cdot 0,69} = 2,09 \quad [A]$$

RELACIÓN DE TENSION Y CORRIENTE EN CONEXIÓN DELTA O TRIÁNGULO.

$$V_L = V_f \quad [V]$$

$$220 = 220 \quad [V]$$

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_f \quad [A]$$

$$I_f = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \quad [A]$$

$$I_f = \frac{2,09}{\sqrt{3}} = 1,2 \quad [A]$$

RELACIÓN DE TENSIONY CORRIENTE EN CONEXIÓN ESTRELLA.

$$I_L = I_f \quad [A]$$

$$2,9 = 2,9 \quad [A]$$

$$V_L = \sqrt{3} \cdot V_f \quad [V]$$

$$V_f = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \quad [V]$$

$$V_f = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127,01 \quad [V]$$

MEDICION DE DATOS CON COMPONENTE ELECTRICOS

DATOS DE MEDICIÓN OBTENIDOS						
LECTURA N°	Tensión nominal (V)	Corriente nominal (A)	Potencia Entrada (kW)	Eff (%)	Conexión Delta	Conexión Estrella
					Corriente - fase (A)	Tensión - fase (V)
1	217 V	2,09A	0,552 kW	67,5%	1,2 A	127,01

### ARRANQUE VARIADOR DE FRECUENCIA

MOTOR SIEMENS 2HP 1LE0142-0EB46-4AA4-Z (A PLENA CARGA).

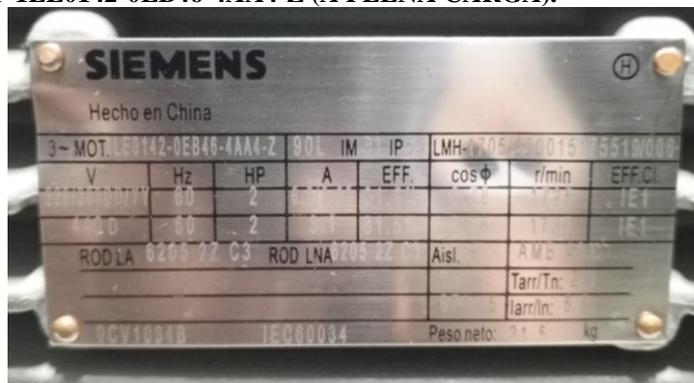


Figura XVI.5. Datos de placa de motor de 2 Hp

DATOS PLACA:

$$P = 2 \text{ HP}$$

$$V = 220 \text{ V}$$

$$I = 6,2 \text{ A}$$

$$fp = 0,78$$

$$\eta_{eff} = 0,815$$

PROCEDIMIENTO DE CALCULOS.

RELACIÓN DE TENSION Y CORRIENTE EN CONEXIÓN DELTA O TRIÁNGULO.

$$V_L = V_f \quad [V]$$

$$220 = 220 \quad [V]$$

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_f \quad [A]$$

$$I_f = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \quad [A]$$

$$I_f = \frac{6,16}{\sqrt{3}} = 3,55 \quad [A]$$

RELACIÓN DE TENSION Y CORRIENTE EN CONEXIÓN ESTRELLA.

$$I_L = I_f \quad [A]$$

$$6,16 = 6,16 \quad [A]$$

$$V_L = \sqrt{3} \cdot V_f \quad [V]$$

$$V_f = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \quad [V]$$

$$V_f = \frac{220}{\sqrt{3}} = 126 \quad [V]$$

FORMULA DE POTENCIA

$$P = \sqrt{3} \cdot V_n \cdot I_n \cdot \cos\theta \quad [W]$$

$$P = 1842 \quad [W]$$

**MOTOR VARELLY 1HP MS-80M2-4 (A PLENA CARGA).**

VARELLY MOTOR IE1 CE	
TYPE MS-80M2-4	IEC 60034-1 No. 1906045
6204 C3	6204 C3 IP 55 Ins.cl F 11 kg S1-100%
EFF- 72.1 (100%) 72.1 (75%) 70.7 (50%)	DATE 2019.06
V	Hz r/min kW COS φ A
220~230V ΔΔ	60 1665 0.75 0.76 3.59~3.44
380~400V YY	60 1665 0.75 0.76 2.08~1.98
440~460V Δ	60 1665 0.75 0.76 1.80~1.72
ELECTRIC MOTOR	

**Figura XVI.6.** Datos de placa de motor de 0,5 Hp

DATOS PLACA:

$$P = 1 \text{ HP}$$

$$V = 220V$$

$$I = 3,59 \text{ A}$$

$$fp = 0,76$$

$$\eta_{eff} = 0,707$$

RELACIÓN DE TENSION Y CORRIENTE EN CONEXIÓN DELTA O TRIÁNGULO.

$$V_L = V_f \text{ [V]}$$

$$220 = 220 \text{ [V]}$$

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_f \text{ [A]}$$

$$I_f = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \text{ [A]}$$

$$I_f = \frac{3,60}{\sqrt{3}} = 2,07 \text{ [A]}$$

RELACIÓN DE TENSION Y CORRIENTE EN CONEXIÓN ESTRELLA.

$$I_L = I_f \text{ [A]}$$

$$3,60 = 3,60 \text{ [A]}$$

$$V_L = \sqrt{3} \cdot V_f \text{ [V]}$$

$$V_f = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \text{ [V]}$$

FORMULA DE POTENCIA

$$P = \sqrt{3} \cdot V_n \cdot I_n \cdot \cos\theta \text{ [W]}$$

$$P = 967,15 \text{ [W]}$$

**MOTOR SIEMENS 1LA7 073-4YA60 - 0,75 HP (A PLENA CARGA)**

SIEMENS	3 - MOTOR 1LA7 073-4YA60
S1	IP55 230V YY / 440V Y V 1000msnm
60 Hz	IMB3 3,60 kW 5,0 Kg
AISLF 0,64	BG 071
IEC 34 Ia 3,7In	1650 rpm

**Figura XVI.7.** Datos de placa de motor de 0,75 Hp

DATOS PLACA:

$$P = 0,75 \text{ HP}$$

$$V = 220V$$

$$I = 2,9 \text{ A}$$

$$fp = 0,79$$

$$\eta_{eff} = 0,64$$

PROCEDIMIENTO DE CALCULOS.

RELACIÓN DE TENSION Y CORRIENTE EN CONEXIÓN DELTA O TRIÁNGULO.

$$V_L = V_f \text{ [V]}$$

$$220 = 220 \text{ [V]}$$

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_f \text{ [A]}$$

$$I_f = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \text{ [A]}$$

$$I_f = \frac{2,85}{\sqrt{3}} = 1,64 \text{ [A]}$$

RELACIÓN DE TENSION Y CORRIENTE EN CONEXIÓN ESTRELLA.

$$I_L = I_f \text{ [A]}$$

$$2,85 = 2,85 \text{ [A]}$$

$$V_L = \sqrt{3} \cdot V_f \text{ [V]}$$

$$V_f = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \text{ [V]}$$

$$V_f = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127,01 \text{ [V]}$$

FORMULA DE POTENCIA

$$P = \sqrt{3} \cdot V_n \cdot I_n \cdot \cos\theta \text{ [W]}$$

$$P = 872,98 \text{ [W]}$$

MOTOR SIEMENS 0,5 HP 1LA7 070-4YA60 (A PLENA CARGA)

SIEMENS		3~Motor 1LA7 070-4YA60	
	0,5/0,37	HP/kW	F.S. 1,15
071	Form. Cons. IMB3	S1	
IP 55	220YY - 440Y V	Cl. Aisl. F	
4.7 kg.	1,9 - 0,95 A	60 Hz	
IEC 34	COSφ 0,81	1590 rpm	

Figura XVI.8 Datos de placa de motor de 0,5 Hp

DATOS PLACA:

$$P = 0,5 \text{ HP}$$

$$V = 220 \text{ V}$$

$$I = 1,9 \text{ A}$$

$$fp = 0,81$$

$$\eta_{eff} = 0,636$$

PROCEDIMIENTO DE CALCULOS.

RELACIÓN DE TENSION Y CORRIENTE EN CONEXIÓN DELTA O TRIÁNGULO.

$$V_L = V_f \text{ [V]}$$

$$220 = 220 \text{ [V]}$$

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_f \text{ [A]}$$

$$I_f = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \text{ [A]}$$

$$I_f = \frac{1,9}{\sqrt{3}} = 1,09 \text{ [A]}$$

RELACIÓN DE TENSION Y CORRIENTE EN CONEXIÓN ESTRELLA.

$$I_L = I_f \text{ [A]}$$

$$1,9 = 1,9 \text{ [A]}$$

$$V_L = \sqrt{3} \cdot V_f \text{ [V]}$$

$$V_f = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \text{ [V]}$$

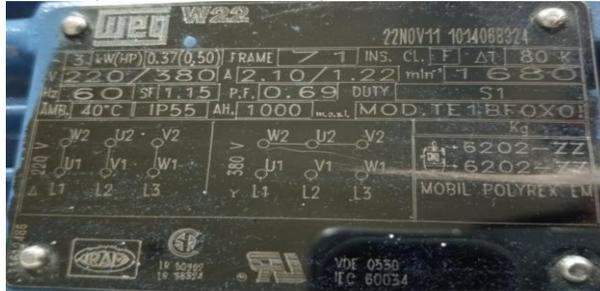
$$V_f = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127,01 \text{ [V]}$$

FORMULA DE POTENCIA

$$P = \sqrt{3} \cdot V_n \cdot I_n \cdot \cos\theta \text{ [W]}$$

$$P = 586,43 \text{ [W]}$$

**MOTOR WEG 0,5 HP TE1BFOXO (A PLENA CARGA)**



**Figura XVI.9.** Datos de placa de motor de 0,5 Hp

DATOS PLACA:

$$P = 0,5 \text{ HP}$$

$$V = 220 \text{ V}$$

$$I = 2,10 \text{ A}$$

$$fp = 0,69$$

$$\eta_{eff} = 0,67$$

PROCEDIMIENTO DE CALCULOS.

RELACIÓN DE TENSION Y CORRIENTE EN CONEXIÓN DELTA O TRIÁNGULO.

$$V_L = V_f \text{ [V]}$$

$$220 = 220 \text{ [V]}$$

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_f \text{ [A]}$$

$$I_f = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \text{ [A]}$$

$$I_f = \frac{2,09}{\sqrt{3}} = 1,2 \text{ [A]}$$

RELACIÓN DE TENSION Y CORRIENTE EN CONEXIÓN ESTRELLA.

$$I_L = I_f \text{ [A]}$$

$$2,9 = 2,9 \text{ [A]}$$

$$V_L = \sqrt{3} \cdot V_f \text{ [V]}$$

$$V_f = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \text{ [V]}$$

$$V_f = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127,01 \text{ [V]}$$

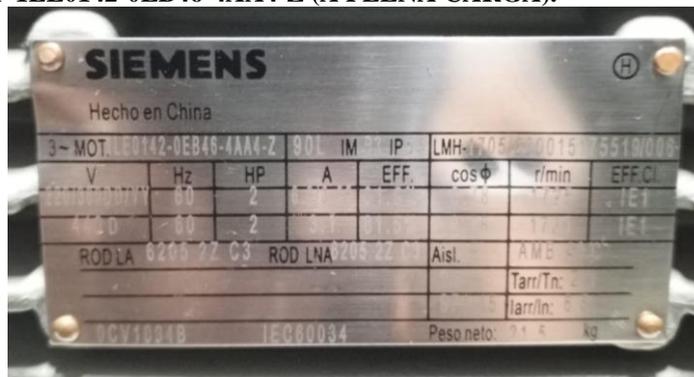
FORMULA DE POTENCIA

$$P = \sqrt{3} \cdot V_n \cdot I_n \cdot \cos\theta \text{ [W]}$$

$$P = 536,13 \text{ [W]}$$

**ARRANQUE ESTRELLA-TRIÁNGULO CON PLC S7-1200 AC/DC/RELÉ**

**MOTOR SIEMENS 2HP 1LE0142-0EB46-4AA4-Z (A PLENA CARGA).**



**Figura XVI.10.** Datos de placa de motor de 2 Hp

DATOS PLACA:

$$P = 2 \text{ HP}$$

$$V = 220 \text{ V}$$

$$I = 6,2 \text{ A}$$

$$fp = 0,78$$

$$\eta_{eff} = 0,815$$

PROCEDIMIENTO DE CALCULOS.

RELACIÓN DE TENSION Y CORRIENTE EN CONEXIÓN DELTA O TRIÁNGULO.

$$V_L = V_f \text{ [V]}$$

$$220 = 220 \text{ [V]}$$

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_f \text{ [A]}$$

$$I_f = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \text{ [A]}$$

$$I_f = \frac{6,16}{\sqrt{3}} = 3,55 \text{ [A]}$$

RELACIÓN DE TENSION Y CORRIENTE EN CONEXIÓN ESTRELLA.

$$I_L = I_f \text{ [A]}$$

$$6,16 = 6,16 \text{ [A]}$$

$$V_L = \sqrt{3} \cdot V_f \text{ [V]}$$

$$V_f = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \text{ [V]}$$

$$V_f = \frac{220}{\sqrt{3}} = 126 \text{ [V]}$$

FORMULA DE POTENCIA

$$P = \sqrt{3} \cdot V_n \cdot I_n \cdot \cos\theta \text{ [W]}$$

$$P = 1842 \text{ [W]}$$

MOTOR VARELLY 1HP MS-80M2-4 (A PLENA CARGA).

TYPE MS-80M2-4		IEC 60034-1		No. 1906045	
6204 C3	6204 C3	IP 55	Ins.cl F	11 kg	S1-100%
EFF- 72.1 (100%)	72.1 (75%)	70.7 (50%)	DATE	2019.06	
V	Hz	r/min	kW	COS φ	A
220~230V ΔΔ	60	1665	0.75	0.76	3.59~3.44
380~400V YY	60	1665	0.75	0.76	2.08~1.98
440~460V Δ	60	1665	0.75	0.76	1.80~1.72

ELECTRIC MOTOR

Figura XVI.11. Datos de placa de motor de 1 Hp

DATOS PLACA:

$$P = 1 \text{ HP}$$

$$V = 220 \text{ V}$$

$$I = 3,59 \text{ A}$$

$$fp = 0,76$$

$$\eta_{eff} = 0,707$$

RELACIÓN DE TENSION Y CORRIENTE EN CONEXIÓN DELTA O TRIÁNGULO.

$$V_L = V_f \text{ [V]}$$

$$220 = 220 \text{ [V]}$$

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_f \text{ [A]}$$

$$I_f = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \text{ [A]}$$

$$I_f = \frac{3,60}{\sqrt{3}} = 2,07 \text{ [A]}$$

RELACIÓN DE TENSION Y CORRIENTE EN CONEXIÓN ESTRELLA.

$$I_L = I_f \quad [A]$$

$$3,60 = 3,60 \quad [A]$$

$$V_L = \sqrt{3} \cdot V_f \quad [V]$$

$$V_f = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \quad [V]$$

FORMULA DE POTENCIA

$$P = \sqrt{3} \cdot V_n \cdot I_n \cdot \cos\theta \quad [W]$$

$$P = 967,15 \quad [W]$$

**MOTOR SIEMENS 1LA7 073-4YA60 - 0,75 HP (A PLENA CARGA)**



**Figura XVI.12.** Datos de placa de motor de 0,75 Hp

DATOS PLACA:

$$P = 0,75 \text{ HP}$$

$$V = 220V$$

$$I = 2,9 \text{ A}$$

$$fp = 0,79$$

$$\eta_{eff} = 0,64$$

PROCEDIMIENTO DE CALCULOS.

RELACIÓN DE TENSION Y CORRIENTE EN CONEXIÓN DELTA O TRIÁNGULO.

$$V_L = V_f \quad [V]$$

$$220 = 220 \quad [V]$$

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_f \quad [A]$$

$$I_f = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \quad [A]$$

$$I_f = \frac{2,85}{\sqrt{3}} = 1,64 \quad [A]$$

RELACIÓN DE TENSION Y CORRIENTE EN CONEXIÓN ESTRELLA.

$$I_L = I_f \quad [A]$$

$$2,85 = 2,85 \quad [A]$$

$$V_L = \sqrt{3} \cdot V_f \quad [V]$$

$$V_f = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \quad [V]$$

$$V_f = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127,01 \quad [V]$$

FORMULA DE POTENCIA

$$P = \sqrt{3} \cdot V_n \cdot I_n \cdot \cos\theta \quad [W]$$

$$P = 872,98 \quad [W]$$

**MOTOR SIEMENS 0,5 HP 1LA7 070-4YA60 (A PLENA CARGA)**

SIEMENS			3~Motor 1LA7 070-4YA60		
0,5/0,37 HP/kW		F.S. 1,15			
071	Form. Cons. IMB3		S1		
IP 55	220Y - 440Y V		Cl. Aisl. F		
4.7 kg.	1,9 - 0,95 A		60 Hz		
IEC 34	COSφ 0,81		1590 rpm		

Figura XVI.13. Datos de placa de motor de 0,5 Hp

DATOS PLACA:

$$P = 0,5 \text{ HP}$$

$$V = 220 \text{ V}$$

$$I = 1,9 \text{ A}$$

$$fp = 0,81$$

$$\eta_{eff} = 0,636$$

PROCEDIMIENTO DE CALCULOS.

RELACIÓN DE TENSION Y CORRIENTE EN CONEXIÓN DELTA O TRIÁNGULO.

$$V_L = V_f \text{ [V]}$$

$$220 = 220 \text{ [V]}$$

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_f \text{ [A]}$$

$$I_f = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \text{ [A]}$$

$$I_f = \frac{1,9}{\sqrt{3}} = 1,09 \text{ [A]}$$

RELACIÓN DE TENSION Y CORRIENTE EN CONEXIÓN ESTRELLA.

$$I_L = I_f \text{ [A]}$$

$$1,9 = 1,9 \text{ [A]}$$

$$V_L = \sqrt{3} \cdot V_f \text{ [V]}$$

$$V_f = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \text{ [V]}$$

$$V_f = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127,01 \text{ [V]}$$

FORMULA DE POTENCIA

$$P = \sqrt{3} \cdot V_n \cdot I_n \cdot \cos\theta \text{ [W]}$$

$$P = 586,43 \text{ [W]}$$

MOTOR WEG 0,5 HP TE1BFOXO (A PLENA CARGA)



Figura XVI.14. Datos de placa de motor de 0,5 Hp

DATOS PLACA:

$$P = 0,5 \text{ HP}$$

$$V = 220 \text{ V}$$

$$I = 2,10 \text{ A}$$

$$fp = 0,69$$

$$\eta_{eff} = 0,67$$

PROCEDIMIENTO DE CALCULOS.

RELACIÓN DE TENSION Y CORRIENTE EN CONEXIÓN DELTA O TRIÁNGULO.

$$\begin{aligned}
 V_L &= V_f \text{ [V]} \\
 220 &= 220 \text{ [V]} \\
 I_L &= \sqrt{3} \cdot I_f \text{ [A]} \\
 I_f &= \frac{I_L}{\sqrt{3}} \text{ [A]} \\
 I_f &= \frac{2,09}{\sqrt{3}} = 1,2 \text{ [A]}
 \end{aligned}$$

RELACIÓN DE TENSIONY CORRIENTE EN CONEXIÓN ESTRELLA.

$$\begin{aligned}
 I_L &= I_f \text{ [A]} \\
 2,9 &= 2,9 \text{ [A]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_L &= \sqrt{3} \cdot V_f \text{ [V]} \\
 V_f &= \frac{V_L}{\sqrt{3}} \text{ [V]} \\
 V_f &= \frac{220}{\sqrt{3}} = 127,01 \text{ [V]}
 \end{aligned}$$

FÓRMULA DE POTENCIA

$$\begin{aligned}
 P &= \sqrt{3} \cdot V_n \cdot I_n \cdot \cos\theta \text{ [W]} \\
 P &= 536,13 \text{ [W]}
 \end{aligned}$$

## ANEXO XVII. GUÍAS PRÁCTICA DE EXPERIMENTACIÓN

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>										
<b>PRÁCTICA ACADÉMICA</b> <b>Resolución de Ejercicios en Clase</b> <b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">CARRERA</th> <th style="width: 33%;">CÓDIGO</th> <th colspan="2" style="width: 34%;">ASIGNATURA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</td> <td style="text-align: center;">IELM 306</td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>				CARRERA	CÓDIGO	ASIGNATURA		INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	IELM 306		
CARRERA	CÓDIGO	ASIGNATURA									
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	IELM 306										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">PRÁCTICA N°</th> <th style="width: 35%;">LABORATORIO</th> <th style="width: 20%;">Instalaciones Eléctricas</th> <th style="width: 20%;">DURACIÓN (HORAS)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;"><b>DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA</b></td> <td style="text-align: center;">Arranque directo (Delta) de forma local o remota.</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> </tbody> </table>				PRÁCTICA N°	LABORATORIO	Instalaciones Eléctricas	DURACIÓN (HORAS)	01	<b>DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA</b>	Arranque directo (Delta) de forma local o remota.	3
PRÁCTICA N°	LABORATORIO	Instalaciones Eléctricas	DURACIÓN (HORAS)								
01	<b>DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA</b>	Arranque directo (Delta) de forma local o remota.	3								
<b>1   OBJETIVOS</b>											
<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaborar el esquema de circuito de fuerza y control, comprender el funcionamiento en el cableado del arranque directo para un motor trifásico en conexión delta,</li> <li>Dimensionar los componentes protecciones (eléctricas, contactores, térmicos y conductor eléctrico) para el montaje y operación a dicho sistema de arranque.</li> <li>Evaluar el sistema desarrollado de manera práctica observando el comportamiento del motor jaula de ardilla en condiciones de vacío como con carga.</li> </ul>											
<b>2   FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO</b>											
<b>2.1. NTRODUCCIÓN.</b> <p>Los motores trifásicos son una pieza fundamental en la mayoría de las instalaciones industriales y comerciales, ya que ofrecen un rendimiento superior en comparación con sus contrapartes monofásicas. Gracias a su diseño y funcionamiento, los motores trifásicos son capaces de generar un flujo de energía constante y uniforme, lo que se traduce en un arranque más suave, menor vibración y una mayor eficiencia energética. Esto los hace ideales para aplicaciones de alto rendimiento, como en bombas, compresores, transportadores, máquinas herramienta y sistemas de climatización, entre otros.</p> <p><b>ARRANQUE DIRECTO</b></p> <p>El arranque directo es poner en funcionamiento el motor eléctrico de manera inmediata y directa, es decir, aplicando la tensión nominal a las terminales del motor para permitir que este comience a girar sin la necesidad de utilizar dispositivos adicionales de control de arranque, como arrancadores suaves o variadores de frecuencia.</p>											

## CONEXIÓN DELTA

En el contexto de los motores trifásicos, existen diferentes tipos de conexiones para los bobinados: estrella (Y) y delta ( $\Delta$ ). El objetivo específico de utilizar la conexión delta es lograr una configuración de alto par de arranque, que es especialmente útil cuando se arranca con carga.

## AL VACÍO Y CON CARGA

El objetivo es que el motor pueda arrancar tanto sin carga (al vacío) como bajo carga nominal sin problemas, manteniendo un rendimiento óptimo en ambos casos.

## TRANSFORMADORES DE CORRIENTE (TC's)

Son considerados dispositivos de medición de corriente, donde la corriente del secundario en operación normal es proporcional a la corriente primaria, con un pequeño desfase. Donde su principal función es transformar la corriente y aislar los elementos de protección.

**PLC:** Es un Controlador Lógico Programable, más conocido PLC (Programmable Logic Controller, debido a siglas en inglés) es básicamente una computadora que se utiliza en la ingeniería de automatización para las industrias, es decir, para el control de la maquinaria de una fábrica o de situaciones mecánicas.

**LabVIEW:** ES un software que proporciona un potente entorno de desarrollo gráfico para el diseño de aplicaciones de Ingeniería de adquisición de datos, análisis de medidas y presentación de datos gracias a un lenguaje de programación sin la complejidad de otras herramientas de desarrollo.

## 2.2. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Red de alimentación trifásica 220V.
- 1 barra distribuidores 220 VAC,
- 1 breaker tripolar caja moldeada de 50 A.
- 6 breaker tripolar de 16 A.
- 1 breaker tripolar de 10 A.
- 1 disyuntor tripolar de 20 A.
- 6 contactor tripolar de 9A 220VAC.
- 1 contactor tripolar de 6A 220VAC.
- 1 contactor tripolar de 12A 220VAC.
- 6 relé Térmico 7-10A.
- 1 relé Térmico 4-6A.
- 1 relé Térmico 2,5-5A.
- 9 selectores 2 posiciones.
- Hoja de práctica.
- Cargas Inductivas (0,5 HP; 0,75 HP; 1 HP; 2 HP).
- Switch 5 puertos.
- PLC S7-1200.
- Instalador software LabVIEW 2019.
- Variador de Frecuencia 420.

- Sentron Pac 3220.
- Multímetro.
- Pinza Amperimétrica.
- Analizador de Redes FLUKE 435
- 3 cables ethernet.
- Conductor de Cu (3x14 AWG THHN) y terminales tipo banana.
- Ordenador.

### **2.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD**

- Comprobar la ausencia de energía eléctrica antes del conexionado.
- Realizar la conexión de control y protección de cada rama del circuito.
- Comprobar inexistencia del corto circuito entre líneas.
- Conectar los terminales del motor trifásico en configuración delta.
- EPP: Mandil, botas, guantes aislantes, casco, entre otros.

### **2.4. INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD**

- Lea y comprenda la Guía de Laboratorio de la práctica a realizar.
- Lea y comprenda las instrucciones de operación y manipulación de los dispositivos eléctricos.
- Verificar que los selectores de mando MANUAL se encuentren desactivados (OFF).
- Comprobar que las herramientas de trabajo no realicen contactos tierra.
- Siga las instrucciones mencionadas para el funcionamiento eficaz de los circuitos de medición.
- No usar el teléfono celular y prohibido correr dentro del laboratorio.
- Evitar realizar contacto directo de los terminales del motor.

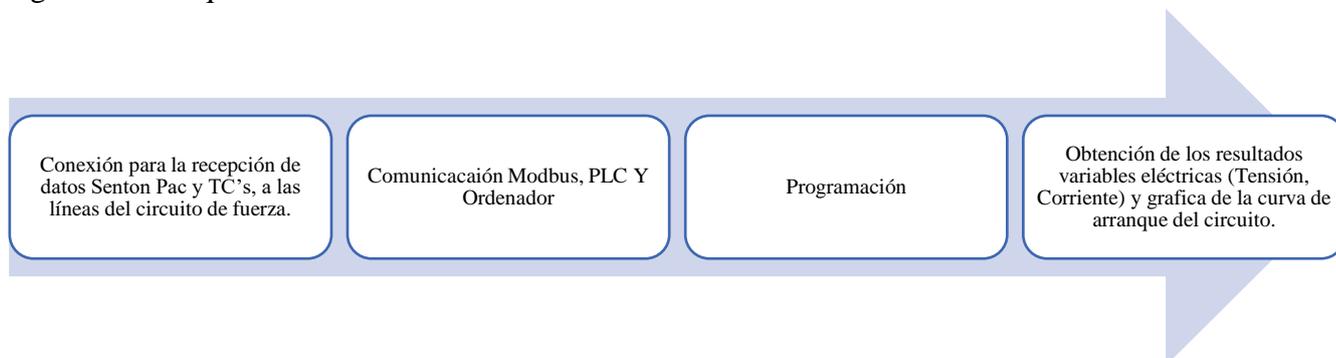
### **2.5. TRABAJO PREPARATORIO.**

#### **2.5.1. ACTIVIDADES A DESARROLLAR**

- La elaboración de los esquemas de circuitos de fuerza y control mediante el software Cade Simu permite un sistema de emulación muy completo y de fácil para la comprensión del usuario sobre el sistema eléctrico a desarrollar dentro de la práctica.
- Dimensionar los elementos del Gabinete según el Código Eléctrico Nacional (protecciones eléctricas, contactores, térmicos y TC's).
- Realizar las conexiones eléctricas de cada elemento del módulo.
- Conexión comunicación Switch; PLC- Sentron Pac 3220- Software LabVIEW.
- Observación de las Variables eléctricas en el Sentron Pac 3220.
- Visualizar, recolectar de las Variables eléctricas y del comportamiento de la corriente de arranque en la interfaz de LabVIEW y el Analizador de redes.
- Visualización de las Variables eléctricas con el multímetro y pinza amperimétrica.

## 2.6. METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL.

Para poder desarrollar la práctica se considera los siguientes procesos, como se muestra en el siguiente diagrama de bloques.



### **Conexión del Sentron Pac 3220 y TC's a las líneas del circuito de fuerza (R, S, T).**

Se realiza conexiones de las salidas del Sentron Pac a las entradas de los TC's para la recepción de parámetros eléctricos.

### **Comunicación y Ordenador.**

Para realizar la comunicación modbus se deben configurar la IP de cada uno de los dispositivos que receptaran y enviaran información.

### **Programación.**

Transmitir los datos desde el software TIA Portal y el software LabVIEW.

### **Obtención de los resultados variables eléctricas (Tensión, Corriente) y grafica del comportamiento de la corriente de arranque del circuito.**

Finalmente, los datos compilados por los TC's permitirán obtener graficas con los resultados obtenidos para Tensión, Corriente y el comportamiento de la corriente de arranque del motor.

## INFORME PRÁCTICO

### UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

#### LABORATORIO DE SIMULACIÓN

#### CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

#### INFORME DE PRÁCTICA

TEMA: Arranque directo configuración delta de manera local y remota.

NÚMERO DE PRÁCTICA :01

NOMBRE(S): Chiliquinga Darío- Iza Ariel

FECHA:20/06/2023

## 3 PROCEDIMIENTO

### 3.1. Cargas inductivas para el sistema.

Se deberá considerar la potencia de todas las cargas que se instalaran a la red.

Memoria Técnica	Cantidad	Motor-Marca	Potencia (HP)
	6	Motor1- VALLERY	1 HP
	1	Motor2- SIEMENS	0,5 HP
	1	Motor3- SIEMENS	0,75 HP
	1	Motor4- SIEMENS	2 HP
<b>Carga Instalada</b>			<b>8,75 HP</b>

### 3.2. Dimensionar los elementos del módulo.

Ítem 1: Determinar la corriente a plena carga en la Tabla 430.250 “Corriente a plena carga en motores trifásicos”.

Tensión (V)	Potencia (PH)	Placa: Corriente Nominal (A)	Tabla 430-250: Corriente a plena carga (A)
220/380 V	1 HP	3,54 A	4,2 A
220/380 V	0,5 HP	1,9 A	2,2 A
220/380 V	0,75 HP	2,9 A	3,2 A
220/380 V	2 HP	6,2 A	6,8 A

Ítem 2. Dimensionar y seleccionar el componente contra cortocircuito y fallas a tierra, según la Tabla 430-52.

$$I_{protección} = I_{pc} \cdot 250\%$$

$$I_{protección} = 4,2 \cdot 2,5$$

$$I_{protección} = 10,5 [A]$$

Potencia (PH)	Tabla 430-52: Porcentaje de Corriente a plena carga (%)	Tabla 430-250: Corriente a plena carga (A)	Corriente de Protección (A)
1 HP	250	4,2 A	10,5 A
0,5 HP	250	2,2 A	5,5 A
0,75 HP	250	3,2 A	8 A
2 HP	250	6,8 A	17 A

**Ítem 3.** Normalizar los valores obtenidos según el Art.-240.6 “Valores en Amperios Normalizados”.

Potencia (PH)	Corriente de Protección eléctrica (A)	Valores de corriente normalizadas para Interruptores automáticos de tiempo inverso
1 HP	10,5 A	16 A
0,5 HP	5,5 A	10 A
0,75 HP	8 A	10 A
2 HP	17 A	20 A

**Ítem 4.** Dimensionar y seleccionar la corriente del relé térmico, según la Tabla 430-32, literal (2) “Motores de Servicio Continuo”.

$$I_{\text{térmico}} = I_{pc} \cdot 170\%$$

$$I_{\text{térmico}} = 4,2 \cdot 1,7$$

$$I_{\text{térmico}} = 7,14 [A]$$

Potencia (PH)	Tabla 430-250: Corriente a plena carga (A)	Tabla 430-32: Porcentaje de Corriente a plena carga (%)	Corriente del Relé Térmico	Normalizado
1 HP	4,2 A	170	7,14 A	7-10 A
0,5 HP	2,2 A	170	3,74 A	2,5-5 A
0,75 HP	3,2 A	170	5,44 A	2,5-5 A
2 HP	6,8 A	170	11,56 A	10 –12 A

**Ítem 5.** Dimensionar y seleccionar la corriente del contactor, según el Artículo 430-83 “Valore Nominales”, de tal manera que expresa que para motores de 2 caballos de fuerza o menos, el contactor debe ser al doble del valor nominal de corriente de plena carga de motor.

$$I_{\text{contactor}} = I_{pc} \cdot 2$$

$$I_{\text{contactor}} = 4,2 \cdot 2$$

$$I_{\text{contactor}} = 8,4 [A]$$

Potencia (PH)	Tabla 430-250: Corriente a plena carga (A)	Motores estacionarios de 2HP o menos	Corriente del contactor Bobina 220VAC	Normalizado
1 HP	4,2 A	2	8,4 A	9 A
0,5 HP	2,2 A	2	4,4 A	6 A
0,75 HP	3,2 A	2	6,4 A	6 A
2 HP	6,8 A	2	13,6 A	16 A

**Ítem 6.** Dimensionar y seleccionar calibre del conductor, según el artículo 210.19 “Ampacidad mínima y calibre mínimo”; la tabla 310.16 “Temperatura de trabajo del conductor”. Bajo normativa nos indica el literal g, que el conductor de motores no debe ser menor a 2,08 mm<sup>2</sup>, por lo tanto, se escoge el cable número 14.

$$I_{conductor} = I_{pc} \cdot 125\%$$

$$I_{conductor} = 4,2 \cdot 1,25$$

$$I_{conductor} = 5,25 [A]$$

Potencia (HP)	Tabla 430-250: Corriente a plena carga (A)	Porcentaje de ampacidad (%)	Calibre por ampacidad y calibre máximo (A)	Calibre del Conductor
1 HP	4,2 A	125	5,25 A	14 AWG-THHN
0,5 HP	2,2 A	125	2,75 A	14 AWG-THHN
0,75 HP	3,2 A	125	4 A	14 AWG-THHN
2 HP	6,8 A	125	8,5 A	14 AWG-THHN

**Ítem 7.** Para determinar la corriente total a plena carga de los motores eléctricos, considerando los valores obtenidos en el ítem anterior.

Cantidad	Tabla 430-250: Corriente a plena carga (A)	Potencia (HP)	Corriente a plena carga total. (A)
6	4,2 A	1 HP	25,2 A
1	2,2 A	0,5 HP	2,2 A
1	3,2 A	0,75 HP	3,2 A
1	6,8 A	2 HP	6,8 A
<b>Corriente total de cargas inductivas</b>			<b>37,4 A</b>

**Ítem 8.** Seleccionar la protección contra corto circuitos y fallas a tierra tipo “Interruptor automático de tiempo inverso” en donde se multiplicará el 250% al valor de corriente total inductivo.

Corriente total (PLC, Sentron Pac 3220, Switch, VDF)	Corriente a plena total inductiva	Valor nominal de interruptor automático de tiempo inverso	Corriente de protección Principal general	Normalizado
2,265 A	37,4 A	2,5	99,162 A	100 A

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

$$I_p: \text{Corriente nominal primario [A]}$$

$$I_s: \text{Corriente nominal secundario [A]}$$

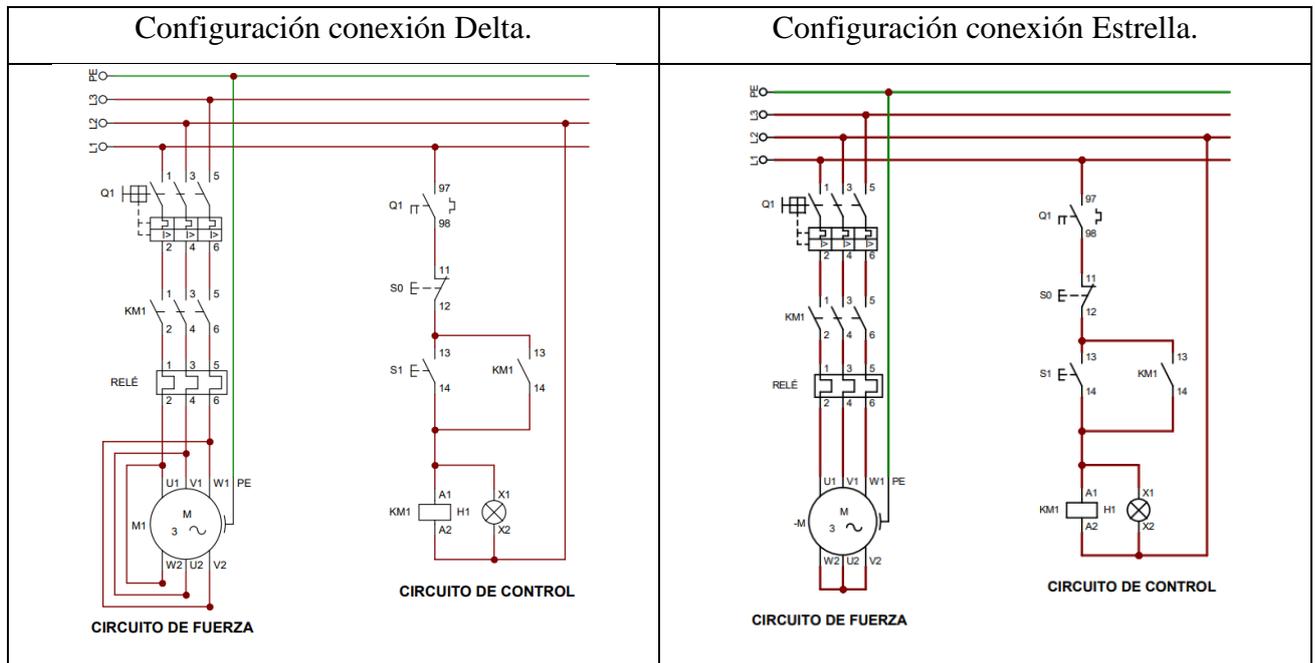
Se selecciona un transformador de corriente con un criterio de normalizado del componente 100 (A) para poder tener una lectura de datos en un componente de medición se requiere de transformadores de corriente que permitan corresponder mediante una relación de bobinados: corrientes altas y transformarlas a pequeñas que el medidor de energía pueda calcular.

- Dimensionamiento del conductor. - El calibre mínimo recomendado para un alimentador, desde el medidor hasta el tablero de distribución único, debe ser el No. 6 AWG de cobre aislado tipo THHN.

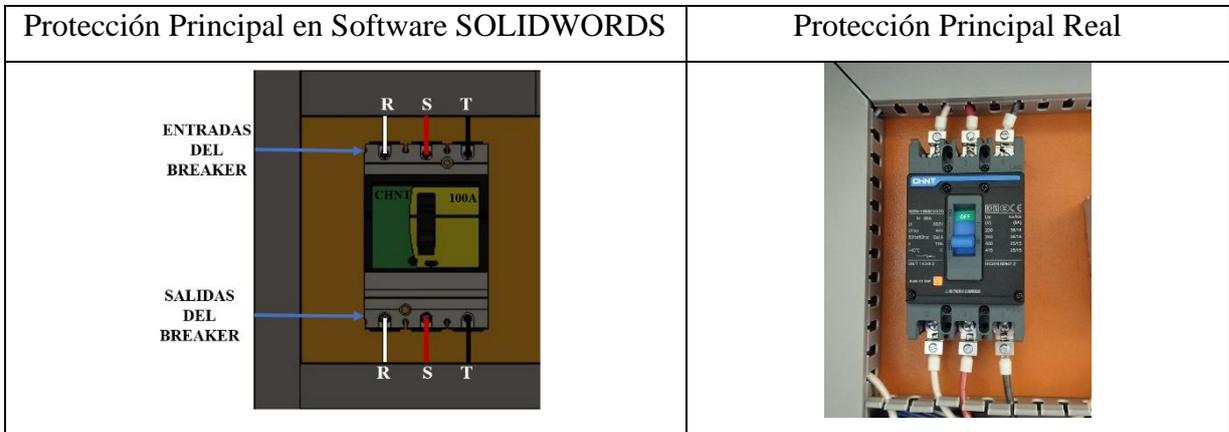
Se selecciona bajo el criterio con respecto al breaker principal 100 (A) de alimentación (R, S, T, N) se escoge un conductor de corriente número 8 AWG THHN (8,37 mm<sup>2</sup>) de cobre aislado (4x8).

### 3.1. Conexión de los elementos del módulo:

1. Realizar la conexión del circuito fuerza y control por cada rama para la carga inductiva mediante el software CadeSimu.

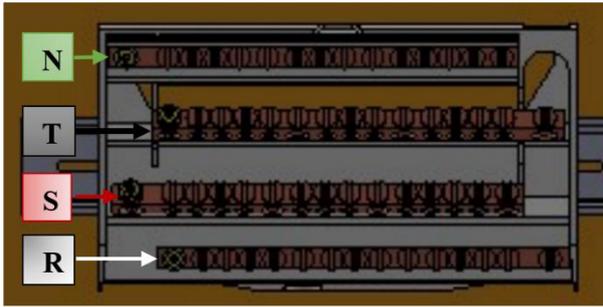


2. Conectar la acometida trifásica 220V de tres fases (R, S, T) a las entradas de la protección principal y las salidas a la barra de distribución del sistema, incluyendo el Neutro.



3. Conectar las salidas del breaker principal a la barra de distribución las fases R, S, T y Neutro.

Protección Principal en Software SOLIDWORDS

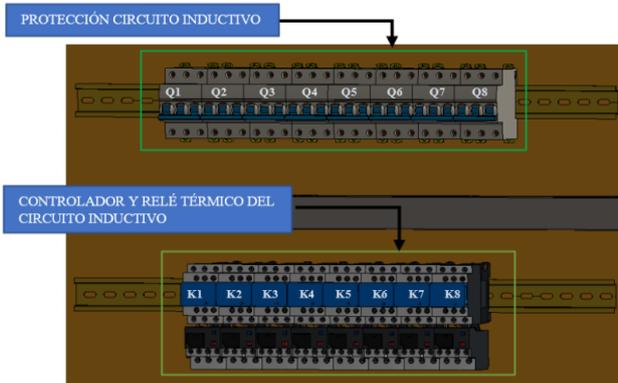


Protección Principal Real



4. Colocar las protecciones eléctricas, contactores, relés térmicos por cada carga inductiva en el riel DIN.

Protección Principal en Software SOLIDWORDS



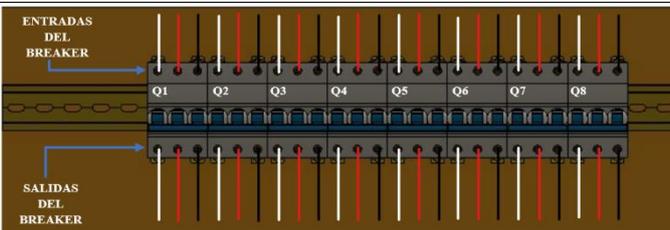
Protección Principal Real



5. Desde la barra de distribución se suministrará energía de manera ordenada e individual, la conexión de las tres fases (R, S, T) en cada una de las entradas de las protecciones del circuito inductivo (breaker) y las salidas a los contactores eléctricos.

<b>Color conductor #14AWG THHN</b>	BLANCO	ROJO	NEGRO
<b>Identificación</b>	R	S	T

Protección Principal en Software SOLIDWORDS

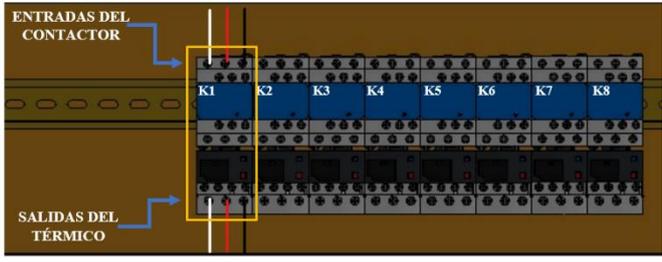


Protección Principal Real

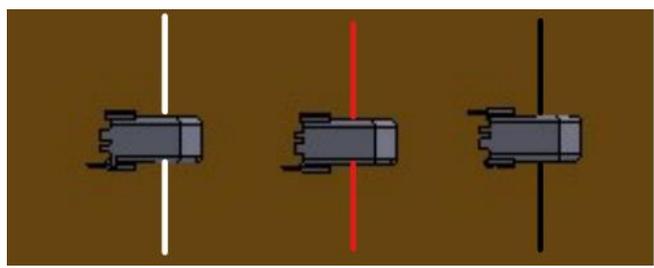


6. Las salidas de las protecciones eléctricas se conectarán hacia las entradas del Contactor-Relé Térmico (R, S, T) y las salidas del relé térmico deberán atravesar por los TC's.

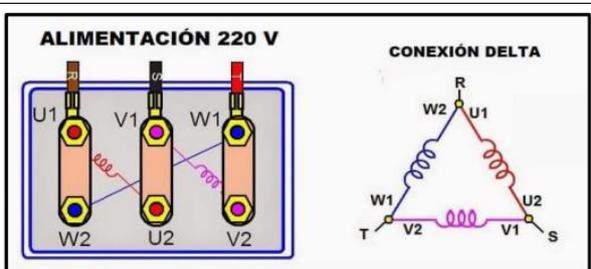
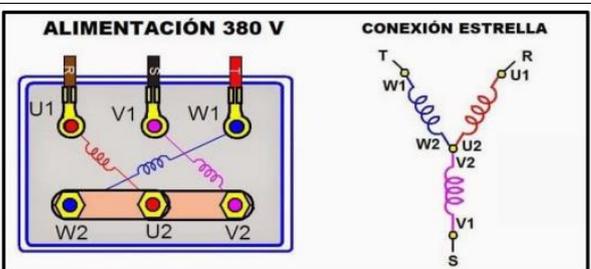
<b>Color conductor #14AWG THHN</b>	BLANCO	ROJO	NEGRO
------------------------------------	--------	------	-------

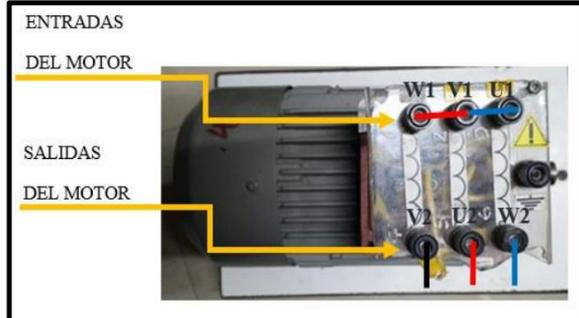
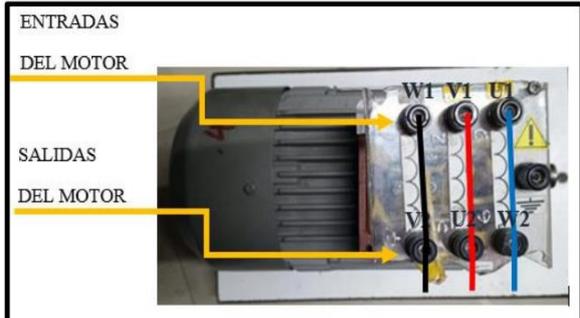
<b>Identificación</b>	<b>R</b>	<b>S</b>	<b>T</b>
<b>Protección Principal en Software SOLIDWORDS</b>		<b>Protección Principal Real</b>	
			

7. Las salidas del relé térmico R, S, T atravesará de forma interna e individual por cada uno de los TC's - 100/5A, en dirección a los bornes del motor trifásico (U, V, W) para la recepción de datos en el medidor de energía Sentron Pac 3220.

<b>Color conductor #14AWG THHN</b>	<b>BLANCO</b>	<b>ROJO</b>	<b>NEGRO</b>
<b>Identificación</b>	<b>R</b>	<b>S</b>	<b>T</b>
<b>Protección Principal en Software SOLIDWORDS</b>		<b>Protección Principal Real</b>	
			

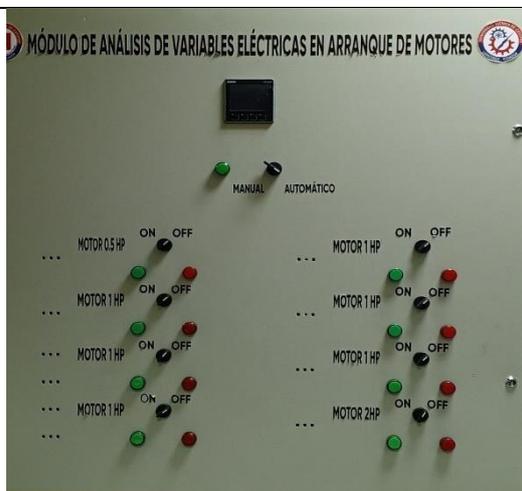
8. Se conectará hacia las borneras marcadas del motor, según la normativa de marcación IEC (U1, V1, W1-U2, W2, V2) y configuración para el arranque directo.

<b>Motor Trifásico 2 HP</b>	
<b>Configuración conexión Delta.</b>	<b>Configuración conexión Estrella.</b>
	

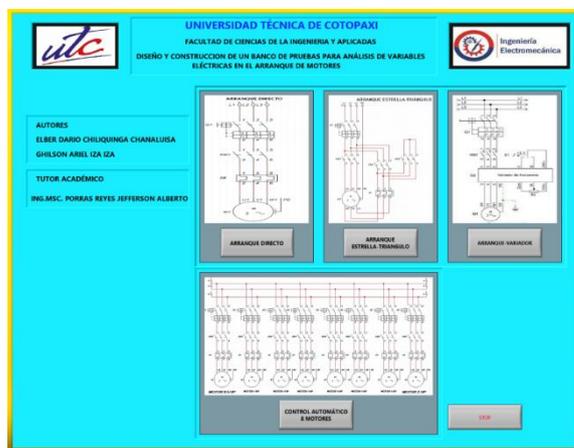


9. Operación del motor Manual/Automático del módulo, el cual permite la forma energización local o remota para la operación de motores.

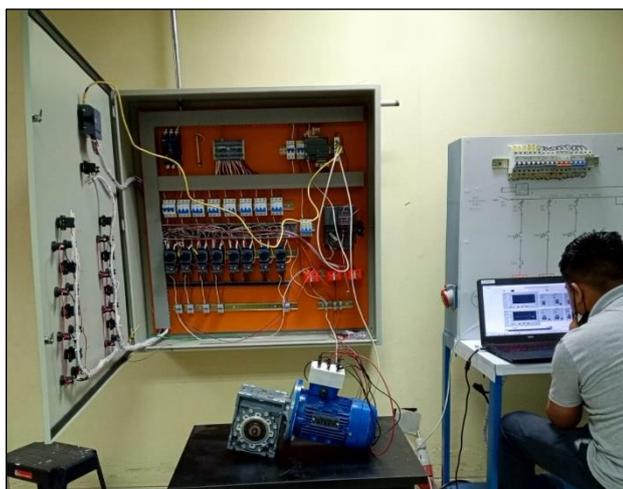
Mando Manual/Local.



Mando Automático/Remota

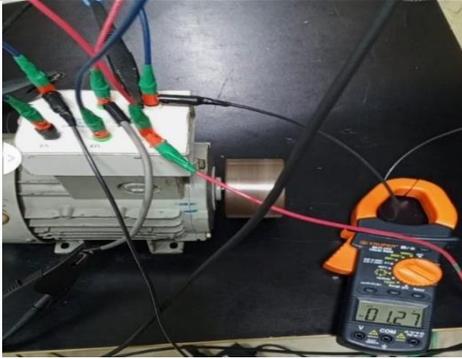


10. Visualización del gabinete de control previamente ya conectado.

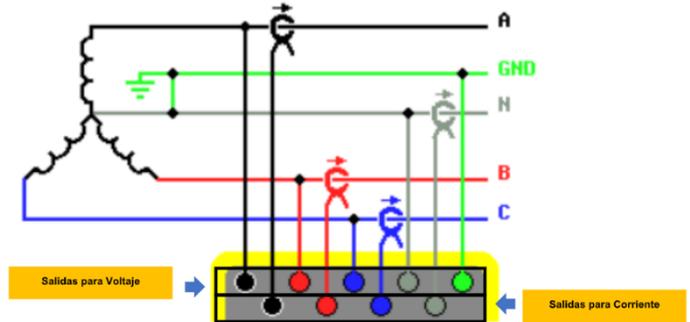


11. Visualizar las variables eléctricas que se reflejan en el voltímetro ( $V_{L-L}$ ;  $V_{L-N}$ ), la pinza amperimétrica y analizador de redes.

**PINZA AMPERIMÉTRICA**



**ANALIZADOR DE REDES**



12. Visualización y captura de la curva del arranque del motor seleccionado para la práctica.

**5 RESULTADOS DE LA PRÁCTICA**

5.1. Registro de variables eléctricas obtenidas del software LabVIEW, analizador de redes para su comparación de resultados obtenidos.

**Motor SIEMENS 2HP**

<b>Condición arranque AL VACÍO (Amperios)</b>			
<b>Corriente Arranque (Iarr)</b>		<b>Corriente Operación (Iop)</b>	
<b>Analizador de Redes</b>	<b>LabVIEW</b>	<b>Analizador de Redes</b>	<b>LabVIEW</b>
L1=10,1 A	L1=9,57 A	L1=4,1 A	L1=4,07 A
L2=9,8 A	L2=9,12 A	L2=4,7 A	L2=3,89 A
L3=10 A	L3=9,26 A	L3=4,2 A	L3=4,2 A
<b>Promedio (Iprom)</b>		<b>Promedio (Iprom)</b>	
9,96 A	9,31 A	4,33 A	4,06 A
<b>Error Porcentual</b>		<b>Error Porcentual</b>	
6,98%		6,65%	
<b>Condición arranque CON CARGA PESA:9 lb (Amperios)</b>			
<b>Corriente Arranque (Iarr)</b>		<b>Corriente Operación (Iop)</b>	
<b>Analizador de Redes</b>	<b>LabVIEW</b>	<b>Analizador de Redes</b>	<b>LabVIEW</b>
L1=21 A	L1=17,27 A	L1=4,1 A	L1=3,99 A
L2=20,1 A	L2=17,06 A	L2=4,7 A	L2=3,85 A
L3=20,3 A	L3=17,19 A	L3=4,2 A	L3=4,11 A
<b>Promedio (Iprom)</b>		<b>Promedio (Iprom)</b>	
20,46 A	17,16 A	4,33 A	3,98 A
<b>Error porcentual</b>		<b>Error Porcentual</b>	
19,23%		8,79%	

**Tensión en relación a la corriente.**

Tensión arranque AL VACÍO (Voltios)					
Tensión Arranque (Varr)			Tensión Operación (Vop)		
Analizador de Redes	LabVIEW		Analizador de Redes	LabVIEW	
L1=210,93 V	L1=210,31 V		L1=216,98 V	L1=215,04 V	
L2=213,05 V	L2=212,05 V		L2=216,69 V	L2=216,83 V	
L3=210,91 V	L3=211,59 V		L3=217,45 V	L3=216,75 V	
Promedio (Iprom)			Promedio (Iprom)		
211,91 V	211,31 V		217,12 V	216,2 V	
Error Porcentual			Error Porcentual		
0,28%			0,42%		
Condición arranque CON CARGA PESA:9lb (Voltios)					
Tensión Arranque (Varr)			Tensión Operación (Vop)		
Analizador de Redes	LabVIEW		Analizador de Redes	LabVIEW	
L1=209,97 V	L1=207,4 V		L1=216,98 V	L1=215,04 V	
L2=208,17 V	L2=206,54 V		L2=216,69 V	L2=216,83 V	
L3=207,79 V	L3=206,26 V		L3=217,45 V	L3=216,75 V	
Promedio (Iprom)			Promedio (Iprom)		
208,79 V	206,26 V		214,54 V	214,26 V	
Error Porcentual			Error Porcentual		
1,22%			0,13%		

5.1.1. CÁLCULOS.

**ARRANQUE DIRECTO**

**MOTOR SIEMENS 2HP 1LE0142-0EB46-4AA4-Z.**



**AL VACÍO.**

Datos placa:

$$P = 2 \text{ HP}$$

$$V = 220\text{V}$$

$$fp = 0,78$$

Al vacío: Consiste en poner en operación al motor sin carga mecánica en el eje, es decir, se encuentra en operación de eje libre.

En vacío:

$$n_m \cong n_{sin}$$

Potencia consumida por el motor es:

$$P_0 = P_{Cu} + P_{Fe} + P_{Me}$$

$$P_{Cu} \ll P_{Fe} + P_{Me}$$

$$I_0 \ll I_n$$

Ecuación corriente de línea.

$$I_0 = \frac{P_{3\theta}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot fp} \quad [A]$$

$$I_0 = \frac{1,492 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 220\text{V} \cdot 0,78} = 5,02 \text{ [A]}$$

Eficiencia para un motor eléctrica (Eff).

$$Eff = \frac{81,5\% \cdot 5,02}{6,2} = 65,80\%$$

Relación de conexión delta o triángulo.

Tensión

$$V_L = V_f \quad [V]$$

$$220 = 220 \quad [V]$$

Corriente

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_f \quad [A]$$

$$I_f = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \quad [A]$$

$$I_f = \frac{5,02}{\sqrt{3}} = 2,89 \text{ [A]}$$

Relación de conexión estrella.

Corriente

$$I_L = I_f \quad [A]$$

$$5,02 = 5,02 \quad [A]$$

Tensión

$$V_L = \sqrt{3} \cdot V_f \quad [V]$$

$$V_f = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \quad [V]$$

$$V_f = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127 \quad [V]$$

### CON CARGA.

Datos placa:

$$P = 2 \text{ HP}$$

$$V = 220V$$

$$I = 6,2 \text{ A}$$

$$fp = 0,78$$

$$\eta_{eff} = 0,815$$

Procedimiento de cálculos.

Ecuación de eficiencia para un motor eléctrica (Eff).

$$Eff = \frac{HP \cdot 746}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot I \cdot fp}$$

Donde:

$$P = \text{Potencia HP}$$

$$V_L = \text{Voltaje línea - línea V}$$

$$I = \text{Corriente A}$$

$$fp = \text{Factor de Potencia}$$

$$Eff = \frac{(1492) \cdot (746)}{\sqrt{3} \cdot 220V \cdot 6,2A \cdot 0,78}$$

$$Eff = 81,06 \cdot 100\%$$

$$Eff = 81\%$$

Ecuación de Potencias

$$P_{out} = 2 \text{ HP} \cong 1,492kW$$

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta_{eff}} = \frac{1,492kW}{0,815} = 1,830kW$$

Ecuación corriente de línea.

$$I_L = \frac{P_{3\theta}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot fp \cdot \eta_{eff}} \quad [A]$$

$$I_L = \frac{1,492kW}{\sqrt{3} \cdot 220V \cdot 0,78 \cdot 0,815} = 6,16 [A]$$

Relación de conexión delta o triángulo.

Tensión

$$V_L = V_f [V]$$

$$220 = 220 [V]$$

Corriente

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_f [A]$$

$$I_f = \frac{I_L}{\sqrt{3}} [A]$$

$$I_f = \frac{6,16}{\sqrt{3}} = 3,55 [A]$$

Relación de conexión estrella.

Corriente0

$$I_L = I_f [A]$$

$$6,16 = 6,16 [A]$$

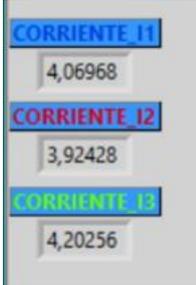
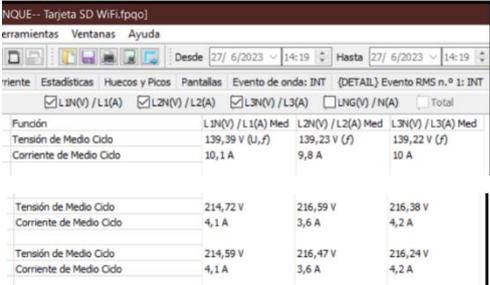
Tensión

$$V_L = \sqrt{3} \cdot V_f [V]$$

$$V_f = \frac{V_L}{\sqrt{3}} [V]$$

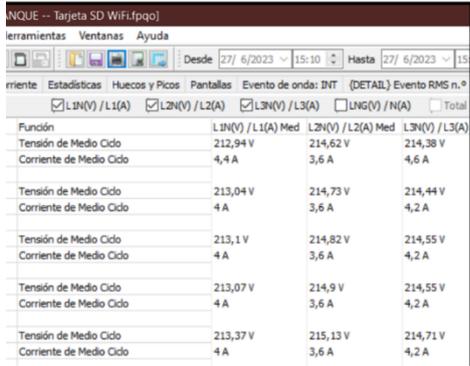
$$V_f = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127 [V]$$

5.1.2. Recopilar y adjuntar imagen de las variables eléctricas del software LabVIEW y el analizador de redes.

<b>PRUEBA-VARIABLES ELÉCTRICAS (VACÍO)</b>																													
<b>Imagen</b>																													
<b>LabVIEW (Interfaz)</b> <b>Tensión y Corriente</b>	<b>Analizador de Redes (Interfaz)</b> <b>Tensión y Corriente</b>																												
	 <table border="1"><thead><tr><th>Función</th><th>L1N(V) / L1(A) Med</th><th>L2N(V) / L2(A) Med</th><th>L3N(V) / L3(A) Med</th></tr></thead><tbody><tr><td>Tensión de Medio Cido</td><td>139,39 V (U<sub>r</sub>f)</td><td>139,23 V (f)</td><td>139,22 V (f)</td></tr><tr><td>Corriente de Medio Cido</td><td>10,1 A</td><td>9,8 A</td><td>10 A</td></tr><tr><td>Tensión de Medio Cido</td><td>214,72 V</td><td>216,59 V</td><td>216,38 V</td></tr><tr><td>Corriente de Medio Cido</td><td>4,1 A</td><td>3,6 A</td><td>4,2 A</td></tr><tr><td>Tensión de Medio Cido</td><td>214,99 V</td><td>216,47 V</td><td>216,24 V</td></tr><tr><td>Corriente de Medio Cido</td><td>4,1 A</td><td>3,6 A</td><td>4,2 A</td></tr></tbody></table>	Función	L1N(V) / L1(A) Med	L2N(V) / L2(A) Med	L3N(V) / L3(A) Med	Tensión de Medio Cido	139,39 V (U <sub>r</sub> f)	139,23 V (f)	139,22 V (f)	Corriente de Medio Cido	10,1 A	9,8 A	10 A	Tensión de Medio Cido	214,72 V	216,59 V	216,38 V	Corriente de Medio Cido	4,1 A	3,6 A	4,2 A	Tensión de Medio Cido	214,99 V	216,47 V	216,24 V	Corriente de Medio Cido	4,1 A	3,6 A	4,2 A
Función	L1N(V) / L1(A) Med	L2N(V) / L2(A) Med	L3N(V) / L3(A) Med																										
Tensión de Medio Cido	139,39 V (U <sub>r</sub> f)	139,23 V (f)	139,22 V (f)																										
Corriente de Medio Cido	10,1 A	9,8 A	10 A																										
Tensión de Medio Cido	214,72 V	216,59 V	216,38 V																										
Corriente de Medio Cido	4,1 A	3,6 A	4,2 A																										
Tensión de Medio Cido	214,99 V	216,47 V	216,24 V																										
Corriente de Medio Cido	4,1 A	3,6 A	4,2 A																										

## PRUEBA-Variables Eléctricas (Carga)

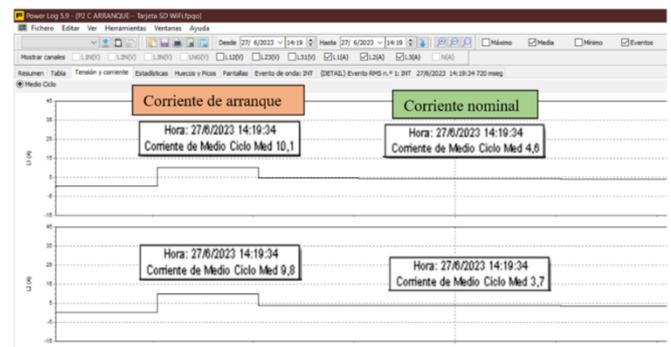
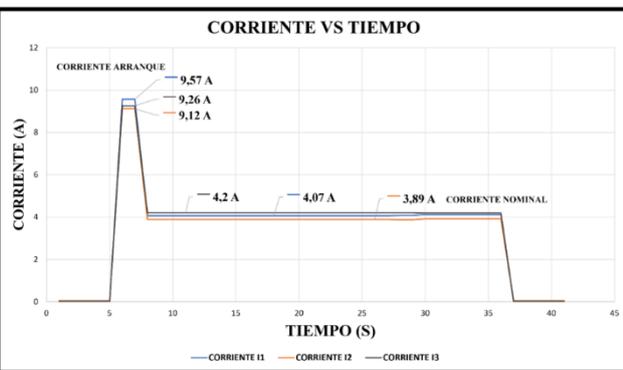
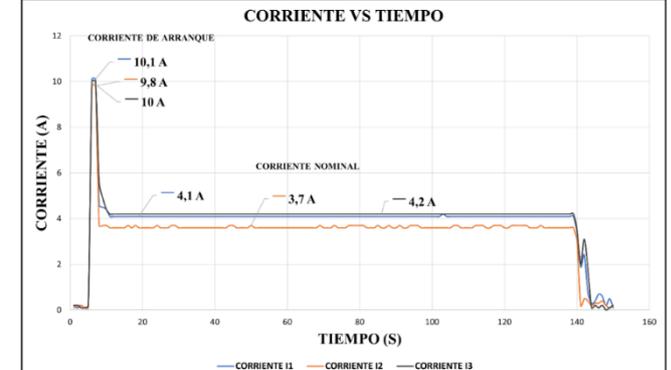
### Imagen

<b>LabVIEW (Interfaz)</b> <b>Tensión y Corriente</b>	<b>Analizador de Redes (Interfaz)</b> <b>Tensión y Corriente</b>																																												
	 <table border="1" style="margin: auto; font-size: small;"> <thead> <tr> <th>Función</th> <th>L1N(V) / L1(A) Med</th> <th>L2N(V) / L2(A) Med</th> <th>L3N(V) / L3(A) Med</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tensión de Medio Ciclo</td> <td>212,94 V</td> <td>214,62 V</td> <td>214,38 V</td> </tr> <tr> <td>Corriente de Medio Ciclo</td> <td>4,4 A</td> <td>3,6 A</td> <td>4,6 A</td> </tr> <tr> <td>Tensión de Medio Ciclo</td> <td>213,04 V</td> <td>214,73 V</td> <td>214,44 V</td> </tr> <tr> <td>Corriente de Medio Ciclo</td> <td>4 A</td> <td>3,6 A</td> <td>4,2 A</td> </tr> <tr> <td>Tensión de Medio Ciclo</td> <td>213,1 V</td> <td>214,82 V</td> <td>214,55 V</td> </tr> <tr> <td>Corriente de Medio Ciclo</td> <td>4 A</td> <td>3,6 A</td> <td>4,2 A</td> </tr> <tr> <td>Tensión de Medio Ciclo</td> <td>213,07 V</td> <td>214,9 V</td> <td>214,55 V</td> </tr> <tr> <td>Corriente de Medio Ciclo</td> <td>4 A</td> <td>3,6 A</td> <td>4,2 A</td> </tr> <tr> <td>Tensión de Medio Ciclo</td> <td>213,37 V</td> <td>215,13 V</td> <td>214,71 V</td> </tr> <tr> <td>Corriente de Medio Ciclo</td> <td>4 A</td> <td>3,6 A</td> <td>4,2 A</td> </tr> </tbody> </table>	Función	L1N(V) / L1(A) Med	L2N(V) / L2(A) Med	L3N(V) / L3(A) Med	Tensión de Medio Ciclo	212,94 V	214,62 V	214,38 V	Corriente de Medio Ciclo	4,4 A	3,6 A	4,6 A	Tensión de Medio Ciclo	213,04 V	214,73 V	214,44 V	Corriente de Medio Ciclo	4 A	3,6 A	4,2 A	Tensión de Medio Ciclo	213,1 V	214,82 V	214,55 V	Corriente de Medio Ciclo	4 A	3,6 A	4,2 A	Tensión de Medio Ciclo	213,07 V	214,9 V	214,55 V	Corriente de Medio Ciclo	4 A	3,6 A	4,2 A	Tensión de Medio Ciclo	213,37 V	215,13 V	214,71 V	Corriente de Medio Ciclo	4 A	3,6 A	4,2 A
Función	L1N(V) / L1(A) Med	L2N(V) / L2(A) Med	L3N(V) / L3(A) Med																																										
Tensión de Medio Ciclo	212,94 V	214,62 V	214,38 V																																										
Corriente de Medio Ciclo	4,4 A	3,6 A	4,6 A																																										
Tensión de Medio Ciclo	213,04 V	214,73 V	214,44 V																																										
Corriente de Medio Ciclo	4 A	3,6 A	4,2 A																																										
Tensión de Medio Ciclo	213,1 V	214,82 V	214,55 V																																										
Corriente de Medio Ciclo	4 A	3,6 A	4,2 A																																										
Tensión de Medio Ciclo	213,07 V	214,9 V	214,55 V																																										
Corriente de Medio Ciclo	4 A	3,6 A	4,2 A																																										
Tensión de Medio Ciclo	213,37 V	215,13 V	214,71 V																																										
Corriente de Medio Ciclo	4 A	3,6 A	4,2 A																																										

5.1.3. Obtener y adjuntar imagen de la curva de arranque del motor obtenidas del analizador de redes y software LabVIEW.

## PRUEBA-Curva de Arranque (Vacío)

### Imagen

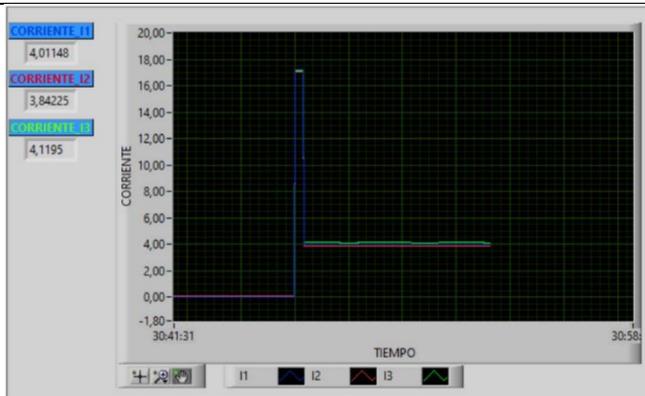
<b>LabVIEW (Interfaz y Excel)</b> <b>Relación Corriente VS Tiempo</b>	<b>Analizador de Redes (Interfaz y Excel)</b> <b>Relación Corriente VS Tiempo</b>
	
	

## PRUEBA-Curva de Arranque (Carga)

### Imagen

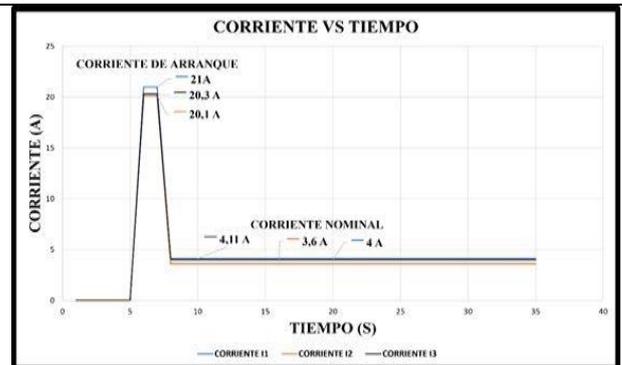
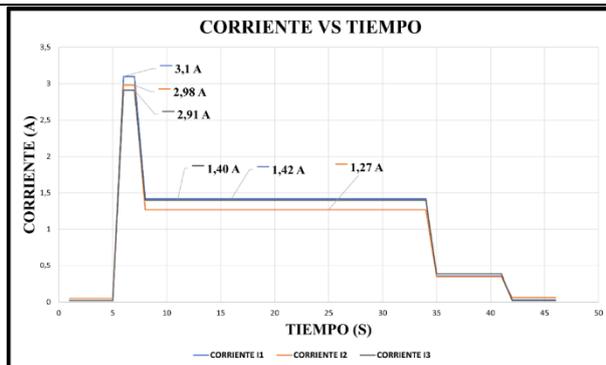
#### LabVIEW (Interfaz y Excel)

#### Relación Corriente VS Tiempo



#### Analizador de Redes (Interfaz y Excel)

#### Relación Corriente VS Tiempo



El presente trabajo tiene la finalidad de evaluar y comparar diferentes metodologías de prueba para la obtención de los parámetros eléctricos y la visualización de la curva característica de un motor de trifásico se aplicaron dos condiciones; al vacío y con carga, en operación del tipo de conexión delta se realiza una comparación de ambos resultados. En el laboratorio de máquinas eléctricas se implementa dicha metodología, por lo que se presenta un resumen de la misma y los resultados de la realización de estos ensayos para la determinación de los parámetros que hacen parte del circuito equivalente por fase del motor de inducción trifásico.

### 5.1. CUESTIONARIO:

1. ¿Cuál es la función del interruptor termomagnético trifásico?

Su función es cortar la corriente eléctrica de un circuito automáticamente ante la presencia de una falla, así es parte fundamental de proteger el circuito eléctrica

2. ¿Como designar los componentes durante la toma de decisiones?

La selección de los competentes eléctricos como protecciones, contactor, térmicos y conductor se basó en normas establecidas en el Ecuador y la normalización de los resultados obtenidos para así seleccionar un componente eléctrico dentro del mercado local siendo así para la implementación del sistema.

3. ¿Cuál es la comunicación desarrollada para obtención de datos?

Comunicación Modbus, PLC y Ordenador con los siguientes componentes TC's-Sentron Pac 3220- PLC S7-1200

<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES</b>
----------	---------------------

--	--

<b>7</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>
----------	------------------------

--	--

<b>8</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.</b>
----------	------------------------------------

--	--

<b>9</b>	<b>ANEXOS</b>
----------	---------------

--	--



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

### PRÁCTICA ACADÉMICA Resolución de Ejercicios en Clase INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CARRERA	CÓDIGO	ASIGNATURA
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	IELM 306	

PRÁCTICA N°	LABORATORIO	Instalaciones Eléctricas	DURACIÓN (HORAS)
02	DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA	Arranque Estrella-Delta de forma local y remota	3

#### 1 OBJETIVOS

- Elaborar el esquema de circuito de fuerza y control, comprender el funcionamiento en el cableado del arranque directo para un motor trifásico en conexión delta,
- Dimensionar los componentes protecciones (eléctricas, contactores, térmicos y conductor eléctrico) para el montaje y operación a dicho sistema de arranque.
- Evaluar el sistema desarrollado de manera práctica observando el comportamiento del motor jaula de ardilla en condiciones de vacío como con carga.

#### 2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO

##### 2.1. NTRODUCCIÓN.

Los motores trifásicos son una pieza fundamental en la mayoría de las instalaciones industriales y comerciales, ya que ofrecen un rendimiento superior en comparación con sus contrapartes monofásicas. Gracias a su diseño y funcionamiento, los motores trifásicos son capaces de generar un flujo de energía constante y uniforme, lo que se traduce en un arranque más suave, menor vibración y una mayor eficiencia energética. Esto los hace ideales para aplicaciones de alto rendimiento, como en bombas, compresores, transportadores, máquinas herramienta y sistemas de climatización, entre otros.

##### ARRANQUE ESTRELLA-TRIANGULO

También conocido como arranque estrella-delta, es una técnica comúnmente utilizada para arrancar motores eléctricos trifásicos conectados en configuración estrella (Y). Esta técnica permite reducir la corriente de arranque, minimizando los efectos del arranque en el sistema eléctrico y en el propio motor. A continuación, se explica el procedimiento del arranque estrella-triángulo:

Configuración inicial:

Los devanados del motor están conectados en configuración estrella (Y), donde cada fase del motor se conecta a un punto común llamado punto neutro.

Etapa de arranque en estrella:

Paso 1: El motor arranca en una configuración "estrella". En esta etapa, los devanados de cada fase están conectados en configuración estrella, y se aplica una tensión reducida a las terminales del motor.

Paso 2: Al estar en configuración estrella, la tensión aplicada a cada devanado de fase es la tensión de línea dividida por la raíz cuadrada de 3 ( $\frac{V_L}{\sqrt{3}}$ ). Esto resulta en una corriente de arranque menor, aproximadamente un tercio de la corriente de arranque que se obtendría con una conexión en triángulo directa.

Etapa de transición:

Paso 3: Una vez que el motor ha alcanzado una velocidad y estabilidad adecuadas, se cambia la configuración del motor de "estrella" a "triángulo".

Paso 4: Durante el cambio de configuración, se interrumpe momentáneamente la alimentación del motor para realizar la reconfiguración. Es importante que esta transición se realice rápidamente para evitar interrupciones prolongadas en el funcionamiento del motor.

Etapa de arranque en triángulo:

Paso 5: Después de la transición, los devanados de cada fase se conectan en configuración triángulo.

Paso 6: Se aplica la tensión completa de línea ( $V_L$ ) a las terminales del motor.

Paso 7: El motor ahora está en pleno funcionamiento, proporcionando su máxima potencia nominal y operando con una corriente normal de línea.

El arranque estrella-triángulo es una técnica eficiente y segura para reducir la corriente de arranque en motores de alta potencia y aplicaciones industriales. Permite evitar el estrés en el sistema eléctrico y los picos de corriente que podrían dañar tanto al motor como a otros equipos conectados a la misma red eléctrica. Es importante destacar que el arranque estrella-triángulo solo se aplica a motores trifásicos conectados en configuración estrella (Y) y que otros tipos de motores trifásicos, como los conectados en configuración delta, requerirán técnicas de arranque diferentes.

**TRANSFORMADORES DE CORRIENTE (TC's):** Son considerados dispositivos de medición de corriente, donde la corriente del secundario en operación normal es proporcional a la corriente primaria, con un pequeño desfase. Donde su principal función es transformar la corriente y aislar los elementos de protección.

**PLC:** Es un controlador Lógico Programable, más conocido PLC (Programmable Logic Controller, debido a siglas en inglés) es básicamente una computadora que se utiliza en la ingeniería de automatización para las industrias, es decir, para el control de la maquinaria de una fábrica o de situaciones mecánicas.

**LabVIEW:** Es un software que proporciona un potente entorno de desarrollo gráfico para el diseño de aplicaciones de Ingeniería de adquisición de datos, análisis de medidas y presentación de datos gracias a un lenguaje de programación sin la complejidad de otras herramientas de desarrollo.

## 2.2. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Red de alimentación trifásica 220V.
- 1 barra distribuidores 220 VAC
- 1 breaker tripolar caja moldeada de 50 A.
- 6 breaker tripolar de 16 A.

- 1 breaker tripolar de 10 A.
- 1 disyuntor tripolar de 20 A.
- 6 contactor tripolar de 9A 220VAC.
- 1 contactor tripolar de 6A 220VAC.
- 1 contactor tripolar de 12A 220VAC.
- 6 relé Térmico 7-10A.
- 1 relé Térmico 4-6A.
- 1 relé Térmico 2,5-5A.
- 9 selectores 2 posiciones.
- Hoja de práctica.
- Cargas Inductivas (0,5 HP; 0,75 HP; 1 HP; 2 HP).
- Switch 5 puertos.
- PLC S7-1200.
- Instalador software LabVIEW 2019.
- Variador de Frecuencia 420.
- Sentron Pac 3220.
- Multímetro.
- Pinza Amperimétrica.
- Analizador de Redes FLUKE 435
- 3 cables ethernet.
- Conductor de Cu (3x14 AWG THHN) y terminales tipo banana.
- Ordenador.

### **2.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD**

- Comprobar la ausencia de energía eléctrica antes del conexionado.
- Realizar la conexión de control y protección de cada rama del circuito.
- Comprobar inexistencia del corto circuito entre líneas.
- Conectar los terminales del motor trifásico en configuración delta.
- EPP: Mandil, botas, guantes aislantes, casco, entre otros.

### **2.4. INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD**

- Lea y comprenda la Guía de Laboratorio de la práctica a realizar.
- Lea y comprenda las instrucciones de operación y manipulación de los dispositivos eléctricos.
- Verificar que los selectores de mando MANUEAL se encuentren desactivados (OFF).
- Comprobar que las herramientas de trabajo no realicen contactos tierra.
- Siga las instrucciones mencionadas para el funcionamiento eficaz de los circuitos de medición.
- No usar el teléfono celular y prohibido correr dentro del laboratorio.
- Evitar realizar contacto directo de los terminales del motor.

### **2.5. TRABAJO PREPARATORIO.**

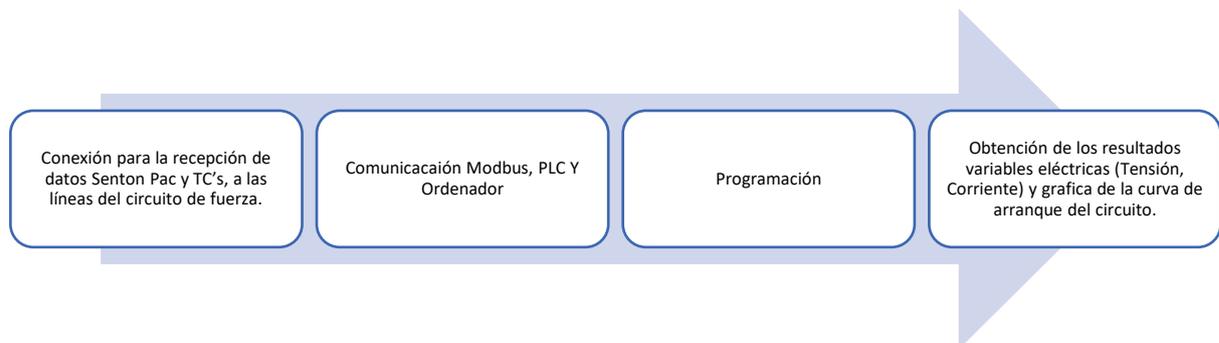
#### **2.5.1. ACTIVIDADES A DESARROLLAR**

- La elaboración de los esquemas de circuitos de fuerza y control mediante el software Cade Simu permite un sistema de emulación muy completo y de fácil para la comprensión del usuario sobre el sistema eléctrico a desarrollar dentro de la práctica.

- Dimensionar los elementos del Gabinete según el Código Eléctrico Nacional (protecciones eléctricas, contactores, térmicos y TC's).
- Realizar las conexiones eléctricas de cada elemento del módulo.
- Conexión comunicación Switch; PLC- Sentron Pac 3220- Software LabVIEW.
- Observación de las Variables eléctricas en el Sentron Pac 3220.
- Visualizar de las Variables eléctricas en el Sentron Pac 3220.
- Visualizar, recolectar de las Variables eléctricas y del comportamiento de la corriente de arranque en la interfaz de LabVIEW y el Analizador de redes.
- Visualización de las Variables eléctricas con el multímetro y pinza amperimétrica.

## 2.6. METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL.

Para poder desarrollar la práctica se considera los siguientes procesos, como se muestra en el siguiente diagrama de bloques.



### **Conexión del Sentron Pac 3220 y TC's a las líneas del circuito de fuerza (R, S, T).**

Se realiza conexiones de las salidas del Sentron Pac a las entradas de los TC's para la recepción de parámetros eléctricos.

### **Comunicación y Ordenador.**

Para realizar la comunicación MODBUS se deben configurar la IP de cada uno de los dispositivos que receptaran y enviaran información.

### **Programación.**

Transmitir los datos desde el software TIA Portal y el software LabVIEW.

### **Obtención de los resultados variables eléctricas (Tensión, Corriente) y grafica del comportamiento de la corriente de arranque del circuito.**

Finalmente, los datos compilados por los TC's permitirán obtener graficas con los resultados obtenidos para Tensión, Corriente y el comportamiento de la corriente de arranque del motor.

## INFORME PRÁCTICO

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**LABORATORIO DE SIMULACIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**  
**INFORME DE PRÁCTICA**

TEMA: Arranque directo configuración estrella-delta de manera local y remota.

NÚMERO DE PRÁCTICA :02

NOMBRE(S): Chiliquinga Darío- Iza Ariel

FECHA:20/06/2023

### 3 | PROCEDIMIENTO

#### 3.1.Cargas inductivas para el sistema.

Se deberá considerar la potencia de todas las cargas que se instalaran a la red.

Memoria Técnica	Cantidad	Motor-Marca	Potencia (HP)
	6	Motor1- VALLERY	1 HP
	1	Motor2- SIEMENS	0,5 HP
	1	Motor3- SIEMENS	0,75 HP
	1	Motor4- SIEMENS	2 HP
<b>Carga Instalada</b>			<b>8,75 HP</b>

#### 3.2. Dimensionar los elementos del módulo.

Ítem 1: Determinar la corriente a plena carga en la Tabla 430.250 “Corriente a plena carga en motores trifásicos”.

Tensión (V)	Potencia (PH)	Placa: Corriente Nominal (A)	Tabla 430-250: Corriente a plena carga (A)
220/380 V	1 HP	3,54 A	4,2 A

220/380 V	0,5 HP	1,9 A	2,2 A
220/380 V	0,75 HP	2,9 A	3,2 A
220/380 V	2 HP	6,2 A	6,8 A

Ítem 2: Dimensionar y seleccionar el componente contra cortocircuito y fallas a tierra, según la Tabla 430-52.

$$I_{protección} = I_{pc} \cdot 250\%$$

$$I_{protección} = 4,2 \cdot 2,5$$

$$I_{protección} = 10,5 [A]$$

Potencia (PH)	Tabla 430-52: Porcentaje de Corriente a plena carga (%)	Tabla 430-250: Corriente a plena carga (A)	Corriente de Protección (A)
1 HP	250	4,2 A	10,5 A
0,5 HP	250	2,2 A	5,5 A
0,75 HP	250	3,2 A	8 A
2 HP	250	6,8 A	17 A

Ítem 3. Normalizar los valores obtenidos según el Art.-240.6 “Valores en Amperios Normalizados”.

Potencia (PH)	Corriente de Protección eléctrica (A)	Valores de corriente normalizadas para Interruptores automáticos de tiempo inverso
1 HP	10,5 A	16 A
0,5 HP	5,5 A	10 A
0,75 HP	8 A	10 A
3 HP	17 A	20 A

Ítem 4. Dimensionar y seleccionar la corriente del relé térmico, según la Tabla 430-32, literal (2) “Motores de Servicio Continuo”.

$$I_{térmico} = I_{pc} \cdot 170\%$$

$$I_{térmico} = 4,2 \cdot 1,7$$

$$I_{térmico} = 7,14 [A]$$

Potencia (PH)	Tabla 430-250: Corriente a plena carga (A)	Tabla 430-32: Porcentaje de Corriente a plena carga (%)	Corriente del Relé Térmico	Normalizado
1 HP	4,2 A	170	7,14 A	7-10 A
0,5 HP	2,2 A	170	3,74 A	2,5-5 A
0,75 HP	3,2 A	170	5,44 A	2,5-5 A
2 HP	6,8 A	170	11,56 A	10 –12 A

Ítem 5. Dimensionar y seleccionar la corriente del contactor, según el Artículo 430-83 “Valore Nominales”, de tal manera que expresa que para motores de 2 caballos de fuerza o menos, el contactor debe ser al doble del valor nominal de corriente de plena carga de motor.

$$I_{\text{contactor}} = I_{pc} \cdot 2$$

$$I_{\text{contactor}} = 4,2 \cdot 2$$

$$I_{\text{contactor}} = 8,4 [A]$$

Potencia (PH)	Tabla 430-250: Corriente a plena carga (A)	Motores estacionarios de 2HP o menos	Corriente del contactor Bobina 220VAC	Normalizado
1 HP	4,2 A	2	8,4 A	9 A
0,5 HP	2,2 A	2	4,4 A	6 A
0,75 HP	3,2 A	2	6,4 A	6 A
2 HP	6,8 A	2	13,6 A	16 A

Ítem 6. Dimensionar y seleccionar calibre del conductor, según el artículo 210.19 “Ampacidad mínima y calibre mínimo”; la tabla 310.16 “Temperatura de trabajo del conductor”. Bajo normativa nos indica el literal g, que el conductor de motores no debe ser menor a 2,08 mm<sup>2</sup>, por lo tanto, se escoge el cable número 14.

$$I_{\text{conductor}} = I_{pc} \cdot 125\%$$

$$I_{\text{conductor}} = 4,2 \cdot 1,25$$

$$I_{\text{conductor}} = 5,25 [A]$$

Potencia (PH)	Tabla 430-250: Corriente a plena carga (A)	Porcentaje de ampacidad (%)	Calibre por ampacidad y calibre máximo (A)	Calibre del Conductor
1 HP	4,2 A	125	5,25 A	14 AWG-THHN
0,5 HP	2,2 A	125	2,75 A	14 AWG-THHN
0,75 HP	3,2 A	125	4 A	14 AWG-THHN
2 HP	6,8 A	125	8,5 A	14 AWG-THHN

Ítem 7. Para determinar la corriente total a plena carga de los motores eléctricos, considerando los valores obtenidos en el ítem anterior.

Cantidad	Tabla 430-250: Corriente a plena carga (A)	Potencia (HP)	Corriente a plena carga total. (A)
6	4,2 A	1 HP	25,2 A
1	2,2 A	0,5 HP	2,2 A
1	3,2 A	0,75 HP	3,2 A

1	6,8 A	2 HP	6,8 A
Corriente total de cargas inductivas			37,4 A

Ítem 8. Seleccionar la protección contra corto circuitos y fallas a tierra tipo “Interruptor automático de tiempo inverso” en donde se multiplicará el 250% al valor de corriente total inductivo.

Corriente total (PLC, Sentron Pac 3220, Switch, VDF)	Corriente a plena total inductiva	Valor nominal de interruptor automático de tiempo inverso	Corriente de protección Principal general	Normalizado
2,265 A	37,4 A	2,5	99,162 A	100 A

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

$$I_p: \text{Corriente nominal primario [A]}$$

$$I_s: \text{Corriente nominal secundario [A]}$$

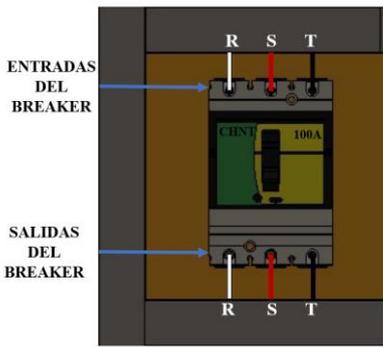
Se selecciona un transformador de corriente con un criterio de normalizado del componente 100 (A) para poder tener una lectura de datos en un componente de medición se requiere de transformadores de corriente que permitan corresponder mediante una relación de bobinados: corrientes altas y transformarlas a pequeñas que el medidor de energía pueda calcular.

- Dimensionamiento del conductor. - El calibre mínimo recomendado para un alimentador, desde el medidor hasta el tablero de distribución único, debe ser el No. 6 AWG de cobre aislado tipo THHN.

Se selecciona bajo el criterio con respecto al breaker principal 100 (A) de alimentación (R, S, T, N) se escoge un conductor de corriente número 8 AWG THHN (8,37 mm<sup>2</sup>) de cobre aislado (4x8).

### 3.3. Conexión de los elementos del módulo:

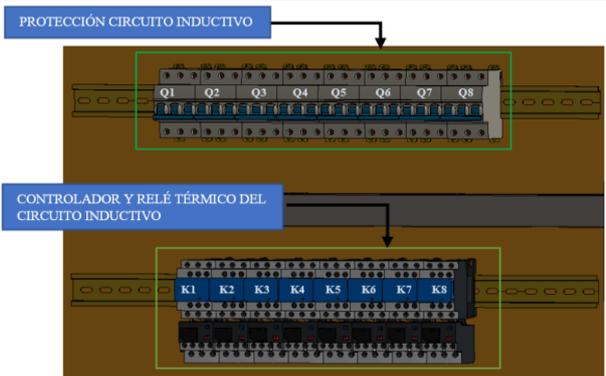
1. Conectar la acometida trifásica 220V de tres fases (R, S, T) a las entradas de la protección principal y las salidas a la barra de distribución del sistema, incluyendo el Neutro.

Protección Principal en Software SOLIDWORDS	Protección Principal Real
	

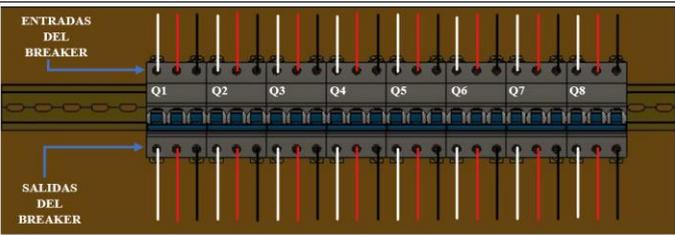
2. Conectar las salidas del breaker principal a la barra de distribución las fases R, S, T y Neutro.

Protección Principal en Software SOLIDWORDS	Protección Principal Real
	

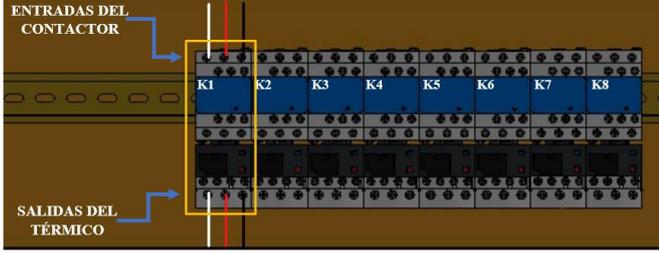
3. Colocar las protecciones eléctricas, contactores, relés térmicos por cada carga inductiva en el riel DIN.

Protección Principal en Software SOLIDWORDS	Protección Principal Real
	

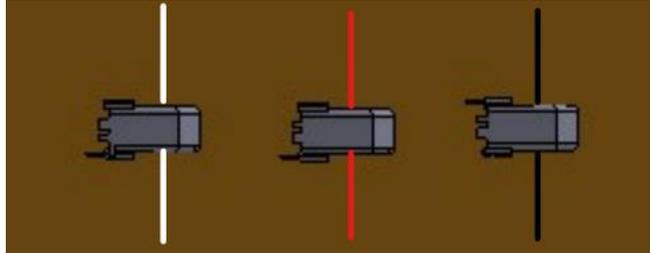
4. Desde la barra de distribución se suministrará energía de manera ordenada e individual, la conexión de las tres fases (R, S, T) en cada una de las entradas de las protecciones del circuito inductivo (breaker) y las salidas de los contactores eléctricos.

Color conductor #14AWG THHN	BLANCO	ROJO	NEGRO
Identificación	R	S	T
<b>Protección Principal en Software SOLIDWORDS</b>		<b>Protección Principal Real</b>	
			

5. Las salidas de las protecciones eléctricas se conectarán hacia las entradas del Contactor-Relé Térmico (R, S, T) y las salidas del relé térmico deberán atravesar por los TC's.

<b>Color conductor #14AWG THHN</b>	BLANCO	ROJO	NEGRO
<b>Identificación</b>	R	S	T
<b>Protección Principal en Software SOLIDWORDS</b>	<b>Protección Principal Real</b>		
			

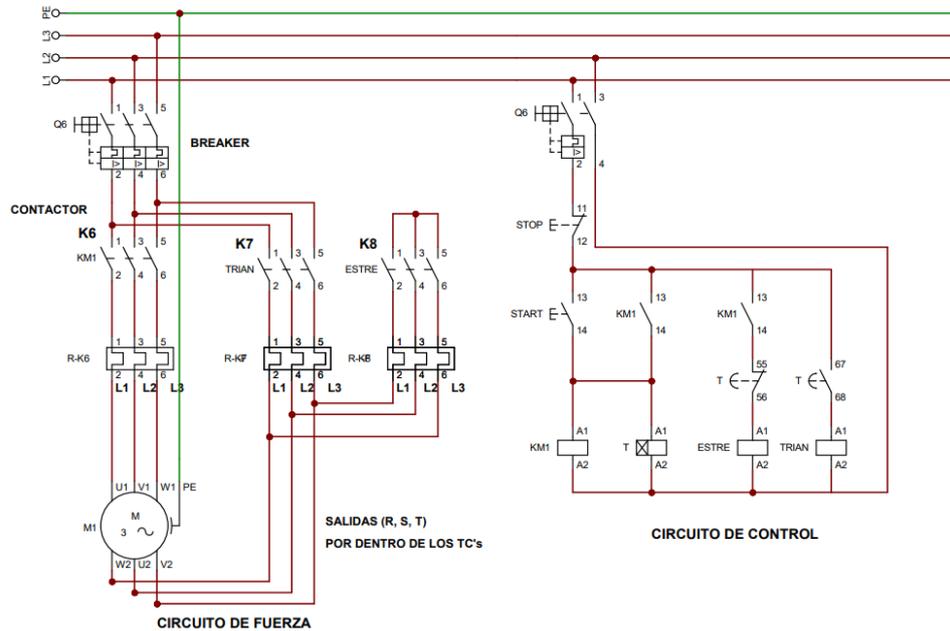
6. Las salidas del relé térmico R, S, T atravesará de forma interna e individual por cada uno de los TC's - 100/5A, en dirección a los bornes del motor trifásico (U, V, W) para la recepción de datos en el medidor de energía Sentron Pac 3220.

<b>Color conductor #14AWG THHN</b>	BLANCO	ROJO	NEGRO
<b>Identificación</b>	R	S	T
<b>Protección Principal en Software SOLIDWORDS</b>	<b>Protección Principal Real</b>		
			

7. Se conectará hacia las borneras marcadas del motor, según la normativa de marcación IEC (U1, V1, W1-U2, W2, V2) y en configuración para el arranque designado.

8. Realizar la conexión del circuito fuerza y control por cada rama para la carga inductiva.

## ARRANQUE ESTRELLA-DELTA



### 1. Conexión del arranque estrella-triángulo.

Luego de conectar todos los elementos del módulo se procede a seleccionar tres breaker, contactores y térmicos para la conexión del arranque estrella-triángulo con los siguientes pasos:

**Paso 1:** Se utilizará 3 circuitos de fuerza que son: Q6, K7 y K8, para la conexión Estrella-Delta

- **Conexión Delta.**

**Paso 2:** La conexión desde las salidas de las borneras finales del circuito de fuerza Q6 se deberán direccionar cada cable (R, S, T) hacia las salidas de las borneras del motor trifásico (U1, V1, W1).

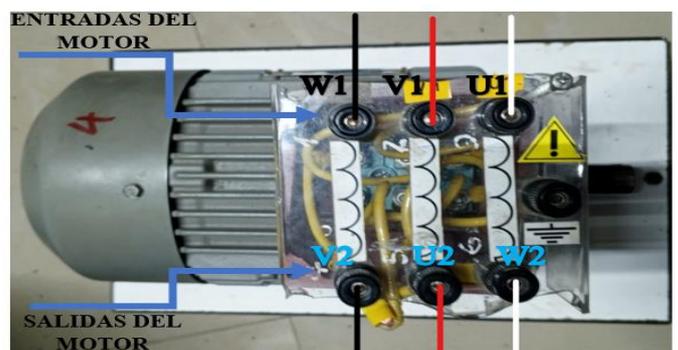
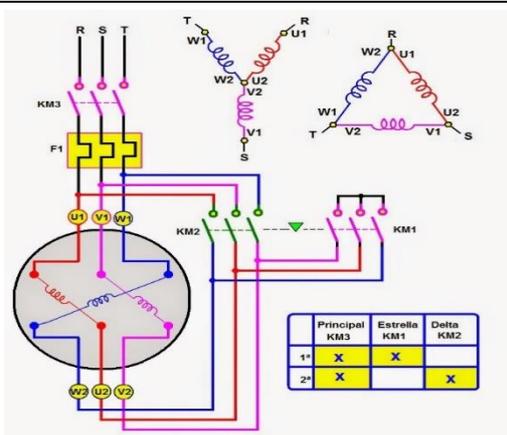
- **Conexión Estrella.**

**Paso 3:** Se realizará el cortocircuito en las entradas del contactor K8, luego se realizará la conexión entre las salidas del relé térmico K7- K8 (T7-R8; S7-S8; R7-T8), luego de realizar esta conexión se obtendrá solo tres fases (R, S, T) que se deberán direccionar cada cable a atravesar por el interior de los TC's para la recepción de datos en el medidor de energía Sentron Pac 3220.

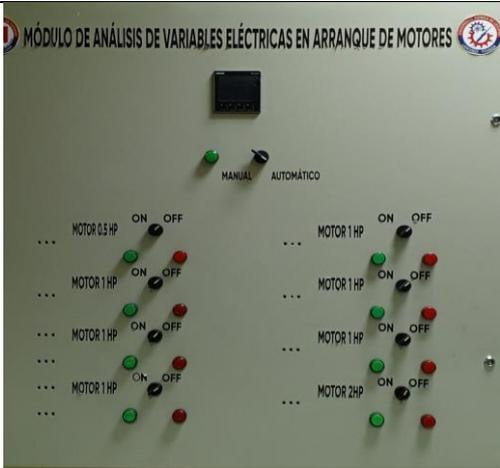
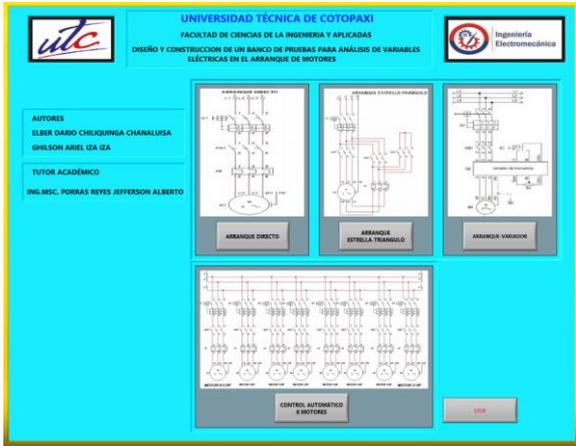
**Paso 4:** Las salidas obtenidas (R, S, T) se conectará a las salidas de las borneras del motor (U2, V2, W2).

### Motor Trifásico 2 HP

#### Configuración conexión Delta.



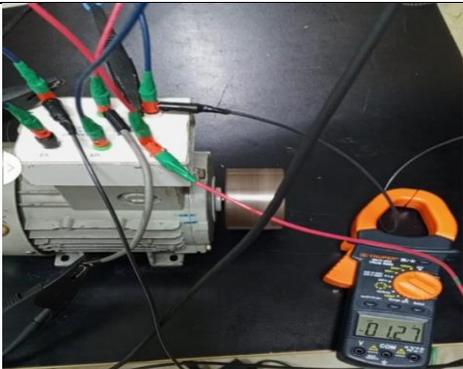
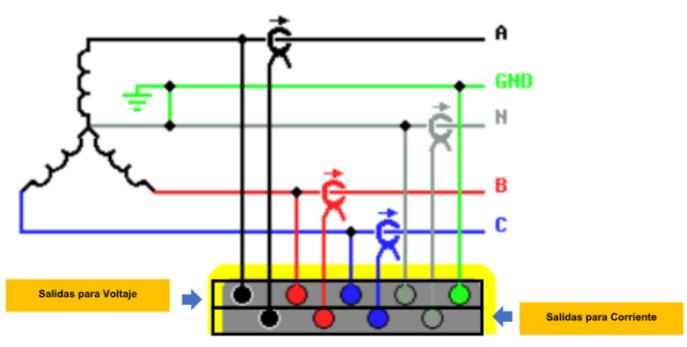
1. Operación del motor mediante el selector principal del módulo.

Mando Manual/Local.	Mando Automático/Remota
	

2. Visualización del gabinete de control previamente ya conectado.



3 Visualizar las variables eléctricas que se reflejan en el voltímetro (VL-L; VL-N), la pinza amperimétrica y analizador de redes.

PINZA AMPERIMÉTRICA	FLUKE 430
	

4. Visualización y captura de la curva del arranque del motor seleccionado para la práctica.

## 5 RESULTADOS DE LA PRÁCTICA

5.1. Registro de variables eléctricas obtenidas del software LabVIEW, analizador de redes para su comparación de resultados obtenidos.

### Motor SIEMENS 2HP

REGISTRO DE DATOS MOTOR 2HP					
Condición arranque CON CARGA - Peso:9 lb (Amperios)					
Corriente Arranque (Iarr)			Corriente Operación (Iop)		
Analizador de Redes		LabVIEW		Analizador de Redes	LabVIEW
L1_Y = 1,32 A	L1_Δ = 6,2 A	L1_Y = 1,3 A	L1_Δ = 4,6 A	L1 = 2,48 A	L1 = 2,8 A
L2_Y = 1,2 A	L2_Δ = 6 A	L2_Y = 1,1 A	L2_Δ = 4,52 A	L2 = 2,41 A	L2 = 1,4 A
L3_Y = 1,36 A	L3_Δ = 6,2 A	L3_Y = 1,3 A	L3_Δ = 4,5 A	L3 = 2,46 A	L3 = 1,9 A
Promedio (Iprom)			Promedio (Iprom)		
1,29 A	6,13 A	1,23 A	4,54 A	2,45 A	2,03 A
Error Porcentual			Error Porcentual		
4,87%			35%		
			17,14%		

REGISTRO DE DATOS MOTOR 2HP					
Tensión arranque CON CARGA - Peso:9 lb (Voltios)					
Tensión Arranque (Iarr)			Tensión Operación (Iop)		
Analizador de Redes		LabVIEW		Analizador de Redes	LabVIEW
L1_Y = 48 V	L1_Δ = 124,8 V	L1_Y = 47,18 V	L1_Δ = 211,06 V	L1 = 216,46 V	L1 = 214,84 V
L2_Y = 49,02 V	L2_Δ = 126,6 V	L2_Y = 46,68 V	L2_Δ = 212,67 V	L2 = 218,49 V	L2 = 214,16 V
L3_Y = 48,5 V	L3_Δ = 126 V	L3_Y = 49,43 V	L3_Δ = 212,85 V	L3 = 218,48 V	L3 = 213,06 V
Promedio (Vprom)			Promedio (Vprom)		
48,50	125,8	47,73	212,39	217,81	214,02
Error Porcentual			Error Porcentual		
1,61%			40%		
			1,77%		

5.1.1. CÁLCULOS.

### ARRANQUE ESTRELLA-DELTA

MOTOR SIEMENS 2HP 1LE0142-0EB46-4AA4-Z.



## CON CARGA.

Datos placa:

$$P = 2 \text{ HP}$$

$$V = 220V$$

$$I = 6,2 \text{ A}$$

$$fp = 0,78$$

$$\eta_{eff} = 0,815$$

Procedimiento de cálculos.

Ecuación de eficiencia para un motor eléctrica (Eff).

$$Eff = \frac{HP \cdot 746}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot I \cdot fp}$$

Donde:

$P$  = Potencia HP

$V_L$  = Voltaje línea – línea V

$I$  = Corriente A

$fp$  = Factor de Potencia

$$Eff = \frac{(1492) \cdot (746)}{\sqrt{3} \cdot 220V \cdot 6,2A \cdot 0,78}$$

$$Eff = 81,06 \cdot 100\%$$

$$Eff = 81\%$$

Ecuación de Potencias

$$P_{out} = 2 \text{ HP} \cong 1,492kW$$

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta_{eff}} = \frac{1,492kW}{0,815} = 1,830kW$$

Ecuación corriente de línea.

$$I_L = \frac{P_{3\theta}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot fp \cdot \eta_{eff}} \quad [A]$$

$$I_L = \frac{1,492kW}{\sqrt{3} \cdot 220V \cdot 0,78 \cdot 0,815} = 6,16 [A]$$

Relación de conexión delta o triángulo.

Tensión

$$V_L = V_f \text{ [V]}$$

$$220 = 220 \text{ [V]}$$

Corriente

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_f \text{ [A]}$$

$$I_f = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \text{ [A]}$$

$$I_f = \frac{6,16}{\sqrt{3}} = 3.55 \text{ [A]}$$

Relación de conexión estrella.

Corriente

$$I_L = I_f \text{ [A]}$$

$$6,16 = 6,16 \text{ [A]}$$

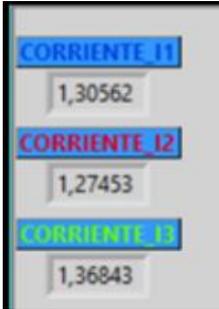
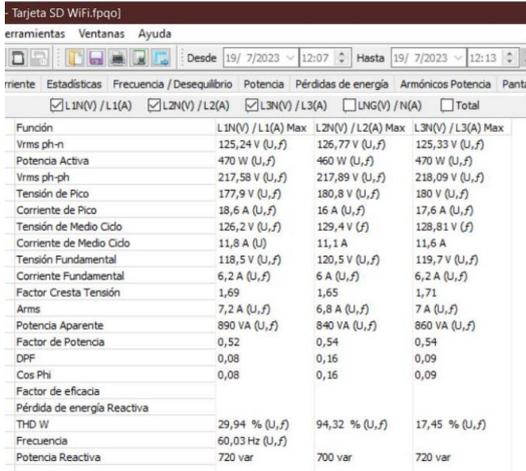
Tensión

$$V_L = \sqrt{3} \cdot V_f \text{ [V]}$$

$$V_f = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \text{ [V]}$$

$$V_f = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127 \text{ [V]}$$

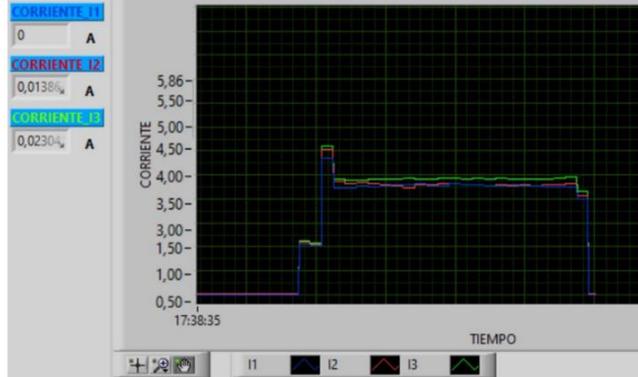
5.1.2. Recopilar y adjuntar imagen de las variables eléctricas del software LabVIEW y el analizador de redes.

<b>PRUEBA-Variables Eléctricas (Carga)</b>																																																																																					
<b>Memoria Técnica</b>																																																																																					
<b>LabVIEW (Interfaz)</b>	<b>Analizador de Redes (Interfaz)</b>																																																																																				
<b>Tensión y Corriente</b>	<b>Tensión y Corriente</b>																																																																																				
	 <table border="1"><thead><tr><th>Función</th><th>L1N(V) / L1(A) Max</th><th>L2N(V) / L2(A) Max</th><th>L3N(V) / L3(A) Max</th></tr></thead><tbody><tr><td>Vrms ph-n</td><td>125,24 V (U,f)</td><td>126,77 V (U,f)</td><td>125,33 V (U,f)</td></tr><tr><td>Potencia Activa</td><td>470 W (U,f)</td><td>460 W (U,f)</td><td>470 W (U,f)</td></tr><tr><td>Vrms ph-ph</td><td>217,58 V (U,f)</td><td>217,89 V (U,f)</td><td>218,09 V (U,f)</td></tr><tr><td>Tensión de Pico</td><td>177,9 V (U,f)</td><td>180,8 V (U,f)</td><td>180 V (U,f)</td></tr><tr><td>Corriente de Pico</td><td>18,6 A (U,f)</td><td>16 A (U,f)</td><td>17,6 A (U,f)</td></tr><tr><td>Tensión de Medio Ciclo</td><td>126,2 V (U,f)</td><td>129,4 V (f)</td><td>128,81 V (f)</td></tr><tr><td>Corriente de Medio Ciclo</td><td>11,8 A (U)</td><td>11,1 A</td><td>11,6 A</td></tr><tr><td>Tensión Fundamental</td><td>118,5 V (U,f)</td><td>120,5 V (U,f)</td><td>119,7 V (U,f)</td></tr><tr><td>Corriente Fundamental</td><td>6,2 A (U,f)</td><td>6 A (U,f)</td><td>6,2 A (U,f)</td></tr><tr><td>Factor Cresta Tensión</td><td>1,69</td><td>1,65</td><td>1,71</td></tr><tr><td>Arms</td><td>7,2 A (U,f)</td><td>6,8 A (U,f)</td><td>7 A (U,f)</td></tr><tr><td>Potencia Aparente</td><td>890 VA (U,f)</td><td>840 VA (U,f)</td><td>860 VA (U,f)</td></tr><tr><td>Factor de Potencia</td><td>0,52</td><td>0,54</td><td>0,54</td></tr><tr><td>DPF</td><td>0,08</td><td>0,16</td><td>0,09</td></tr><tr><td>Cos Phi</td><td>0,08</td><td>0,16</td><td>0,09</td></tr><tr><td>Factor de eficacia</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Pérdida de energía Reactiva</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>THD W</td><td>29,94 % (U,f)</td><td>94,32 % (U,f)</td><td>17,45 % (U,f)</td></tr><tr><td>Frecuencia</td><td>60,03 Hz (U,f)</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Potencia Reactiva</td><td>720 var</td><td>700 var</td><td>720 var</td></tr></tbody></table>	Función	L1N(V) / L1(A) Max	L2N(V) / L2(A) Max	L3N(V) / L3(A) Max	Vrms ph-n	125,24 V (U,f)	126,77 V (U,f)	125,33 V (U,f)	Potencia Activa	470 W (U,f)	460 W (U,f)	470 W (U,f)	Vrms ph-ph	217,58 V (U,f)	217,89 V (U,f)	218,09 V (U,f)	Tensión de Pico	177,9 V (U,f)	180,8 V (U,f)	180 V (U,f)	Corriente de Pico	18,6 A (U,f)	16 A (U,f)	17,6 A (U,f)	Tensión de Medio Ciclo	126,2 V (U,f)	129,4 V (f)	128,81 V (f)	Corriente de Medio Ciclo	11,8 A (U)	11,1 A	11,6 A	Tensión Fundamental	118,5 V (U,f)	120,5 V (U,f)	119,7 V (U,f)	Corriente Fundamental	6,2 A (U,f)	6 A (U,f)	6,2 A (U,f)	Factor Cresta Tensión	1,69	1,65	1,71	Arms	7,2 A (U,f)	6,8 A (U,f)	7 A (U,f)	Potencia Aparente	890 VA (U,f)	840 VA (U,f)	860 VA (U,f)	Factor de Potencia	0,52	0,54	0,54	DPF	0,08	0,16	0,09	Cos Phi	0,08	0,16	0,09	Factor de eficacia				Pérdida de energía Reactiva				THD W	29,94 % (U,f)	94,32 % (U,f)	17,45 % (U,f)	Frecuencia	60,03 Hz (U,f)			Potencia Reactiva	720 var	700 var	720 var
Función	L1N(V) / L1(A) Max	L2N(V) / L2(A) Max	L3N(V) / L3(A) Max																																																																																		
Vrms ph-n	125,24 V (U,f)	126,77 V (U,f)	125,33 V (U,f)																																																																																		
Potencia Activa	470 W (U,f)	460 W (U,f)	470 W (U,f)																																																																																		
Vrms ph-ph	217,58 V (U,f)	217,89 V (U,f)	218,09 V (U,f)																																																																																		
Tensión de Pico	177,9 V (U,f)	180,8 V (U,f)	180 V (U,f)																																																																																		
Corriente de Pico	18,6 A (U,f)	16 A (U,f)	17,6 A (U,f)																																																																																		
Tensión de Medio Ciclo	126,2 V (U,f)	129,4 V (f)	128,81 V (f)																																																																																		
Corriente de Medio Ciclo	11,8 A (U)	11,1 A	11,6 A																																																																																		
Tensión Fundamental	118,5 V (U,f)	120,5 V (U,f)	119,7 V (U,f)																																																																																		
Corriente Fundamental	6,2 A (U,f)	6 A (U,f)	6,2 A (U,f)																																																																																		
Factor Cresta Tensión	1,69	1,65	1,71																																																																																		
Arms	7,2 A (U,f)	6,8 A (U,f)	7 A (U,f)																																																																																		
Potencia Aparente	890 VA (U,f)	840 VA (U,f)	860 VA (U,f)																																																																																		
Factor de Potencia	0,52	0,54	0,54																																																																																		
DPF	0,08	0,16	0,09																																																																																		
Cos Phi	0,08	0,16	0,09																																																																																		
Factor de eficacia																																																																																					
Pérdida de energía Reactiva																																																																																					
THD W	29,94 % (U,f)	94,32 % (U,f)	17,45 % (U,f)																																																																																		
Frecuencia	60,03 Hz (U,f)																																																																																				
Potencia Reactiva	720 var	700 var	720 var																																																																																		

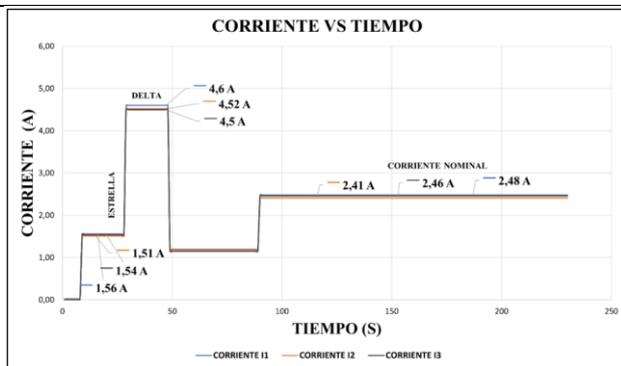
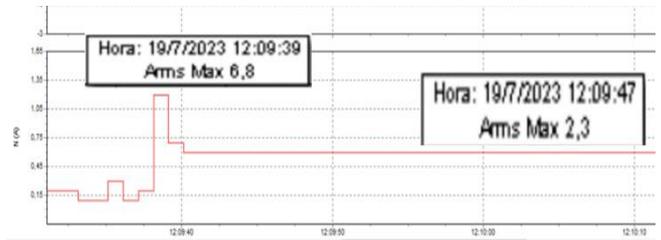
5.1.3. Obtener y adjuntar imagen de la curva de arranque del motor obtenidas del analizador de redes y software LabVIEW.

## PRUEBA-Curva de Arranque (Carga) Memoria Técnica

**LabVIEW (Interfaz y Excel)  
Relación Corriente VS Tiempo**



**Analizador de Redes (Interfaz)  
Relación Corriente VS Tiempo**



El presente trabajo tiene la finalidad de evaluar y comparar diferentes metodologías de prueba para la obtención de los parámetros eléctricos y la visualización de la curva característica de un motor de trifásico se aplicaron dos condiciones; al vacío y con carga, en operación del tipo de conexión delta se realiza una comparación de ambos resultados. En el laboratorio de máquinas eléctricas se implementa dicha metodología, por lo que se presenta un resumen de la misma y los resultados de la realización de estos ensayos para la determinación de los parámetros que hacen parte del circuito equivalente por fase del motor de inducción trifásico.

### 5.1. CUESTIONARIO:

1. ¿Cuál es la diferencia entre el arranque directo y arranque estrella-delta?

Con el arranque estrella-triángulo perseguimos reducir la corriente en el momento del arranque al alimentar a una tensión menor con la conexión en estrella  $\frac{V_n}{\sqrt{3}}$ . Con ello se consigue que la intensidad baje a la tercera parte de la intensidad que se produciría en un arranque directo. También el par se reduce a menos de la mitad, lo que hace imposible este sistema en motores de media potencia que arranque con mucha carga.

2. ¿Como designar los componentes durante la toma de decisiones?

La selección de los competentes eléctricos como protecciones, contactor, térmicos y conductor se basó en normas establecidas en el Ecuador y la normalización de los resultados obtenidos para así seleccionar un componente eléctrico dentro del mercado local siendo así para la implementación del sistema.

3. ¿Cuál es la comunicación desarrollada para obtención de datos?

Comunicación Modbus, PLC y Ordenador con los siguientes componentes TC's-Sentron Pac 3220.

## 6 CONCLUSIONES

<b>7 RECOMENDACIONES</b>
<b>8 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.</b>
<b>9 ANEXOS</b>



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

### PRÁCTICA ACADÉMICA Resolución de Ejercicios en Clase INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CARRERA	CÓDIGO	ASIGNATURA
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA A	IELM 306	

PRÁCTICA N°	LABORATORIO	Instalaciones Eléctricas	DURACIÓN (HORAS)
03	DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA	Arranque Variador de Frecuencia de forma local y remota	3

#### 1 OBJETIVOS

- Elaborar el esquema de circuito de fuerza y control, comprender el funcionamiento en el cableado del arranque directo con variador de frecuencia para un motor trifásico.
- Realizar la programación para el variador de frecuencia, el montaje y operación a dicho sistema de arranque.
- Evaluar el sistema desarrollado de manera práctica observando el comportamiento del motor jaula de ardilla en condiciones de vacío como con carga.

#### 2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO

##### 2.1. INTRODUCCIÓN.

Los motores trifásicos son una pieza fundamental en la mayoría de las instalaciones industriales y comerciales, ya que ofrecen un rendimiento superior en comparación con sus contrapartes monofásicas. Gracias a su diseño y funcionamiento, los motores trifásicos son capaces de generar un flujo de energía constante y uniforme, lo que se traduce en un arranque más suave, menor vibración y una mayor eficiencia energética. Esto los hace ideales para aplicaciones de alto rendimiento, como en bombas, compresores, transportadores, máquinas herramienta y sistemas de climatización, entre otros.

##### VARIADOR DE FRECUENCIA

El arranque directo con variador de frecuencia es una técnica moderna utilizada para arrancar y controlar motores eléctricos trifásicos de manera suave y eficiente. El variador de frecuencia, también conocido como inversor de frecuencia o VFD (Variable Frequency Drive), es un dispositivo electrónico que permite variar la frecuencia y, por lo tanto, la velocidad del motor. Con el variador de frecuencia, se puede controlar tanto el arranque como la velocidad del motor de forma continua y precisa. A continuación, se describe cómo se realiza el arranque directo con variador de frecuencia tanto al vacío como con carga:

##### Arranque directo al vacío:

- Configuración inicial: El variador de frecuencia está configurado para el arranque directo del motor.

- Tensión y frecuencia iniciales: Antes de arrancar el motor, el variador de frecuencia aplica una tensión y frecuencia baja al motor. Esto permite que el motor alcance una velocidad inicial y asegura que no haya un pico de corriente excesivo.
- Aceleración controlada: A medida que el motor gana velocidad, el variador de frecuencia aumenta gradualmente la frecuencia y, por lo tanto, la velocidad del motor. Este proceso se conoce como rampa de aceleración. La velocidad de aceleración se puede configurar para adaptarse a las características específicas del motor y la carga.
- Velocidad de operación: Una vez que el motor alcanza la velocidad de operación deseada, el variador de frecuencia mantiene una frecuencia constante, lo que permite que el motor funcione a la velocidad requerida para la aplicación en cuestión.

#### **Arranque directo con carga:**

Configuración inicial: El proceso de arranque con carga es similar al arranque al vacío, pero en este caso, el motor ya está acoplado a una carga mecánica.

Tensión y frecuencia iniciales: Al igual que en el arranque al vacío, el variador de frecuencia aplica una tensión y frecuencia baja al motor para evitar picos de corriente en el sistema eléctrico.

Aceleración controlada con carga: Durante el arranque, el variador de frecuencia controla la aceleración del motor y la carga de forma sincronizada. La rampa de aceleración asegura que el motor y la carga alcancen una velocidad segura de operación sin sobrecargar el sistema.

Velocidad de operación con carga: Una vez que el motor y la carga han alcanzado la velocidad de operación deseada, el variador de frecuencia mantiene la frecuencia y la velocidad del motor de manera constante para mantener el funcionamiento estable y eficiente.

El uso del variador de frecuencia para el arranque directo proporciona muchas ventajas, como un arranque suave que evita picos de corriente y el desgaste excesivo en el motor y la carga. Además, permite un control preciso de la velocidad del motor, lo que es beneficioso para aplicaciones que requieren velocidades variables o ajustables. También contribuye a reducir el consumo de energía y prolongar la vida útil del equipo.

#### **TRANSFORMADORES DE CORRIENTE (TC's)**

Son considerados dispositivos de medición de corriente, donde la corriente del secundario en operación normal es proporcional a la corriente primaria, con un pequeño desfase. Donde su principal función es transformar la corriente y aislar los elementos de protección.

**PLC:** Es un controlador Lógico Programable, más conocido PLC (Programmable Logic Controller, debido a siglas en inglés) es básicamente una computadora que se utiliza en la ingeniería de automatización para las industrias, es decir, para el control de la maquinaria de una fábrica o de situaciones mecánicas.

**LabVIEW:** Es un software que proporciona un potente entorno de desarrollo gráfico para el diseño de aplicaciones de Ingeniería de adquisición de datos, análisis de medidas y presentación de datos gracias a un lenguaje de programación sin la complejidad de otras herramientas de desarrollo.

#### **2.2. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS**

- Red de alimentación trifásica 220V.
- 1 barra distribuidores 220 VAC.
- 1 breaker tripolar caja moldeada de 50 A.
- 1 breaker tripolar de 10 A.

- Hoja de práctica.
- Cargas Inductivas (0,5 HP; 0,75 HP; 1 HP; 2 HP).
- Switch 5 puertos.
- PLC S7-1200.
- Instalador software LabVIEW 2019.
- Variador de Frecuencia 420.
- Sentron Pac 3220.
- Multímetro.
- Pinza Amperimétrica.
- Analizador de Redes FLUKE 435.
- 3 cables ethernet.
- Conductor de Cu (3x14 AWG THHN) y terminales tipo banana.
- Ordenador.

### **2.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD**

- Comprobar la ausencia de energía eléctrica antes del conexionado.
- Realizar la conexión de control y protección de cada rama del circuito.
- Comprobar inexistencia del corto circuito entre líneas.
- Conectar los terminales del motor trifásico en configuración delta.
- EPP: Mandil, botas, guantes aislantes, casco, entre otros.

### **2.4. INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD**

- Lea y comprenda la Guía de Laboratorio de la práctica a realizar.
- Lea y comprenda las instrucciones de operación y manipulación de los dispositivos eléctricos.
- Verificar que los selectores de mando MANUEAL se encuentren desactivados (OFF).
- Comprobar que las herramientas de trabajo no realicen contactos tierra.
- Siga las instrucciones mencionadas para el funcionamiento eficaz de los circuitos de medición.
- Verificación de la conexión se encuentre acorde a la práctica.
- No usar el teléfono celular y prohibido correr dentro del laboratorio.
- Evitar realizar contacto directo de los terminales del motor.
- No se utilizará los circuitos de fuerza (protecciones eléctricas, contactor y térmico).

### **2.5. TRABAJO PREPARATORIO.**

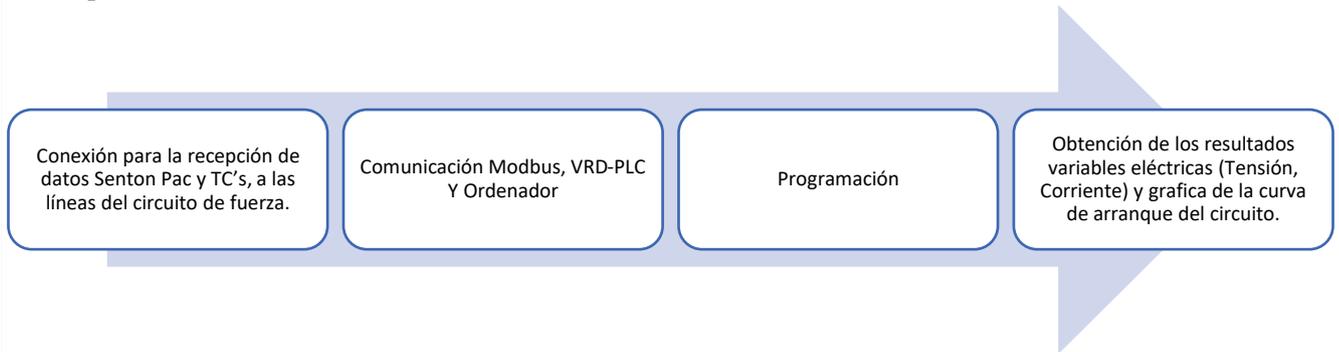
#### **2.5.1. ACTIVIDADES A DESARROLLAR**

- La elaboración de los esquemas de circuitos de fuerza y control mediante el software Cade Simu permite un sistema de emulación muy completo y de fácil para la comprensión del usuario sobre el sistema eléctrico a desarrollar dentro de la práctica.
- Dimensionar los elementos del Gabinete según el Código Eléctrico Nacional (TC's).
- Realizar las conexiones eléctricas de cada elemento del módulo.
- Realizar las conexiones de alimentación del variador de Frecuencia.
- Conexión comunicación Switch; PLC- Sentron Pac 3220- Software LabVIEW.
- Visualizar de las Variables eléctricas en el Sentron Pac 3220.
- Visualizar, recolectar de las Variables eléctricas y del comportamiento de la corriente de arranque en la interfaz de LabVIEW y el Analizador de redes.

- Visualización de las Variables eléctricas con el multímetro y pinza amperimétrica.

## 2.6. METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL.

Para poder desarrollar la práctica se considera los siguientes procesos, como se muestra en el siguiente diagrama de bloques.



### **Conexión del Sentron Pac 3220 y TC's a las líneas del circuito de fuerza (R, S, T).**

Se realiza conexiones de las salidas del Sentron Pac a las entradas de los TC's para la recepción de parámetros eléctricos.

### **Comunicación y Ordenador.**

Para realizar la comunicación modbus se deben configurar la IP de cada uno de los dispositivos que receptaran y enviaran información.

### **Programación.**

Transmitir los datos desde el software TIA Portal y el software LabVIEW.

### **Obtención de los resultados variables eléctricas (Tensión, Corriente) y grafica del comportamiento de la corriente de arranque del circuito.**

Finalmente, los datos compilados por los TC's permitirán obtener graficas con los resultados obtenidos para Tensión, Corriente y el comportamiento de la corriente de arranque del motor.

## INFORME PARÁCTICO

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**LABORATORIO DE SIMULACIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**  
**INFORME DE PRÁCTICA**

TEMA: Arranque directo configuración delta de manera local y remota.

NÚMERO DE PRÁCTICA :03

NOMBRE(S): Chilingua Darío- Iza Ariel

FECHA:25/06/2023

### 3 PROCEDIMIENTO

#### 3.1. Dimensionar los elementos del módulo para el variador de frecuencia

Ítem 1. Seleccionar la protección contra corto circuitos y fallas a tierra tipo “Interruptor automático de tiempo inverso” en donde se multiplicará el 250% al valor de corriente total inductivo.

Corriente total (PLC, Sentron Pac 3220, Switch, VDF)	Corriente a plena total inductiva	Valor nominal de interruptor automático de tiempo inverso	Corriente de protección Principal	Normalizado
2,265 A	37,4 A	2,5	99,162 A	100 A

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

$$I_p: \text{Corriente nominal primario [A]}$$

$$I_s: \text{Corriente nominal secundario [A]}$$

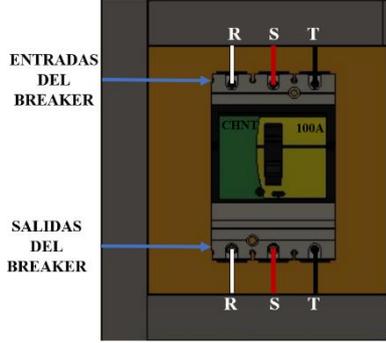
Se selecciona un transformador de corriente con un criterio de normalizado del componente 100 (A) para poder tener una lectura de datos en un componente de medición se requiere de transformadores de corriente que permitan corresponder mediante una relación de bobinados: corrientes altas y transformarlas a pequeñas que el medidor de energía pueda calcular.

- Dimensionamiento del conductor. - El calibre mínimo recomendado para un alimentador, desde el medidor hasta el tablero de distribución único, debe ser el No. 6 AWG de cobre aislado tipo THHN.

Se selecciona bajo el criterio con respecto al breaker principal 100 (A) de alimentación (R, S, T, N) se escoge un conductor de corriente número 8 AWG THHN (8,37 mm<sup>2</sup>) de cobre aislado (4x8).

#### 3.2. Conexión de los elementos del módulo.

1. Conectar la acometida trifásica 220V de tres fases (R, S, T) a las entradas de la protección principal y las salidas a la barra de distribución del sistema, incluyendo el Neutro.

Protección Principal en Software SOLIDWORDS	Protección Principal Real
	

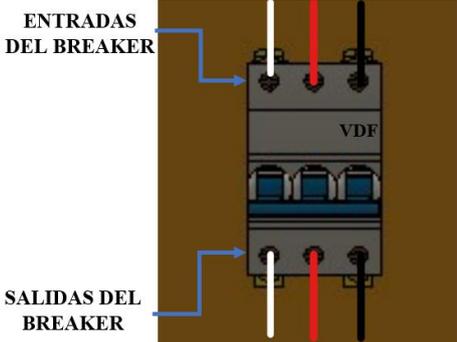
2. Conectar las salidas del breaker principal a la barra de distribución las fases R, S, T y Neutro.

Protección Principal en Software SOLIDWORDS	Protección Principal Real
	

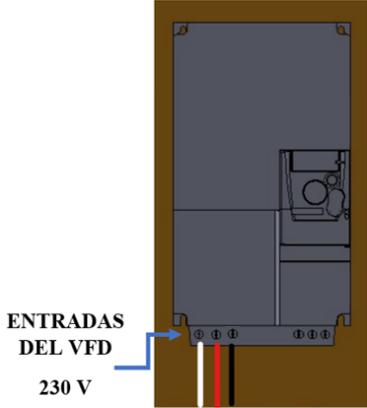
3. Colocar la protección eléctrica para el variador de frecuencia en el riel DIN.

3.1 Desde la barra distribuidora se realiza la conexión de alimentación (R, S, T) al breaker del VFD.

Color conductor #14AWG THHN	BLANCO	ROJO	NEGRO
Identificación	R	S	T

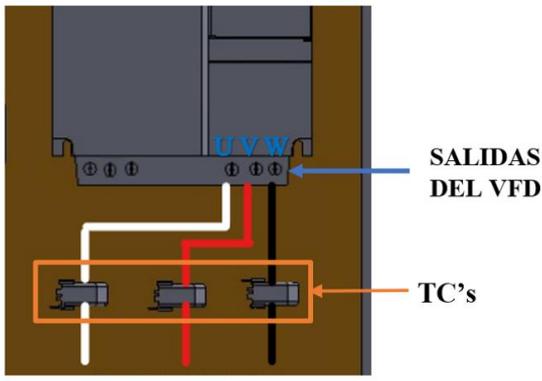
Protección del VDF en Software SOLIDWORDS	Protección del VDF Real
	

4. Las salidas del breaker se conectarán a las entradas de alimentación del Variador de Frecuencia Micromaster 420 (L1\_N; L2\_N; L3\_N).

Color conductor #14AWG THHN	BLANCO	ROJO	NEGRO
Identificación	R	S	T
<b>VFD en Software SOLIDWORDS</b>		<b>VFD Real</b>	
			

5. Conexión desde las salidas de voltajes (V1, V2, V3) del Sentron Pac 3220 a las salidas del variador de frecuencia (U, V, W).

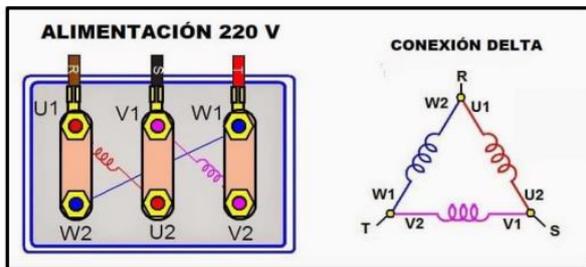
5.1. Las salidas del variador de frecuencia (U, V, W) atravesarán por cada uno de los TC's para la recepción de datos y luego se conectarán a los bornes de los motores trifásicos (U, V, W).

Color conductor #14AWG THHN	BLANCO	ROJO	NEGRO
Identificación	R	S	T
<b>VFD en Software SOLIDWORDS</b>		<b>VFD Real</b>	
			

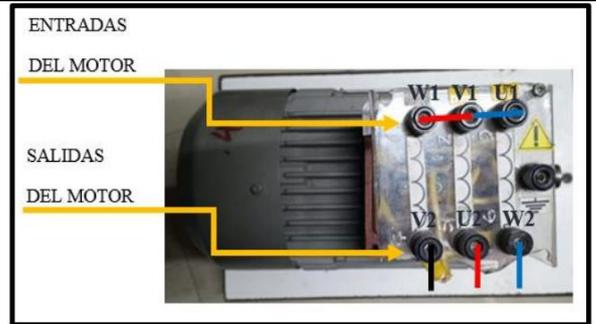
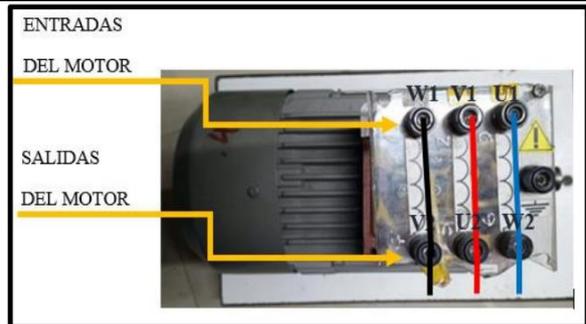
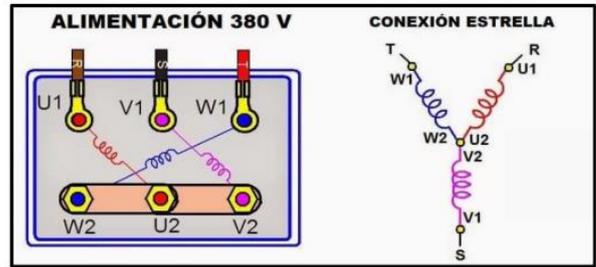
6. Se conectará a las borneras marcadas del motor, según la normativa de marcación IEC (U1, V1, W1-U2, W2, V2) y configuración para el arranque directo.

## Motor Trifásico 2 HP

### Configuración conexión Delta.



### Configuración conexión Estrella.

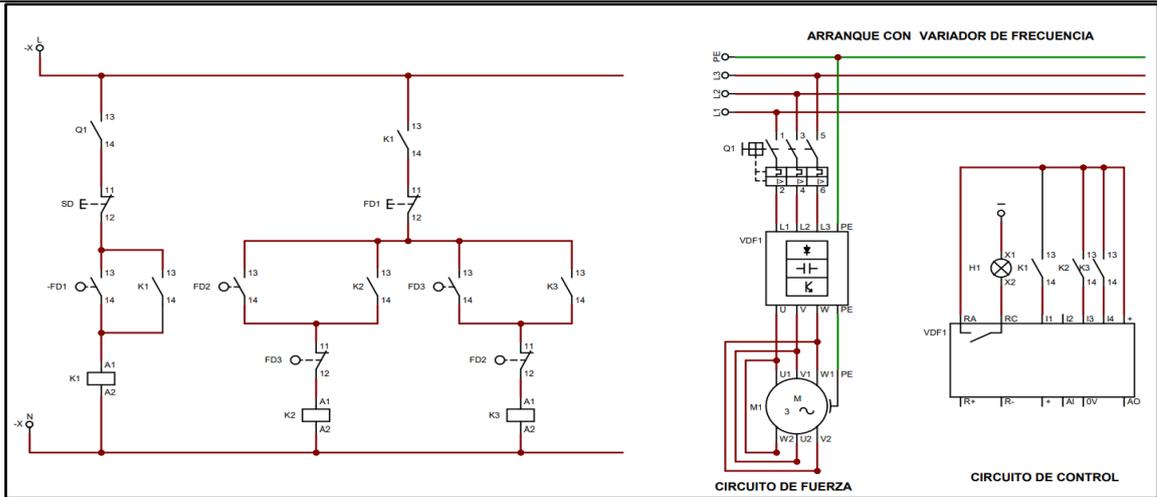


7. Realizar la programación del variador de frecuencia de acuerdo a la placa del motor seleccionado mediante los parámetros P y ajustes posibles mediante el uso del panel BOP.

### Panel del Variador de Frecuencia BOP



8. Realizar la conexión del circuito fuerza y control por cada rama para la carga inductiva.



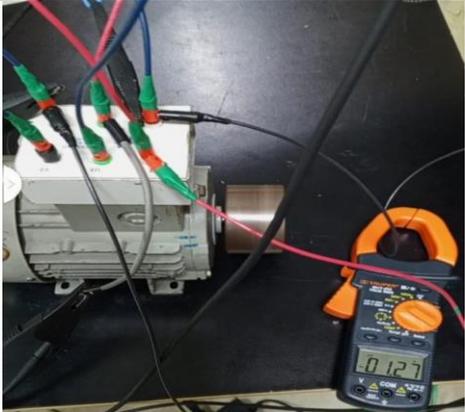
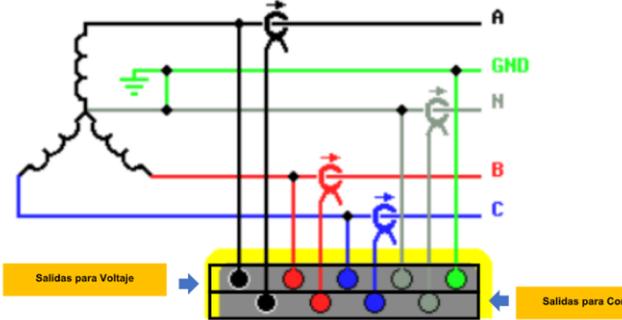
9. Operación del motor mediante el selector principal del módulo.

Mando Manual/Local.	Mando Automático/Remota

10. Visualización del gabinete de control previamente ya conectado.



11. Visualizar las variables eléctricas que se reflejan en el voltímetro ( $V_{L-L}$ ;  $V_{L-N}$ ), la pinza amperimétrica y analizador de redes.

PINZA AMPERIMÉTRICA	FLUKE 430
	

12. Visualización y captura de la curva del arranque del motor seleccionado para la práctica.

## 5 RESULTADOS DE LA PRÁCTICA

5.1. Programación para la operación de un motor trifásico de 2 HP (ejemplo) con los datos de placa.

Puesta en Servicio Rápida		
Numero de Parámetro	Nombre del parámetro	Ajustes Posibles
P0010	Ajustes de Fabrica	30 = Ajuste de Fábrica
P0970	Reposición a ajustes de Fabrica.	Restablece para todos los parámetros a sus valores por defecto. Para hacer esto es necesario ajustar P0010=30, seguidamente=1.
P0010	Ajustes de Fabrica	1 = Puesta en servicio rápida
P0100	Europa / Norteamérica	1 = Ajuste de potencia en hp, Frecuencia por defecto 60 Hz (usar interruptor DIP 2)
P0300	Selección del tipo de motor	0 = Motor Asíncrono.
P0304	Tensión del motor	Tensión nominal del motor (en V) tomada de la placa de características. <b>Tensión = 220V.</b>
P0305	Corriente del motor	Corriente nominal del motor (A) tomada de la placa de características. <b>Corriente = 6,2 A.</b>
P0307	Potencia del motor	Potencia nominal del motor (kW) tomada de la placa de características. Si P0100=1, los valores se indican en hp. <b>Potencia = 2 HP</b>
P0308	Factor de potencia del motor	Factor de potencia (cos $\theta$ ) nominal del motor tomado de la placa de características. <b>Fp = 0,78</b>
P0310	Frecuencia del motor	Frecuencia nominal del motor (Hz) tomada de la placa de características. <b>Frecuencia = 60 Hz</b>
P0311	Velocidad del motor	Nota 1 = Velocidad nominal de motor (r/min) tomada de la placa de características.

		<b>Velocidad = 1725 r/min</b>
P0700	Selección de fuente de órdenes	Parámetro para seleccionar la fuente de las ordenes transmitidas por señales digitales. Si se modifica este parámetro, todos los parámetros asociados a las entradas digitales se ajustan a valores razonables. <b>1 = Teclado</b>
P1000	Selección consigna frecuencia	Selecciona la fuente de la consigna de frecuencia. <b>1 = Consigna (potenciómetro motorizado) por teclado.</b>  Control de Frecuencia panel BOP
P1080	Frecuencia Mínima.	Ajusta la frecuencia mínima del motor (Hz) a la que gira el motor con independencia de la consigna de frecuencia. El valor aquí ajustado es válido tanto para giro a derechas como a izquierdas. <b>Frecuencia = 60 Hz</b>
P1082	Frecuencia Máxima	Ajusta la frecuencia máxima del motor (Hz) a la que gira el motor con independencia de la consigna de frecuencia-El valor aquí ajustado es válido tanto para giro a derecha como a izquierda. <b>Frecuencia = 60 Hz</b>
P1120	Tiempo de aceleración	Tiempo que lleva al motor acelerar de la parada a su frecuencia máxima.
P1121	Tiempo de desaceleración	Tiempo que lleva al motor decelerar de su frecuencia máxima.
P3900	Fin de puesta en servicio rápido	Realiza los cálculos necesarios para un funcionamiento óptimo del motor. <b>1 = Ejecutar cálculos, con reposición de los parámetros a los valores de fábrica no en el grupo de puesta en servicio rápida (P0010=1).</b>
	Accionar botón Marcha del Variador de Frecuencia.	Puesta en operación del motor trifásico.

5.2 Registro de variables eléctricas obtenidas del software LabVIEW, analizador de redes para su comparación de resultados obtenidos.

### Motor SIEMENS 2HP

<b>Condición arranque CON CARGA PESA:9 lb (Amperios)</b>			
<b>Corriente Arranque (Iarr)</b>		<b>Corriente Operación (Iop)</b>	
<b>Analizador de Redes</b>	<b>LabVIEW</b>	<b>Analizador de Redes</b>	<b>LabVIEW</b>
L1= 3,57 A	L1 = 3 A	L1 =4,60 A	L1 = 4,6 A
L2= 3,85 A	L2 = 3,23 A	L2 = 4,60 A	L2 = 4,4 A
L3= 3,76 A	L3 = 2,5 A	L3 = 4,62 A	L3 = 4,7 A
<b>Promedio (Iprom)</b>		<b>Promedio (Iprom)</b>	
3,72 A	2,91 A	4,60 A	4,56 A
<b>Error Porcentual</b>		<b>Error Porcentual</b>	
27,83%		0,87%	

Condición arranque CON CARGA PESA:9lb (Voltios)			
Tensión Arranque (Varr)		Tensión Operación (Vop)	
Analizador de Redes	LabVIEW	Analizador de Redes	LabVIEW
L1=55,56 V	L1=43,91 V	L1=219,76 V	L1=218,5 V
L2=54,25 V	L2=42,68 V	L2=219,51 V	L2=219 V
L3=52,78 V	L3=43,63 V	L3=219,79 V	L3=217,8 V
Promedio (Vprom)		Promedio (Vprom)	
54,19 V	43,4 V	219,68 V	218,8 V
Error Porcentual		Error Porcentual	
24,86%		0,40%	

### 5.2.1. CÁLCULOS.

#### ARRANQUE VARIADOR DE FRECUENCIA

#### MOTOR SIEMENS 2HP 1LE0142-0EB46-4AA4-Z.



#### CON CARGA.

Relación en conexión delta ó triángulo.

Tensión

$$V_L = V_f \text{ [V]}$$

$$220 = 220 \text{ [V]}$$

Corriente

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_f \text{ [A]}$$

$$I_f = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \text{ [A]}$$

$$I_f = \frac{6,16}{\sqrt{3}} = 3,55 \text{ [A]}$$

Relación en conexión estrella.

Corriente

$$I_L = I_f \quad [A]$$

$$6,16 = 6,16 \quad [A]$$

Tensión

$$V_L = \sqrt{3} \cdot V_f \quad [V]$$

$$V_f = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \quad [V]$$

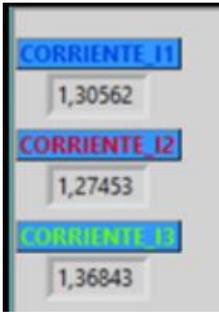
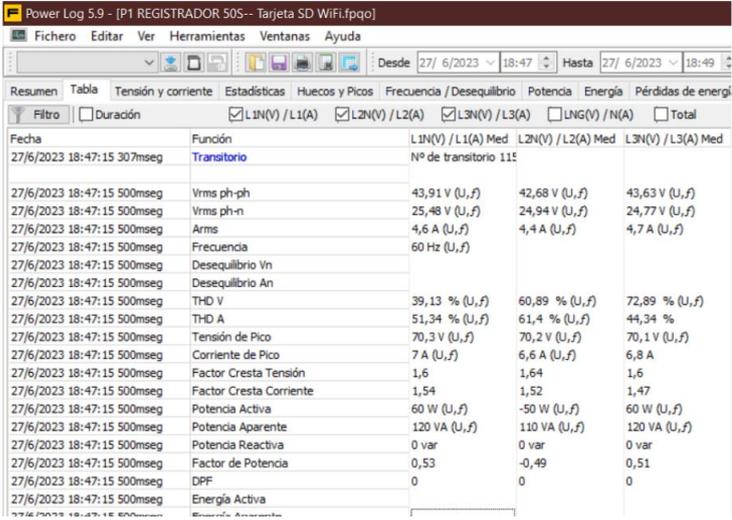
$$V_f = \frac{220}{\sqrt{3}} = 126 \quad [V]$$

Potencia.

$$P = \sqrt{3} \cdot V_n \cdot I_n \cdot \cos\theta \quad [W]$$

$$P = 1842 \quad [W]$$

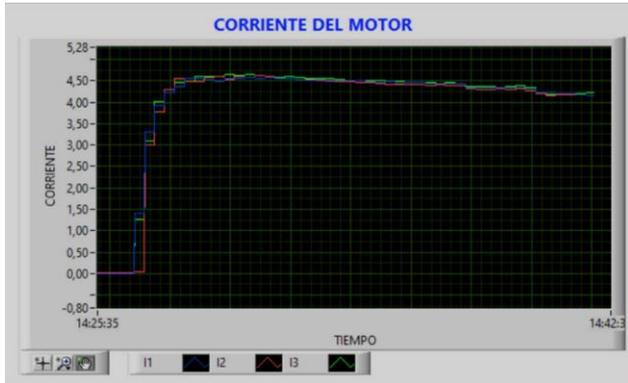
5.2.2. Recopilar, adjuntar imágenes de las variables eléctricas del software LabVIEW y el analizador de redes.

PRUEBA-Variables Eléctricas (Carga)	
Imagen	
LabVIEW (Interfaz) Tensión y Corriente	Analizador de Redes (Interfaz) Tensión y Corriente
	

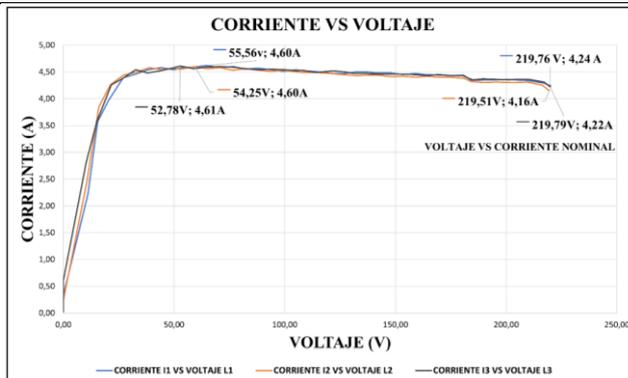
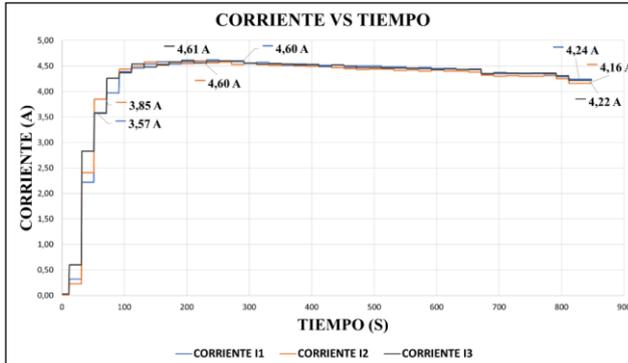
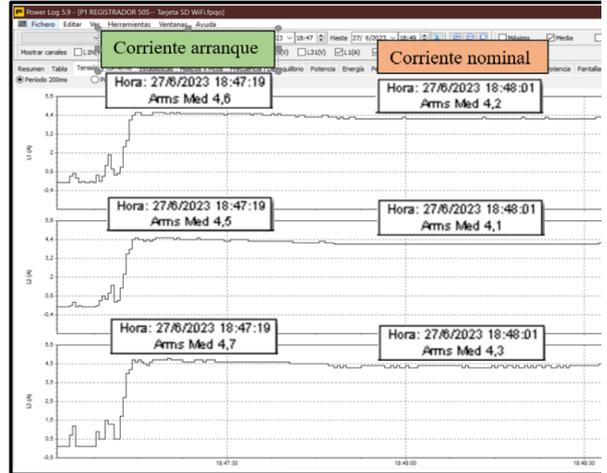
5.2.3. Obtener y adjuntar imagen de la curva de arranque del motor obtenidas del analizador de redes y software LabVIEW.

## PRUEBA-Curva de Arranque Imagen

**LabVIEW (Interfaz y Excel)**  
**Relación Corriente VS Tiempo**



**Analizador de Redes (Interfaz y Excel)**  
**Relación Corriente VS Tiempo**



El presente trabajo tiene la finalidad de evaluar y comparar diferentes metodologías de prueba para la obtención de los parámetros eléctricos y la visualización de la curva característica de un motor de trifásico se aplicaron dos condiciones; al vacío y con carga, en operación del tipo de conexión delta se realiza una comparación de ambos resultados. En el laboratorio de máquinas eléctricas se implementa dicha metodología, por lo que se presenta un

resumen de la misma y los resultados de la realización de estos ensayos para la determinación de los parámetros que hacen parte del circuito equivalente por fase del motor de inducción trifásico.

### 5.1. CUESTIONARIO:

¿Cuáles son las dos formas para la puesta de operación mediante el panel BOP?

Se puede realizar la puesta en marcha de un mediante el panel BOP de variador de frecuencia que son:

- Puesta en marcha mediante entradas digitales o análogas instalando de un selector o potenciómetro industrial
- Puesta en marcha mediante la botonera del panel BOP

¿Cuál es el parámetro P para programar la aceleración y desaceleración del motor?

Los parámetros para la programación son:

Aceleración:1120

Desaceleración:1121

¿Cuál es la comunicación desarrollada para obtención de datos?

Comunicación Modbus, VRD-PLC Y Ordenador

## 6 CONCLUSIONES

## 7 RECOMENDACIONES

## 8 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

## 9 ANEXOS

### 9.1. Programación variador de frecuencia 420.



Figura 9.1 Programación del Variador de Frecuencia.



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

### PRÁCTICA ACADÉMICA Resolución de Ejercicios en Clase INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CARRERA	CÓDIGO	ASIGNATURA	
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	IELM 306		
PRÁCTICA N°	LABORATORIO	Instalaciones Eléctricas	DURACIÓN (HORAS)
01	DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA	Arranque directo (Delta) de forma local o remota.	3
<b>1 OBJETIVOS</b>			
<ul style="list-style-type: none"><li>• Elaborar el esquema de circuito de fuerza y control, comprender el funcionamiento en el cableado del arranque directo para un motor trifásico en conexión delta,</li><li>• Dimensionar los componentes protecciones (eléctricas, contactores, térmicos y conductor eléctrico) para el montaje y operación a dicho sistema de arranque.</li><li>• Evaluar el sistema desarrollado de manera práctica observando el comportamiento del motor jaula de ardilla en condiciones de vacío como con carga.</li></ul>			
<b>2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO</b>			
<b>2.1. NTRODUCCIÓN.</b>			
<p>Los motores trifásicos son una pieza fundamental en la mayoría de las instalaciones industriales y comerciales, ya que ofrecen un rendimiento superior en comparación con sus contrapartes monofásicas. Gracias a su diseño y funcionamiento, los motores trifásicos son capaces de generar un flujo de energía constante y uniforme, lo que se traduce en un arranque más suave, menor vibración y una mayor eficiencia energética. Esto los hace ideales para aplicaciones de alto rendimiento, como en bombas, compresores, transportadores, máquinas herramienta y sistemas de climatización, entre otros.</p>			
<b>ARRANQUE DIRECTO</b>			
<p>El arranque directo es poner en funcionamiento el motor eléctrico de manera inmediata y directa, es decir, aplicando la tensión nominal a las terminales del motor para permitir que este comience a girar sin la necesidad de utilizar dispositivos adicionales de control de arranque, como arrancadores suaves o variadores de frecuencia.</p>			
<b>CONEXIÓN DELTA</b>			

En el contexto de los motores trifásicos, existen diferentes tipos de conexiones para los bobinados: estrella (Y) y delta ( $\Delta$ ). El objetivo específico de utilizar la conexión delta es lograr una configuración de alto par de arranque, que es especialmente útil cuando se arranca con carga.

### **AL VACÍO Y CON CARGA**

El objetivo es que el motor pueda arrancar tanto sin carga (al vacío) como bajo carga nominal sin problemas, manteniendo un rendimiento óptimo en ambos casos.

### **TRANSFORMADORES DE CORRIENTE (TC's)**

Son considerados dispositivos de medición de corriente, donde la corriente del secundario en operación normal es proporcional a la corriente primaria, con un pequeño desfase. Donde su principal función es transformar la corriente y aislar los elementos de protección.

PLC: Es un controlador Lógico Programable, más conocido PLC (Programmable Logic Controller, debido a siglas en inglés) es básicamente una computadora que se utiliza en la ingeniería de automatización para las industrias, es decir, para el control de la maquinaria de una fábrica o de situaciones mecánicas.

**LabVIEW:** Es un software que proporciona un potente entorno de desarrollo gráfico para el diseño de aplicaciones de Ingeniería de adquisición de datos, análisis de medidas y presentación de datos gracias a un lenguaje de programación sin la complejidad de otras herramientas de desarrollo.

## **2.2. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS**

- Red de alimentación trifásica 220V.
- 1 barra distribuidores 220 VAC,
- 1 breaker tripolar caja moldeada de 50 A.
- 6 breaker tripolar de 16 A.
- 1 breaker tripolar de 10 A.
- 1 disyuntor tripolar de 20 A.
- 6 contactor tripolar de 9A 220VAC.
- 1 contactor tripolar de 6A 220VAC.
- 1 contactor tripolar de 12A 220VAC.
- 6 relé Térmico 7-10A.
- 1 relé Térmico 4-6A.
- 1 relé Térmico 2,5-5A.
- 9 selectores 2 posiciones.
- Hoja de práctica.
- Cargas Inductivas (0,5 HP; 0,75 HP; 1 HP; 2 HP).
- Switch 5 puertos.
- PLC S7-1200.
- Instalador software LabVIEW 2019.
- Variador de Frecuencia 420.
- Sentron Pac 3220.
- Multímetro.
- Pinza Amperimétrica.
- Analizador de Redes FLUKE 435
- 3 cables ethernet.

- Conductor de Cu (3x14 AWG THHN) y terminales tipo banana.
- Ordenador.

### **2.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD**

- Comprobar la ausencia de energía eléctrica antes del conexionado.
- Realizar la conexión de control y protección de cada rama del circuito.
- Comprobar inexistencia del corto circuito entre líneas.
- Conectar los terminales del motor trifásico en configuración delta.
- EPP: Mandil, botas, guantes aislantes, casco, entre otros.

### **2.4. INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD**

- Lea y comprenda la Guía de Laboratorio de la práctica a realizar.
- Lea y comprenda las instrucciones de operación y manipulación de los dispositivos eléctricos.
- Verificar que los selectores de mando MANUAL se encuentren desactivados (OFF).
- Comprobar que las herramientas de trabajo no realicen contactos tierra.
- Siga las instrucciones mencionadas para el funcionamiento eficaz de los circuitos de medición.
- No usar el teléfono celular y prohibido correr dentro del laboratorio.
- Evitar realizar contacto directo de los terminales del motor.

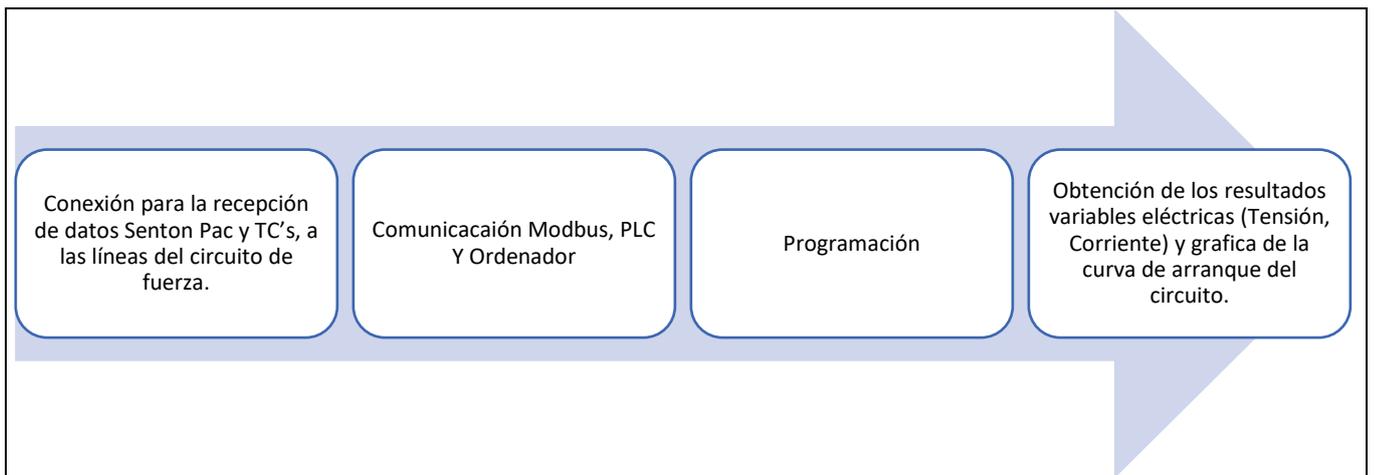
### **2.5. TRABAJO PREPARATORIO.**

#### **2.5.1. ACTIVIDADES A DESARROLLAR**

- La elaboración de los esquemas de circuitos de fuerza y control mediante el software Cade Simu permite un sistema de emulación muy completo y de fácil para la comprensión del usuario sobre el sistema eléctrico a desarrollar dentro de la práctica.
- Dimensionar los elementos del Gabinete según el Código Eléctrico Nacional (protecciones eléctricas, contactores, térmicos y TC's).
- Realizar las conexiones eléctricas de cada elemento del módulo.
- Conexión comunicación Switch; PLC- Sentron Pac 3220- Software LabVIEW.
- Observación de las Variables eléctricas en el Sentron Pac 3220.
- Observar, recolectar de las Variables eléctricas y la curva de arranque en el interfaz de LabVIEW.
- Observar, recolectar las Variables eléctricas y la curva de arranque mediante Analizador de redes.
- Observación de las Variables eléctricas con el multímetro y pinza amperimétrica.

### **2.6. METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL.**

Para poder desarrollar la práctica se considera los siguientes procesos, como se muestra en el siguiente diagrama de bloques.



**Conexión del Sentron Pac 3220 y TC's a las líneas del circuito de fuerza (R, S, T).**

Se realiza conexiones de las salidas del Sentron Pac a las entradas de los TC's para la recepción de parámetros eléctricos.

**Comunicación y Ordenador.**

Para realizar la comunicación modbus se deben configurar la IP de cada uno de los dispositivos que receptaran y enviaran información.

**Programación.**

Transmitir los datos desde el software TIA Portal y el software LabVIEW.

**Obtención de los resultados variables eléctricas (Tensión, Corriente) y grafica de la curva de arranque del circuito.**

Finalmente, los datos compilados por los TC's permitirán obtener graficas con los resultados obtenidos para Tensión, Corriente y Curva característica del arranque del motor.

## INFORME PRÁCTICO

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**LABORATORIO DE SIMULACIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**  
**INFORME DE PRÁCTICA**

TEMA: \_\_\_\_\_

NÚMERO DE PRÁCTICA: \_\_\_\_\_

NOMBRE(S): \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

### 3 PROCEDIMIENTO

#### 3.1 Cargas inductivas para el sistema.

Se deberá considerar la potencia de todas las cargas que se instalaran a la red.

Memoria Técnica	Cantidad	Motor-Marca	Potencia (HP)
			
			
			
			
<b>Carga Instalada</b>			

#### 3.2 Dimensionar los elementos del módulo.

Ítem 1: Determinar la corriente a plena carga en la Tabla 430.250 “Corriente a plena carga en motores trifásicos”.

Tensión (V)	Potencia (PH)	Placa: Corriente Nominal (A)	Tabla 430-250: Corriente a plena carga (A)

Ítem 2: Dimensionar y seleccionar el componente contra cortocircuito y fallas a tierra, según la Tabla 430-52.

$$I_{protección} = I_{pc} \cdot 250\%$$

Potencia (PH)	Tabla 430-52: Porcentaje de Corriente a plena carga (%)	Tabla 430-250: Corriente a plena carga (A)	Corriente de Protección (A)

Ítem 3. Normalizar los valores obtenidos según el Art.-240.6 “Valores en Amperios Normalizados”.

Potencia (PH)	Corriente de Protección eléctrica (A)	Valores de corriente normalizadas para Interruptores automáticos de tiempo inverso

Ítem 4. Dimensionar y seleccionar la corriente del relé térmico, según la Tabla 430-32, literal (2) “Motores de Servicio Continuo”.

$$I_{térmico} = I_{pc} \cdot 170\%$$

Potencia (PH)	Tabla 430-250: Corriente a plena carga (A)	Tabla 430-32: Porcentaje de Corriente a plena carga (%)	Corriente del Relé Térmico	Normalizado

Ítem 5. Dimensionar y seleccionar la corriente del contactor, según el Artículo 430-83 “Valore Nominales”, de tal manera que expresa que para motores de 2 caballos de fuerza o menos, el contactor debe ser al doble del valor nominal de corriente de plena carga de motor.

$$I_{\text{contactor}} = I_{pc} \cdot 2$$

Potencia (PH)	Tabla 430-250: Corriente a plena carga (A)	Motores estacionarios de 2HP o menos	Corriente del contactor Bobina 220VAC	Normalizado

Ítem 6. Dimensionar y seleccionar calibre del conductor, según el artículo 210.19 “Ampacidad mínima y calibre mínimo”; la tabla 310.16 “Temperatura de trabajo del conductor”. Bajo normativa nos indica el literal g, que el conductor de motores no debe ser menor a 2,08 mm<sup>2</sup> por lo tanto, se escoge el cable número 14.

$$I_{\text{conductor}} = I_{pc} \cdot 125\%$$

Potencia (PH)	Tabla 430-250: Corriente a plena carga (A)	Porcentaje de ampacidad (%)	Calibre por ampacidad y calibre máximo (A)	Calibre del Conductor

Ítem 7. Para determinar la corriente total a plena carga de los motores eléctricos, considerando los valores obtenidos en el ítem anterior.

Cantidad	Tabla 430-250: Corriente a plena carga (A)	Potencia (HP)	Corriente a plena carga total. (A)
<b>Corriente total de cargas inductivas</b>			

Ítem 8. Seleccionar la protección contra corto circuitos y fallas a tierra tipo “Interruptor automático de tiempo inverso” en donde se multiplicará el 250% al valor de corriente total inductivo.

Corriente total (PLC, Sentron Pac 3220, Switch, VDF)	Corriente a plena total inductiva	Valor nominal de interruptor automático de tiempo inverso	Corriente de protección Principal general	Normalizado
2,265 A	37,4 A	2,5	99,162 A	100 A

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

$I_p$ : Corriente nominal primario [A]

$I_s$ : Corriente nominal secundario [A]

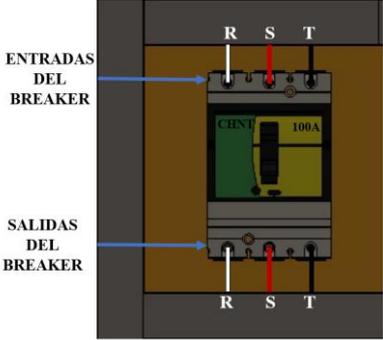
- Dimensionamiento del conductor. - El calibre mínimo recomendado para un alimentador, desde el medidor hasta el tablero de distribución y conexión de los circuitos de fuerza.

### 3.3 Conexión de los elementos del módulo y adjuntar imagen del proceso:

Paso 1.- Realizar la conexión del circuito fuerza y control por cada rama para la carga inductiva mediante el software Cade Simu.

Configuración conexión Delta.	Configuración conexión Estrella.

Paso 2.- Conectar la acometida trifásica 220V de tres fases (R, S, T) a las entradas de la protección principal y las salidas a la barra de distribución del sistema, incluyendo el Neutro.

Protección Principal en Software SOLIDWORDS	Protección Principal Real
	

Paso 3.- Conectar las salidas del breaker principal a la barra de distribución las fases R, S, T y Neutro.

Protección Principal en Software SOLIDWORDS	Protección Principal Real
	

Paso 4.- Colocar las protecciones eléctricas, contactores, relés térmicos por cada carga inductiva en el riel DIN.

Protección Principal en Software SOLIDWORDS	Protección Principal Real

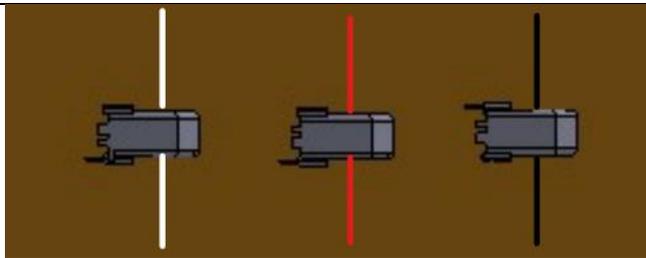
Paso 5.- Desde la barra de distribución se suministrará energía de manera ordenada e individual, la conexión de las tres fases (R, S, T) en cada una de las entradas de las protecciones del circuito inductivo (breaker) y las salidas a los contactores eléctricas.

<b>Color conductor #14AWG THHN</b>	BLANCO	ROJO	NEGRO
<b>Identificación</b>	R	S	T
<b>Protección Principal en Software SOLIDWORDS</b>		<b>Protección Principal Real</b>	

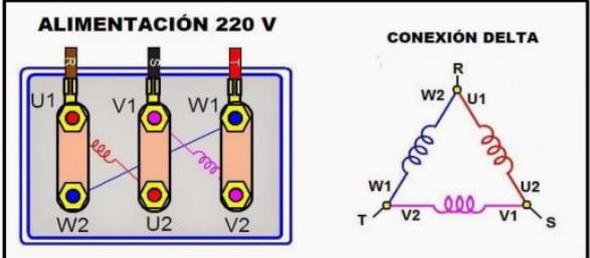
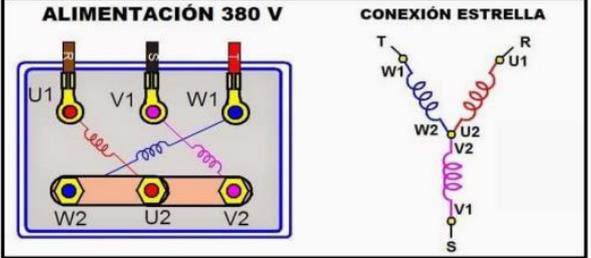
Paso 6.- Las salidas de las protecciones eléctricas se conectarán hacia las entradas del Contactor-Relé Térmico (R, S, T) y las salidas del relé térmico deberán atravesar por los TC's.

<b>Color conductor #14AWG THHN</b>	BLANCO	ROJO	NEGRO
<b>Identificación</b>	R	S	T
<b>Protección Principal en Software SOLIDWORDS</b>		<b>Protección Principal Real</b>	

Paso 7.- Las salidas del relé térmico R, S, T atravesará de forma interna e individual por cada uno de los TC's, en dirección a los bornes del motor trifásico (U, V, W) para la recepción de datos en el medidor de energía Sentron Pac 3220.

<b>Color conductor #14AWG THHN</b>	BLANCO	ROJO	NEGRO
<b>Identificación</b>	R	S	T
<b>Protección Principal en Software SOLIDWORDS</b>	<b>Protección Principal Real</b>		
			

Paso 8.- Se conectará hacia las borneras marcadas del motor, según la normativa de marcación IEC (U1, V1, W1- U2, W2, V2) y configuración para el arranque directo.

Motor Trifásico 2 HP	
Configuración conexión Delta.	Configuración conexión Estrella.
	

Paso 9.- Operación del motor Manual/Automático del módulo, el cual permite la forma energización local o remota para la operación de motores.

Mando Manual/Local.	Mando Automático/Remota

Paso 10.- Visualización del gabinete de control previamente ya conectado.

Paso 11.- Visualizar y recopilar las variables eléctricas que se reflejan en el voltímetro ( $V_{L-L}$ ;  $V_{L-N}$ ), la pinza amperimétrica y analizador de redes.

PINZA AMPERIMÉTRICA	ANALIZADOR DE REDES

4 Visualización y captura de la curva del arranque del motor seleccionado para la práctica.

## 5 RESULTADOS DE LA PRÁCTICA

5.1. Registro de variables eléctricas obtenidas del software LabVIEW, analizador de redes y medidores de energía para su comparación e interpretación de resultados obtenidos.

Condición arranque CON CARGA PESA:9 lb (Amperios)			
Corriente Arranque ( $I_{arr}$ )		Corriente Operación ( $I_{op}$ )	
Analizador de Redes	LabVIEW	Analizador de Redes	LabVIEW
Promedio ( $I_{prom}$ )		Promedio ( $I_{prom}$ )	
Error Porcentual		Error Porcentual	

Condición arranque CON CARGA PESA:9lb (Voltios)			
Tensión Arranque ( $V_{arr}$ )		Tensión Operación ( $V_{op}$ )	
Analizador de Redes	LabVIEW	Analizador de Redes	LabVIEW
Promedio ( $V_{prom}$ )		Promedio ( $V_{prom}$ )	
Error Porcentual		Error Porcentual	

### 5..1.1. CALCULOS.

## ARRANQUE DIRECTO

**MOTOR** \_\_\_\_\_

**AL VACÍO.**

Datos placa:

$$P = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$fp = \underline{\hspace{2cm}}$$

Al vacío: Consiste en poner en operación al motor sin carga mecánica en el eje, es decir, se encuentra en operación de eje libre.

En vacío:

$$n_m \cong n_{sin}$$

Potencia consumida por el motor es:

$$P_0 = P_{Cu} + P_{Fe} + P_{Me}$$

$$P_{Cu} \ll +P_{Fe} + P_{Me}$$

$$I_0 \ll I_n$$

Ecuación corriente de línea.

$$I_0 = \frac{P_{3\theta}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot fp} \quad [A]$$

$$I_0 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Eficiencia para un motor eléctrica (Eff).

$$Eff = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Relación de conexión delta o triángulo.

Tensión

$$V_L = V_f \quad [V]$$

$$V_L = \underline{\hspace{2cm}} [V]$$

Corriente

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_f \quad [A]$$

$$I_f = \underline{\hspace{2cm}} [A]$$

Relación de conexión estrella.

Corriente

$$I_L = I_f \quad [A]$$

$$I_L = \underline{\hspace{2cm}} [A]$$

Tensión

$$V_L = \sqrt{3} \cdot V_f \quad [V]$$

$$V_f = \underline{\hspace{2cm}} [V]$$

**CON CARGA.**

Datos placa:

$$P = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$I = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$fp = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\eta_{eff} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Procedimiento de cálculos.

Ecuación de eficiencia para un motor eléctrica (Eff).

$$Eff = \frac{HP \cdot 746}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot I \cdot fp}$$

Donde:

$P =$  Potencia HP

$V_L =$  Voltaje línea – línea V

$I =$  Corriente A

$fp =$  Factor de Potencia

$$Eff = \underline{\hspace{4cm}}$$

$$Eff = \underline{\hspace{2cm}}$$

Ecuación de Potencias

$$P_{out} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta_{eff}} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Ecuación corriente de línea.

$$I_L = \frac{P_{3\theta}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot fp \cdot \eta_{eff}} \quad [A]$$

$$I_L = \underline{\hspace{4cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Relación de conexión delta o triángulo.

Tensión

$$V_L = V_f \quad [V]$$

$$V_L = \underline{\hspace{2cm}} [V]$$

Corriente

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_f \quad [A]$$

$$I_f = \underline{\hspace{2cm}} [A]$$

Relación de conexión estrella.

Corriente

$$I_L = I_f \quad [A]$$

$$I_L = \text{_____}[A]$$

Tensión

$$V_L = \sqrt{3} \cdot V_f \quad [V]$$

$$V_f = \text{_____}[V]$$

5.1.2. Recopilar y adjuntar imagen de las variables eléctricas del software LabVIEW y el analizador de redes.

<b>PRUEBA-VARIABLES ELÉCTRICAS (VACÍO)</b>	
<b>Imagen</b>	
<b>LabVIEW (Interfaz)</b> <b>Tensión y Corriente</b>	<b>Analizador de Redes (Interfaz)</b> <b>Tensión y Corriente</b>

<b>PRUEBA-VARIABLES ELÉCTRICAS (CARGA)</b>	
<b>Imagen</b>	
<b>LabVIEW (Interfaz)</b> <b>Tensión y Corriente</b>	<b>Analizador de Redes (Interfaz)</b> <b>Tensión y Corriente</b>

5.1.3. Obtener y adjuntar imagen de la curva de arranque del motor obtenidas del analizador de redes y software LabVIEW.

<b>PRUEBA-CURVA DE ARRANQUE (VACÍO)</b>	
<b>Imagen</b>	
<b>LabVIEW (Interfaz y Excel)</b> <b>Relación Corriente VS Tiempo</b>	<b>Analizador de Redes (Interfaz y Excel)</b> <b>Relación Corriente VS Tiempo</b>


**PRUEBA-Curva de Arranque (Carga)**

**Imagen**

LabVIEW (Interfaz y Excel) Relación Corriente VS Tiempo	Analizador de Redes (Interfaz y Excel) Relación Corriente VS Tiempo

**5.2. CUESTIONARIO:**

1. ¿Cuál es la función del interruptor termomagnético trifásico?
2. ¿Como designar los componentes durante la toma de decisiones?
3. ¿Cuál es la comunicación desarrollada para obtención de datos?

**6 CONCLUSIONES**

--

<b>7</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>
<b>8</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.</b>
<b>9</b>	<b>ANEXOS</b>



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

### PRÁCTICA ACADÉMICA Resolución de Ejercicios en Clase INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CARRERA	CÓDIGO	ASIGNATURA	
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	IELM 306		
PRÁCTICA N°	LABORATORIO		DURACIÓN (HORAS)
02	DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA	Instalaciones Eléctricas  Arranque directo (Estrella-Delta) de forma local y remota	3

#### 1 OBJETIVOS

- Elaborar el esquema de circuito de fuerza y control, comprender el funcionamiento en el cableado del arranque directo para un motor trifásico en conexión delta,
- Dimensionar los componentes protecciones (eléctricas, contactores, térmicos y conductor eléctrico) para el montaje y operación a dicho sistema de arranque.
- Evaluar el sistema desarrollado de manera práctica observando el comportamiento del motor jaula de ardilla en condiciones de vacío como con carga.

#### 2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO

##### 2.1. INTRODUCCIÓN.

Los motores trifásicos son una pieza fundamental en la mayoría de las instalaciones industriales y comerciales, ya que ofrecen un rendimiento superior en comparación con sus contrapartes monofásicas. Gracias a su diseño y funcionamiento, los motores trifásicos son capaces de generar un flujo de energía constante y uniforme, lo que se traduce en un arranque más suave, menor vibración y una mayor eficiencia energética. Esto los hace ideales para aplicaciones de alto rendimiento, como en bombas, compresores, transportadores, máquinas herramienta y sistemas de climatización, entre otros.

##### ARRANQUE ESTRELLA-TRIANGULO

También conocido como arranque estrella-delta, es una técnica comúnmente utilizada para arrancar motores eléctricos trifásicos conectados en configuración estrella (Y). Esta técnica permite reducir la corriente de arranque, minimizando los efectos del arranque en el sistema eléctrico y en el propio motor. A continuación, se explica el procedimiento del arranque estrella-triángulo:

#### Configuración inicial:

Los devanados del motor están conectados en configuración estrella (Y), donde cada fase del motor se conecta a un punto común llamado punto neutro.

#### Etapa de arranque en estrella:

Paso 1: El motor arranca en una configuración “estrella”. En esta etapa, los devanados de cada fase están conectados en configuración estrella, y se aplica una tensión reducida a las terminales del motor.

Paso 2: Al estar en configuración estrella, la tensión aplicada a cada devanado de fase es la tensión de línea dividida por la raíz cuadrada de 3 ( $\frac{V_L}{\sqrt{3}}$ ). Esto resulta en una corriente de arranque menor, aproximadamente un tercio de la corriente de arranque que se obtendría con una conexión en triángulo directa.

#### Etapa de transición:

Paso 3: Una vez que el motor ha alcanzado una velocidad y estabilidad adecuadas, se cambia la configuración del motor de “estrella” a “triángulo”.

Paso 4: Durante el cambio de configuración, se interrumpe momentáneamente la alimentación del motor para realizar la reconfiguración. Es importante que esta transición se realice rápidamente para evitar interrupciones prolongadas en el funcionamiento del motor.

#### Etapa de arranque en triángulo:

Paso 5: Después de la transición, los devanados de cada fase se conectan en configuración triángulo.

Paso 6: Se aplica la tensión completa de línea ( $V_L$ ) a las terminales del motor.

Paso 7: El motor ahora está en pleno funcionamiento, proporcionando su máxima potencia nominal y operando con una corriente normal de línea.

El arranque estrella-triángulo es una técnica eficiente y segura para reducir la corriente de arranque en motores de alta potencia y aplicaciones industriales. Permite evitar el estrés en el sistema eléctrico y los picos de corriente que podrían dañar tanto al motor como a otros equipos conectados a la misma red eléctrica. Es importante destacar que el arranque estrella-triángulo solo se aplica a motores trifásicos conectados en configuración estrella (Y) y que otros tipos de motores trifásicos, como los conectados en configuración delta, requerirán técnicas de arranque diferentes.

#### TRANSFORMADORES DE CORRIENTE (TC's)

Son considerados dispositivos de medición de corriente, donde la corriente del secundario en operación normal es proporcional a la corriente primaria, con un pequeño desfase. Donde su principal función es transformar la corriente y aislar los elementos de protección.

#### PLC

Un Controlador Lógico Programable, más conocido PLC (Programmable Logic Controller, debido a siglas en inglés) es básicamente una computadora que se utiliza en la ingeniería de automatización para las industrias, es decir, para el control de la maquinaria de una fábrica o de situaciones mecánicas.

#### LabVIEW

LabVIEW es un software que proporciona un potente entorno de desarrollo gráfico para el diseño de aplicaciones de Ingeniería de adquisición de datos, análisis de medidas y presentación de datos gracias a un lenguaje de programación sin la complejidad de otras herramientas de desarrollo.

## **2.2. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS**

- Red de alimentación trifásica 220V.
- 1 barra distribuidores 220 VAC
- 1 breaker tripolar caja moldeada de 50 A.
- 6 breaker tripolar de 16 A.
- 1 breaker tripolar de 10 A.
- 1 disyuntor tripolar de 20 A.
- 6 contactor tripolar de 9ª 220VAC.
- 1 contactor tripolar de 6ª 220VAC.
- 1 contactor tripolar de 12ª 220VAC.
- 6 relé Térmico 7-10ª.
- 1 relé Térmico 4-6ª.
- 1 relé Térmico 2,5-5ª.
- 9 selectores 2 posiciones.
- Hoja de práctica.
- Cargas Inductivas (0,5 HP; 0,75 HP; 1 HP; 2 HP).
- Switch 5 puertos.
- PLC S7-1200.
- Instalador software LabVIEW 2019.
- Variador de Frecuencia 420.
- Sentron Pac 3220.
- Multímetro.
- Pinza Amperimétrica.
- Analizador de Redes FLUKE 435
- 3 cables ethernet.
- Conductor de Cu (3x14 AWG THHN) y terminales tipo banana.
- Ordenador.

## **2.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD**

- Comprobar la ausencia de energía eléctrica antes del conexionado.
- Realizar la conexión de control y protección de cada rama del circuito.
- Comprobar inexistencia del corto circuito entre líneas.
- Conectar los terminales del motor trifásico en configuración delta.
- EPP: Mandil, botas, guantes aislantes, casco, entre otros.

## **2.4. INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD**

- Lea y comprenda la Guía de Laboratorio de la práctica a realizar.
- Lea y comprenda las instrucciones de operación y manipulación de los dispositivos eléctricos.
- Verificar que los selectores de mando MANUEAL se encuentren desactivados (OFF).
- Comprobar que las herramientas de trabajo no realicen contactos tierra.
- Siga las instrucciones mencionadas para el funcionamiento eficaz de los circuitos de medición.

- No usar el teléfono celular y prohibido correr dentro del laboratorio.
- Evitar realizar contacto directo de los terminales del motor.

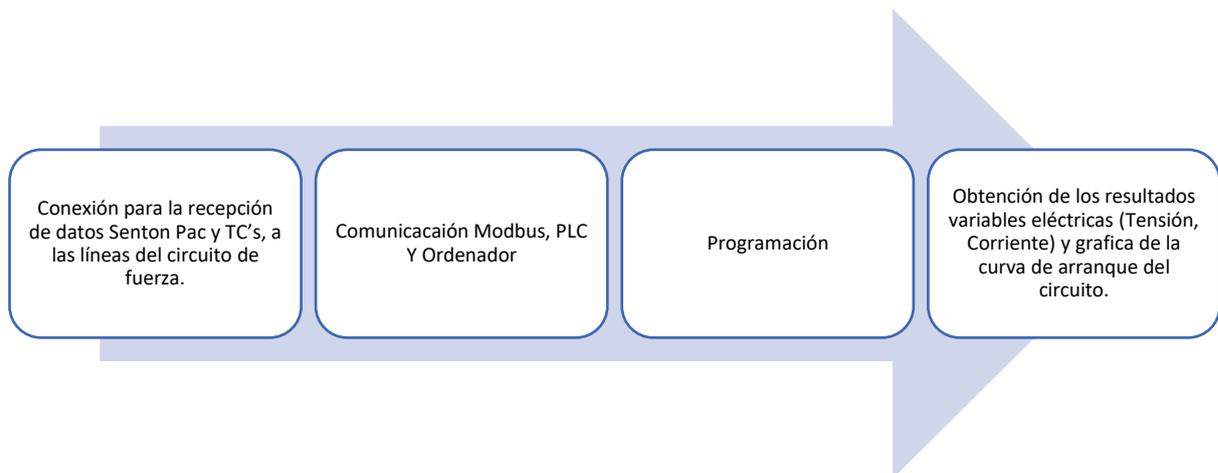
## 2.5. TRABAJO PREPARATORIO.

### 2.5.1. ACTIVIDADES A DESARROLLAR

- La elaboración de los esquemas de circuitos de fuerza y control mediante el software Cade Simu permite un sistema de emulación muy completo y de fácil para la comprensión del usuario sobre el sistema eléctrico a desarrollar dentro de la práctica.
- Dimensionar los elementos del Gabinete según el Código Eléctrico Nacional (protecciones eléctricas, contactores, térmicos y TC's).
- Realizar las conexiones eléctricas de cada elemento del módulo.
- Conexión comunicación Switch; PLC- Sentron Pac 3220- Software LabVIEW.
- Observación de las Variables eléctricas en el Sentron Pac 3220.
- Observar, recolectar de las Variables eléctricas y la curva de arranque en el interfaz de LabVIEW.
- Observar, recolectar las Variables eléctricas y la curva de arranque mediante Analizador de redes.
- Observación de las Variables eléctricas con el multímetro y pinza amperimétrica.

## 2.6. METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL.

Para poder desarrollar la práctica se considera los siguientes procesos, como se muestra en el siguiente diagrama de bloques.



### **Conexión del Sentron Pac 3220 y TC's a las líneas del circuito de fuerza (R, S, T).**

Se realiza conexiones de las salidas del Sentron Pac a las entradas de los TC's para la recepción de parámetros eléctricos.

### **Comunicación y Ordenador.**

Para realizar la comunicación modbus se deben configurar la IP de cada uno de los dispositivos que receptoran y enviaran información.

### **Programación.**

Transmitir los datos desde el software TIA Portal y el software LabVIEW.

### **Obtención de los resultados variables eléctricas (Tensión, Corriente) y grafica de la curva de arranque del circuito.**

Finalmente, los datos compilados por los TC's permitirán obtener graficas con los resultados obtenidos para Tensión, Corriente y Curva característica del arranque del motor.

## INFORME PARÁCTICO

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**LABORATORIO DE SIMULACIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**  
**INFORME DE PRÁCTICA**

TEMA: \_\_\_\_\_

NÚMERO DE PRÁCTICA: \_\_\_\_\_

NOMBRE(S): \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

### 3 PROCEDIMIENTO

#### 3.1. Cargas inductivas para el sistema.

Se deberá considerar la potencia de todas las cargas que se instalaran a la red.

Memoria Técnica	Cantidad	Motor-Marca	Potencia (HP)
			
			
			
			
<b>Carga Instalada</b>			

#### 3.2. Dimensionar los elementos del módulo.

Ítem 1: Determinar la corriente a plena carga en la Tabla 430.250 "Corriente a plena carga en motores trifásicos".

Tensión (V)	Potencia (PH)	Placa: Corriente Nominal (A)	Tabla 430-250: Corriente a plena carga (A)

Ítem 2: Dimensionar y seleccionar el componente contra cortocircuito y fallas a tierra, según la Tabla 430-52.

$$I_{protección} = I_{pc} \cdot 250\%$$

Potencia (PH)	Tabla 430-52: Porcentaje de Corriente a plena carga (%)	Tabla 430-250: Corriente a plena carga (A)	Corriente de Protección (A)

Ítem 3. Normalizar los valores obtenidos según el Art.-240.6 “Valores en Amperios Normalizados”.

Potencia (PH)	Corriente de Protección eléctrica (A)	Valores de corriente normalizadas para Interruptores automáticos de tiempo inverso

Ítem 4. Dimensionar y seleccionar la corriente del relé térmico, según la Tabla 430-32, literal (2) “Motores de Servicio Continuo”.

$$I_{térmico} = I_{pc} \cdot 170\%$$

Potencia (PH)	Tabla 430-250: Corriente a plena carga (A)	Tabla 430-32: Porcentaje de Corriente a plena carga (%)	Corriente del Relé Térmico	Normalizado

Ítem 5. Dimensionar y seleccionar la corriente del contactor, según el Artículo 430-83 “Valore Nominales”, de tal manera que expresa que para motores de 2 caballos de fuerza o menos, el contactor debe ser al doble del valor nominal de corriente de plena carga de motor.

$$I_{\text{contactor}} = I_{pc} \cdot 2$$

Potencia (PH)	Tabla 430-250: Corriente a plena carga (A)	Motores estacionarios de 2HP o menos	Corriente del contactor Bobina 220VAC	Normalizado

Ítem 6. Dimensionar y seleccionar calibre del conductor, según el artículo 210.19 “Ampacidad mínima y calibre mínimo”; la tabla 310.16 “Temperatura de trabajo del conductor”. Bajo normativa nos indica el literal g, que el conductor de motores no debe ser menor a 2,08 mm<sup>2</sup> por lo tanto, se escoge el cable número 14.

$$I_{\text{conductor}} = I_{pc} \cdot 125\%$$

Potencia (PH)	Tabla 430-250: Corriente a plena carga (A)	Porcentaje de ampacidad (%)	Calibre por ampacidad y calibre máximo (A)	Calibre del Conductor

Ítem 7. Para determinar la corriente total a plena carga de los motores eléctricos, considerando los valores obtenidos en el ítem anterior.

Cantidad	Tabla 430-250: Corriente a plena carga (A)	Potencia (HP)	Corriente a plena carga total. (A)
Corriente total de cargas inductivas			

Ítem 8. Seleccionar la protección contra corto circuitos y fallas a tierra tipo “Interruptor automático de tiempo inverso” en donde se multiplicará el 250% al valor de corriente total inductivo.

Corriente total (PLC, Sentron Pac 3220, Switch, VDF)	Corriente a plena total inductiva	Valor nominal de interruptor automático de tiempo inverso	Corriente de protección Principal general	Normalizado
2,265 A		2,5		

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

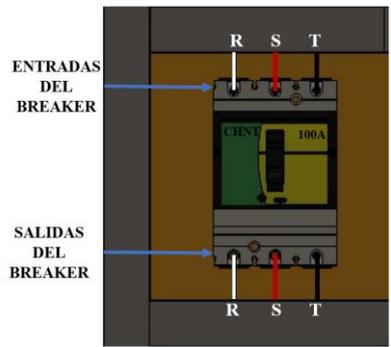
$$I_p: \text{Corriente nominal primario [A]}$$

$$I_s: \text{Corriente nominal secundario [A]}$$

- Dimensionamiento del conductor. - El calibre mínimo recomendado para un alimentador, desde el medidor hasta el tablero de distribución y conexión de los circuitos de fuerza.

### 3.3. Conexión de los elementos del módulo y adjunta imagen del módulo real:

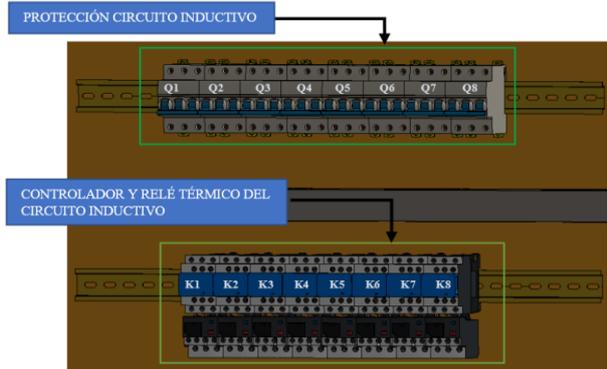
Paso 1.- Conectar la acometida trifásica 220V de tres fases (R, S, T) a las entradas de la protección principal y las salidas a la barra de distribución del sistema, incluyendo el Neutro.

Protección Principal en Software SOLIDWORDS	Protección Principal Real
	

Paso 2.- Conectar las salidas del breaker principal a la barra de distribución las fases R, S, T y Neutro.

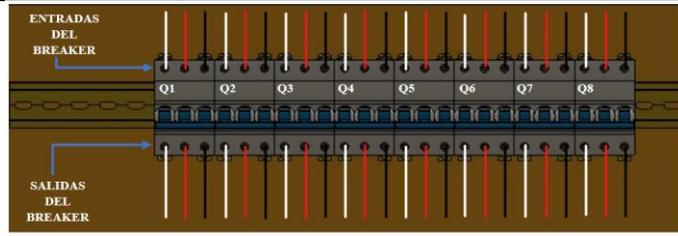
Protección Principal en Software SOLIDWORDS	Protección Principal Real
	

Paso 3.- Colocar las protecciones eléctricas, contactores, relés térmicos por cada carga inductiva en el riel DIN.

Protección Principal en Software SOLIDWORDS	Protección Principal Real
	

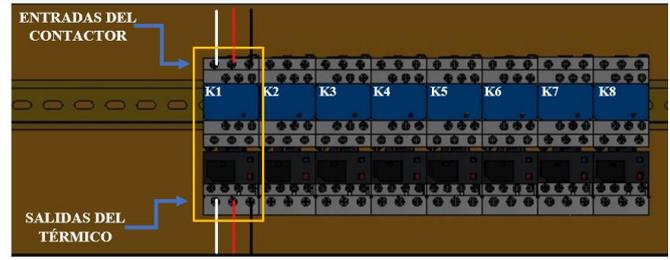
Paso 4.- Desde la barra de distribución se suministrará energía de manera ordenada e individual, la conexión de las tres fases (R, S, T) en cada una de las entradas de las protecciones del circuito inductivo (breaker) y las salidas de los contactores eléctricas.

<b>Color conductor #14AWG THHN</b>	BLANCO	ROJO	NEGRO
<b>Identificación</b>	R	S	T

Protección Principal en Software SOLIDWORDS	Protección Principal Real
	

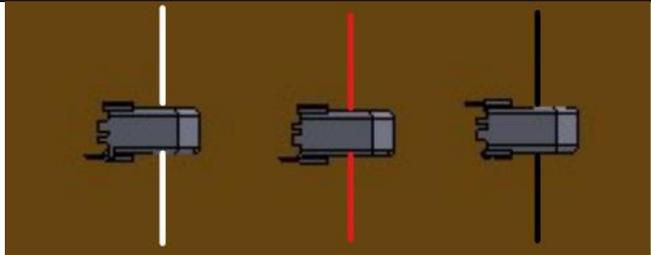
Paso 5.- Las salidas de las protecciones eléctricas se conectarán hacia las entradas del Contactor-Relé Térmico (R, S, T) y las salidas del relé térmico deberán atravesar por los TC's.

<b>Color conductor #14AWG THHN</b>	BLANCO	ROJO	NEGRO
<b>Identificación</b>	R	S	T

Protección Principal en Software SOLIDWORDS	Protección Principal Real
	

Paso 6.- Las salidas del relé térmico R, S, T atravesará de forma interna e individual por cada uno de los TC's -100/5A, en dirección a los bornes del motor trifásico (U, V, W) para la recepción de datos en el medidor de energía Sentron Pac 3220.

<b>Color conductor #14AWG THHN</b>	BLANCO	ROJO	NEGRO
------------------------------------	--------	------	-------

<b>Identificación</b>	R	S	T
<b>Protección Principal en Software SOLIDWORDS</b>		<b>Protección Principal Real</b>	
			

Paso 7.- Se conectará hacia las borneras marcadas del motor, según la normativa de marcación IEC (U1, V1, W1-U2, W2, V2) y en configuración para el arranque designado.

Paso 8.- Realizar la conexión del circuito fuerza y control por cada rama para la carga inductiva.

**Conexión del arranque estrella-triángulo.**

Luego de conectar todos los elementos del módulo se procede a seleccionar tres breaker, contactores y térmicos para la conexión del arranque estrella-triángulo con los siguientes pasos:

**Paso 1:** Se utilizará 3 circuitos de fuerza que son: Q6, K7 y K8, para la conexión Estrella-Delta

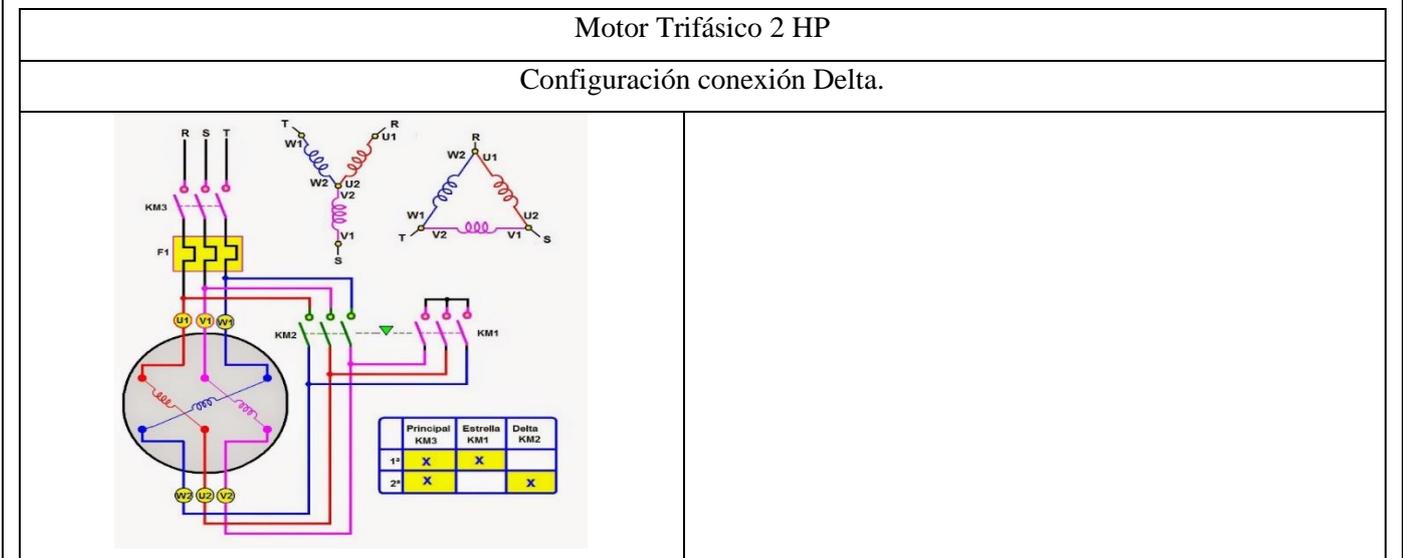
- **Conexión Delta.**

**Paso 2:** La conexión desde las salidas de las borneras finales del circuito de fuerza Q6 se deberán direccionar cada cable (R, S, T) hacia las salidas de las borneras del motor trifásico (U1, V1, W1).

- **Conexión Estrella.**

**Paso 3:** Se realizará el cortocircuito en las entradas del contactor K8, luego se realizará la conexión entre las salidas del relé térmico K7- K8 (T7-R8; S7-S8; R7-T8), luego de realizar esta conexión se obtendrá solo tres fases (R, S, T) que se deberán direccionar cada cable a atravesar por el interior de los TC's para la recepción de datos en el medidor de energía Sentron Pac 3220.

**Paso 4:** Las salidas obtenidas (R, S, T) se conectará a las salidas de las borneras del motor (U2, V2, W2).



Paso 9.- Operación del motor mediante el selector principal del módulo.

Mando Manual/Local.	Mando Automático/Remota

Paso 10.- Visualización del gabinete de control previamente ya conectado.

Paso 11.- Visualizar y recopilar las variables eléctricas que se reflejan en el voltímetro ( $V_{L-L}$ ;  $V_{L-N}$ ), la pinza amperimétrica y analizador de redes.

PINZA AMPERIMÉTRICA	FLUKE 430

Paso 12.- Visualización y captura de la curva del arranque del motor seleccionado para la práctica.

## 5 RESULTADOS DE LA PRÁCTICA

5.1. Registro de variables eléctricas obtenidas del software LabVIEW, analizador de redes y medidores de energía para su comparación e interpretación de resultados obtenidos.

<b>REGISTRO DE DATOS MOTOR 2HP</b>					
<b>Condición arranque CON CARGA - Peso:9 lb (Amperios)</b>					
<b>Corriente Arranque (<math>I_{arr}</math>)</b>				<b>Corriente Operación (<math>I_{op}</math>)</b>	
<b>Analizador de Redes</b>		<b>LabVIEW</b>		<b>Analizador de Redes</b>	<b>LabVIEW</b>
L1_Y =	L1 $\Delta$ =	L1_Y =	L1 $\Delta$ =	L1 =	L1 =
L2_Y =	L2 $\Delta$ =	L2_Y =	L2 $\Delta$ =	L2 =	L2 =
L3_Y =	L3 $\Delta$ =	L3_Y =	L3 $\Delta$ =	L3 =	L3 =
<b>Promedio (<math>I_{prom}</math>)</b>				<b>Promedio (<math>I_{prom}</math>)</b>	
<b>Error Porcentual</b>				<b>Error Porcentual</b>	

<b>REGISTRO DE DATOS MOTOR 2HP</b>					
<b>Tensión arranque CON CARGA - Peso:9 lb (Voltios)</b>					

Tensión Arranque ( $I_{arr}$ )				Tensión Operación ( $I_{op}$ )	
Analizador de Redes		LabVIEW		Analizador de Redes	LabVIEW
L1_Y =	L1_Δ =	L1_Y =	L1_Δ =	L1 =	L1 =
L2_Y =	L2_Δ =	L2_Y =	L2_Δ =	L2 =	L2 =
L3_Y =	L3_Δ =	L3_Y =	L3_Δ =	L3 =	L3 =
Promedio ( $V_{prom}$ )				Promedio ( $V_{prom}$ )	
Error Porcentual				Error Porcentual	

### 5.1.1. CÁLCULOS.

#### ARRANQUE ESTRELLA-DELTA

MOTOR \_\_\_\_\_



#### CON CARGA.

Datos placa:

$P =$  \_\_\_\_\_

$V =$  \_\_\_\_\_

$I =$  \_\_\_\_\_

$fp =$  \_\_\_\_\_

$\eta_{eff} =$  \_\_\_\_\_

Procedimiento de cálculos.

Ecuación de eficiencia para un motor eléctrica (Eff).

$$Eff = \frac{HP \cdot 746}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot I \cdot fp}$$

Donde:

$P =$  Potencia HP

$V_L =$  Voltaje línea – línea V

$I =$  Corriente A

$fp =$  Factor de Potencia

$$Eff = \frac{\quad}{\quad}$$

$$Eff = \quad \%$$

Ecuación de Potencias

$$P_{out} = \quad$$

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta_{eff}} = \quad = \quad$$

Ecuación corriente de línea.

$$I_L = \frac{P_{3\theta}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot fp \cdot \eta_{eff}} \quad [A]$$

$$I_L = \frac{\quad}{\quad} = \quad [A]$$

Relación de conexión delta o triángulo.

Tensión

$$V_L = V_f \quad [V]$$

$$V_L = \quad [V]$$

Corriente

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_f \quad [A]$$

$$I_f = \quad [A]$$

Relación de conexión estrella.

Corriente

$$I_L = I_f \quad [A]$$

$$I_L = \quad [A]$$

Tensión

$$V_L = \sqrt{3} \cdot V_f \quad [V]$$

$$V_f = \quad [V]$$

5.1.2. Recopilar y adjuntar imagen de las variables eléctricas del software LabVIEW y el analizador de redes.

<b>PRUEBA-VARIABLES ELÉCTRICAS (CARGA)</b>	
<b>Imagen</b>	
<b>LabVIEW (Interfaz)</b> <b>Tensión y Corriente</b>	<b>Analizador de Redes (Interfaz)</b> <b>Tensión y Corriente</b>

5.1.3. Obtener y adjuntar imagen de la curva de arranque del motor obtenidas del analizador de redes y software LabVIEW.

<b>PRUEBA-CURVA DE ARRANQUE (CARGA)</b>	
<b>Imagen</b>	
<b>LabVIEW (Interfaz y Excel)</b> <b>Relación Corriente VS Tiempo</b>	<b>Analizador de Redes (Interfaz)</b> <b>Relación Corriente VS Tiempo</b>

**5.2. CUESTIONARIO:**

1. ¿Cuál es la diferencia entre el arranque directo y arranque estrella-delta?
2. ¿Como designar los componentes durante la toma de decisiones?
3. ¿Cuál es la comunicación desarrollada para obtención de datos?

**6 CONCLUSIONES****7 RECOMENDACIONES****8 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.****9 ANEXOS**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

### PRÁCTICA ACADÉMICA Resolución de Ejercicios en Clase INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CARRERA	CÓDIGO	ASIGNATURA
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA A	IELM 306	

PRÁCTICA N°	LABORATORIO	Instalaciones Eléctricas	DURACIÓN (HORAS)
03	DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA	Arranque directo con Variador de Frecuencia de forma local y remota	3

#### 1 OBJETIVOS

- Elaborar el esquema de circuito de fuerza y control, comprender el funcionamiento en el cableado del arranque directo con variador de frecuencia para un motor trifásico.
- Realizar la programación para el variador de frecuencia, el montaje y operación a dicho sistema de arranque.
- Evaluar el sistema desarrollado de manera práctica observando el comportamiento del motor jaula de ardilla en condiciones de vacío como con carga.

#### 2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO

##### 2.1. INTRODUCCIÓN.

Los motores trifásicos son una pieza fundamental en la mayoría de las instalaciones industriales y comerciales, ya que ofrecen un rendimiento superior en comparación con sus contrapartes monofásicas. Gracias a su diseño y funcionamiento, los motores trifásicos son capaces de generar un flujo de energía constante y uniforme, lo que se traduce en un arranque más suave, menor vibración y una mayor eficiencia energética. Esto los hace ideales para aplicaciones de alto rendimiento, como en bombas, compresores, transportadores, máquinas herramienta y sistemas de climatización, entre otros.

##### VARIADOR DE FRECUENCIA

El arranque directo con variador de frecuencia es una técnica moderna utilizada para arrancar y controlar motores eléctricos trifásicos de manera suave y eficiente. El variador de frecuencia, también conocido como inversor de frecuencia o VFD (Variable Frequency Drive), es un dispositivo electrónico que permite variar la frecuencia y, por lo tanto, la velocidad del motor. Con el variador de frecuencia, se puede controlar tanto el arranque como la velocidad del motor de forma continua y precisa. A continuación, se describe cómo se realiza el arranque directo con variador de frecuencia tanto al vacío como con carga:

#### Arranque directo al vacío:

- Configuración inicial: El variador de frecuencia está configurado para el arranque directo del motor.
- Tensión y frecuencia iniciales: Antes de arrancar el motor, el variador de frecuencia aplica una tensión y frecuencia baja al motor. Esto permite que el motor alcance una velocidad inicial y asegura que no haya un pico de corriente excesivo.
- Aceleración controlada: A medida que el motor gana velocidad, el variador de frecuencia aumenta gradualmente la frecuencia y, por lo tanto, la velocidad del motor. Este proceso se conoce como rampa de aceleración. La velocidad de aceleración se puede configurar para adaptarse a las características específicas del motor y la carga.
- Velocidad de operación: Una vez que el motor alcanza la velocidad de operación deseada, el variador de frecuencia mantiene una frecuencia constante, lo que permite que el motor funcione a la velocidad requerida para la aplicación en cuestión.

#### Arranque directo con carga:

Configuración inicial: El proceso de arranque con carga es similar al arranque al vacío, pero en este caso, el motor ya está acoplado a una carga mecánica.

Tensión y frecuencia iniciales: Al igual que en el arranque al vacío, el variador de frecuencia aplica una tensión y frecuencia baja al motor para evitar picos de corriente en el sistema eléctrico.

Aceleración controlada con carga: Durante el arranque, el variador de frecuencia controla la aceleración del motor y la carga de forma sincronizada. La rampa de aceleración asegura que el motor y la carga alcancen una velocidad segura de operación sin sobrecargar el sistema.

Velocidad de operación con carga: Una vez que el motor y la carga han alcanzado la velocidad de operación deseada, el variador de frecuencia mantiene la frecuencia y la velocidad del motor de manera constante para mantener el funcionamiento estable y eficiente.

El uso del variador de frecuencia para el arranque directo proporciona muchas ventajas, como un arranque suave que evita picos de corriente y el desgaste excesivo en el motor y la carga. Además, permite un control preciso de la velocidad del motor, lo que es beneficioso para aplicaciones que requieren velocidades variables o ajustables. También contribuye a reducir el consumo de energía y prolongar la vida útil del equipo.

#### TRANSFORMADORES DE CORRIENTE (TC's)

Son considerados dispositivos de medición de corriente, donde la corriente del secundario en operación normal es proporcional a la corriente primaria, con un pequeño desfase. Donde su principal función es transformar la corriente y aislar los elementos de protección.

#### PLC

Un Controlador Lógico Programable, más conocido PLC (Programmable Logic Controller, debido a siglas en inglés) es básicamente una computadora que se utiliza en la ingeniería de automatización para las industrias, es decir, para el control de la maquinaria de una fábrica o de situaciones mecánicas.

#### LabVIEW

LabVIEW es un software que proporciona un potente entorno de desarrollo gráfico para el diseño de aplicaciones de Ingeniería de adquisición de datos, análisis de medidas y presentación de datos gracias a un lenguaje de programación sin la complejidad de otras herramientas de desarrollo.

## **2.2. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS**

- Red de alimentación trifásica 220V.
- 1 barra distribuidores 220 VAC.
- 1 breaker tripolar caja moldeada de 50 A.
- 1 breaker tripolar de 10 A.
- Hoja de práctica.
- Cargas Inductivas (0,5 HP; 0,75 HP; 1 HP; 2 HP).
- Switch 5 puertos.
- PLC S7-1200.
- Instalador software LabVIEW 2019.
- Variador de Frecuencia 420.
- Sentron Pac 3220.
- Multímetro.
- Pinza Amperimétrica.
- Analizador de Redes FLUKE 435.
- 3 cables ethernet.
- Conductor de Cu (3x14 AWG THHN) y terminales tipo banana.
- Ordenador.

## **2.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD**

- Comprobar la ausencia de energía eléctrica antes del conexionado.
- Realizar la conexión de control y protección de cada rama del circuito.
- Comprobar inexistencia del corto circuito entre líneas.
- Conectar los terminales del motor trifásico en configuración delta.
- EPP: Mandil, botas, guantes aislantes, casco, entre otros.

## **2.4. INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD**

- Lea y comprenda la Guía de Laboratorio de la práctica a realizar.
- Lea y comprenda las instrucciones de operación y manipulación de los dispositivos eléctricos.
- Verificar que los selectores de mando MANUEAL se encuentren desactivados (OFF).
- Comprobar que las herramientas de trabajo no realicen contactos tierra.
- Siga las instrucciones mencionadas para el funcionamiento eficaz de los circuitos de medición.
- Verificación de la conexión se encuentre acorde a la práctica.
- No usar el teléfono celular y prohibido correr dentro del laboratorio.
- Evitar realizar contacto directo de los terminales del motor.
- No se utilizará los circuitos de fuerza (protecciones eléctricas, contactor y térmico).

## **2.5. TRABAJO PREPARATORIO.**

### **2.5.1. ACTIVIDADES A DESARROLLAR**

- La elaboración de los esquemas de circuitos de fuerza y control mediante el software Cade Simu permite un sistema de emulación muy completo y de fácil para la comprensión del usuario sobre el sistema eléctrico a desarrollar dentro de la práctica.
- Dimensionar los elementos del Gabinete según el Código Eléctrico Nacional (TC's).
- Realizar las conexiones eléctricas de cada elemento del módulo.

- Realizar las conexiones de alimentación del variador de Frecuencia.
- Conexión comunicación Switch; PLC- Sentron Pac 3220- Software LabVIEW.
- Observación de las Variables eléctricas en el Sentron Pac 3220.
- Observar, recolectar de las Variables eléctricas y la curva de arranque en el interfaz de LabVIEW.
- Observar, recolectar las Variables eléctricas y la curva de arranque mediante Analizador de redes.
- Observación de las Variables eléctricas con el multímetro y pinza amperimétrica.

## 2.6. METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL.

Para poder desarrollar la práctica se considera los siguientes procesos, como se muestra en el siguiente diagrama de bloques.



### **Conexión del Sentron Pac 3220 y TC's a las líneas del circuito de fuerza (R, S, T).**

Se realiza conexiones de las salidas del Sentron Pac a las entradas de los TC's para la recepción de parámetros eléctricos.

### **Comunicación y Ordenador.**

Para realizar la comunicación MODBUS se deben configurar la IP de cada uno de los dispositivos que receptoran y envíaran información.

### **Programación.**

Transmitir los datos desde el software TIA Portal y el software LabVIEW.

### **Obtención de los resultados variables eléctricas (Tensión, Corriente) y grafica de la curva de arranque del circuito.**

Finalmente, los datos compilados por los TC's permitirán obtener graficas con los resultados obtenidos para Tensión, Corriente y Curva característica del arranque del motor.

## INFORME PARÁCTICO

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**LABORATORIO DE SIMULACIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**  
**INFORME DE PRÁCTICA**

TEMA: \_\_\_\_\_

NÚMERO DE PRÁCTICA: \_\_\_\_\_

NOMBRE(S): \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

### 3 PROCEDIMIENTO

#### 3.1 Dimensionar los elementos del módulo para el variador de frecuencia.

Ítem 1. Seleccionar la protección contra corto circuitos y fallas a tierra tipo “Interruptor automático de tiempo inverso” en donde se multiplicará el 250% al valor de corriente total inductivo.

Corriente total (PLC, Sentron Pac 3220, Switch, VDF)	Corriente a plena total inductiva	Valor nominal de interruptor automático de tiempo inverso	Corriente de protección Principal	Normalizado
2,265 A	37,4 A	2,5	99,162 A	101 A

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

$$I_p: \text{Corriente nominal primario [A]}$$

$$I_s: \text{Corriente nominal secundario [A]}$$

- Dimensionamiento del conductor. - El calibre mínimo recomendado para un alimentador, desde el medidor hasta el tablero de distribución y conexión de los circuitos de fuerza.

#### 3.2 Conexión de los elementos del módulo y adjuntar imagen.

Paso 1.- Conectar la acometida trifásica 220V de tres fases (R, S, T) a las entradas de la protección principal y las salidas a la barra de distribución del sistema, incluyendo el Neutro.

<b>Protección Principal en Software SOLIDWORDS</b>	<b>Protección Principal Real</b>
<p>ENTRADAS DEL BREAKER</p> <p>SALIDAS DEL BREAKER</p>	

Paso 2.- Conectar las salidas del breaker principal a la barra de distribución las fases R, S, T y Neutro.

<b>Protección Principal en Software SOLIDWORDS</b>	<b>Protección Principal Real</b>

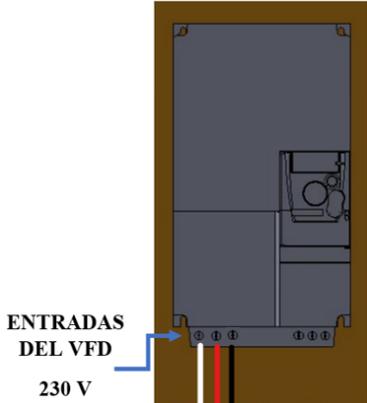
Paso 3.- Colocar la protección eléctrica para el variador de frecuencia en el riel DIN.

Paso 4.- Desde la barra distribuidora se realiza la conexión de alimentación (R, S, T) al breaker del VFD.

<b>Color conductor #14AWG THHN</b>	BLANCO	ROJO	NEGRO
<b>Identificación</b>	R	S	T

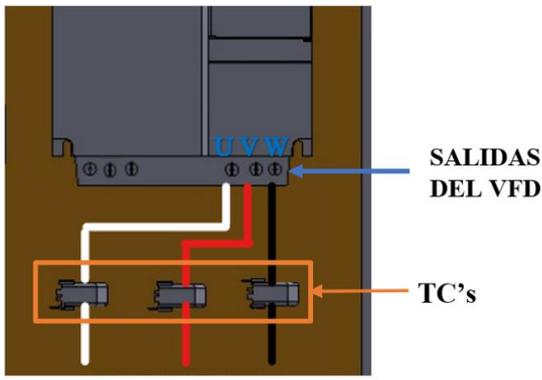
<b>Protección del VDF en Software SOLIDWORDS</b>	<b>Protección del VDF Real</b>
<p>ENTRADAS DEL BREAKER</p> <p>SALIDAS DEL BREAKER</p>	

Paso 5.- Las salidas del breaker se conectarán a las entradas de alimentación del Variador de Frecuencia Micromaster 420 (L1\_N; L2\_N; L3\_N).

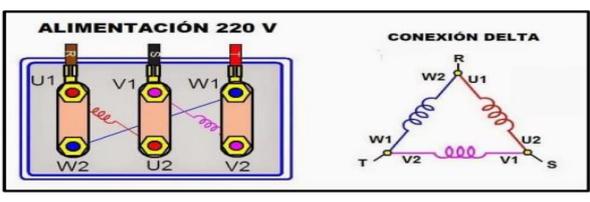
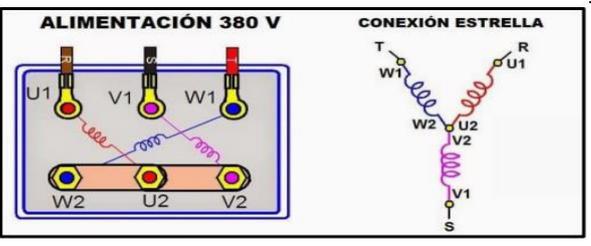
<b>Color conductor #14AWG THHN</b>	BLANCO	ROJO	NEGRO
<b>Identificación</b>	R	S	T
<b>VFD en Software SOLIDWORDS</b>	<b>VFD Real</b>		
			

Paso 6.- Conexión desde las salidas de voltajes (V1, V2, V3) del Sentron Pac 3220 a las salidas del variador de frecuencia (U, V, W).

Paso 7.- Las salidas del variador de frecuencia (U, V, W) pasarán por cada uno de los TC's para la recepción de datos y luego se conectarán a los bornes de los motores trifásicos (U, V, W).

<b>Color conductor #14AWG THHN</b>	BLANCO	ROJO	NEGRO
<b>Identificación</b>	R	S	T
<b>VFD en Software SOLIDWORDS</b>	<b>VFD Real</b>		
			

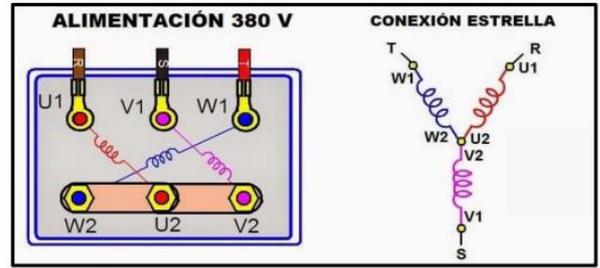
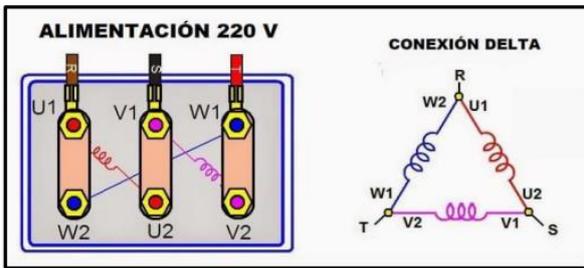
Paso 8.- Se conectará a las borneras marcadas del motor, según la normativa de marcación IEC (U1, V1, W1-U2, W2, V2) y configuración para el arranque directo.

Motor Trifásico 2 HP	
Configuración conexión Delta.	Configuración conexión Estrella.
	

Motor Trifásico 2 HP

Configuración conexión Delta.

Configuración conexión Estrella.



Paso 9.- Realizar la programación del variador de frecuencia de acuerdo a la placa del motor seleccionado mediante los parámetros P y ajustes posibles mediante el uso del panel BOP.

Panel del Variador de Frecuencia BOP



Paso 10.- Realizar la conexión del circuito fuerza y control por cada rama para la carga inductiva.

Paso 11.- Operación del motor mediante el selector principal del módulo.

Mando Manual/Local.	Mando Automático/Remota

Paso 12.- Visualización del gabinete de control previamente ya conectado.

Paso 13.- Visualizar las variables eléctricas que se reflejan en el voltímetro ( $V_{L-L}$ ;  $V_{L-N}$ ), la pinza amperimétrica y analizador de redes.

PINZA AMPERIMÉTRICA	FLUKE 430

Paso 14.- Visualización y captura de la curva del arranque del motor seleccionado para la práctica.

**5 RESULTADOS DE LA PRÁCTICA**

- 5.1. Programación para la operación de un motor trifásico \_\_\_\_\_ con los datos de placa.
- 5.2. Registro de variables eléctricas obtenidas del software LabVIEW, analizador de redes y medidores de energía para su comparación e interpretación de resultados obtenidos.

<b>Condición arranque CON CARGA PESA:9 lb (Amperios)</b>			
<b>Corriente Arranque (Iarr)</b>		<b>Corriente Operación (Iop)</b>	
<b>Analizador de Redes</b>	<b>LabVIEW</b>	<b>Analizador de Redes</b>	<b>LabVIEW</b>
<b>Promedio (Iprom)</b>		<b>Promedio (Iprom)</b>	
<b>Error Porcentual</b>		<b>Error Porcentual</b>	

<b>Condición arranque CON CARGA PESA:9lb (Voltios)</b>			
<b>Tensión Arranque (Varr)</b>		<b>Tensión Operación (Vop)</b>	
<b>Analizador de Redes</b>	<b>LabVIEW</b>	<b>Analizador de Redes</b>	<b>LabVIEW</b>
<b>Promedio (Vprom)</b>		<b>Promedio (Vprom)</b>	
<b>Error Porcentual</b>		<b>Error Porcentual</b>	

5.2.1. CALCULOS.

**ARRANQUE VARIADOR DE FRECUENCIA**

**MOTOR** \_\_\_\_\_

**CON CARGA.**

Relación en conexión delta ó triángulo.

Tensión	Corriente
$V_L = V_f$ [V]	$I_L = \sqrt{3} \cdot I_f$ [A]
$V_L = \text{_____}$ [V]	$I_f = \text{_____}$ [A]

Relación en conexión estrella.

Corriente	Tensión
$I_L = I_f$ [A]	$V_L = \sqrt{3} \cdot V_f$ [V]
$I_L = \text{_____}$ [A]	$V_f = \text{_____}$ [V]

Potencia.

$$P = \sqrt{3} \cdot V_n \cdot I_n \cdot \cos\theta \quad [W]$$
$$P = \text{_____} \quad [W]$$

5.2.2. Recopilar, adjuntar imágenes de las variables eléctricas del software LabVIEW y el analizador de redes.

<b>PRUEBA-Variables Eléctricas (Carga)</b>	
<b>Imagen</b>	
<b>LabVIEW (Interfaz)</b>	<b>Analizador de Redes (Interfaz)</b>
<b>Tensión y Corriente</b>	<b>Tensión y Corriente</b>

5.2.3. Obtener y adjuntar imagen de la curva de arranque del motor obtenidas del analizador de redes y software LabVIEW.

<b>PRUEBA-Curva de Arranque</b>	
<b>Imagen</b>	
LabVIEW (Interfaz y Excel) Relación Corriente VS Tiempo	Analizador de Redes (Interfaz y Excel) Relación Corriente VS Tiempo

**5.2. CUESTIONARIO:**

- 1 ¿Cuáles son las dos formas para la puesta de operación mediante el panel BOP?
- 2 ¿Cuál es el parámetro P para programar la aceleración y desaceleración del motor?
- 3 ¿Cuál es la comunicación desarrollada para obtención de datos?

**6 CONCLUSIONES**

--	--

**7 RECOMENDACIONES**

--	--

**8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

--	--

ANEXO XVIII. MANUAL DE USO Y OPERACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

ANEXO XX. MANUAL DE USO Y OPERACIÓN.

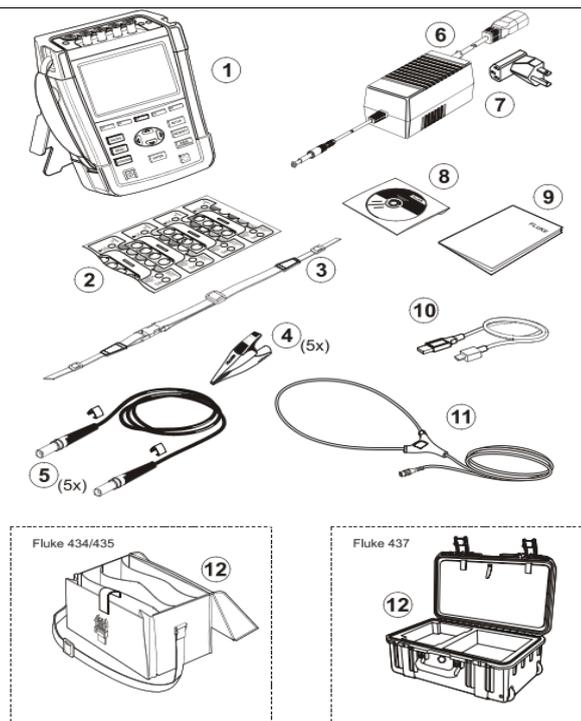
ÍTEM 1. Analizador de redes.

Analizador de redes FLUKE 435



Figura 1.1 Analizador de redes FLUKE 435.

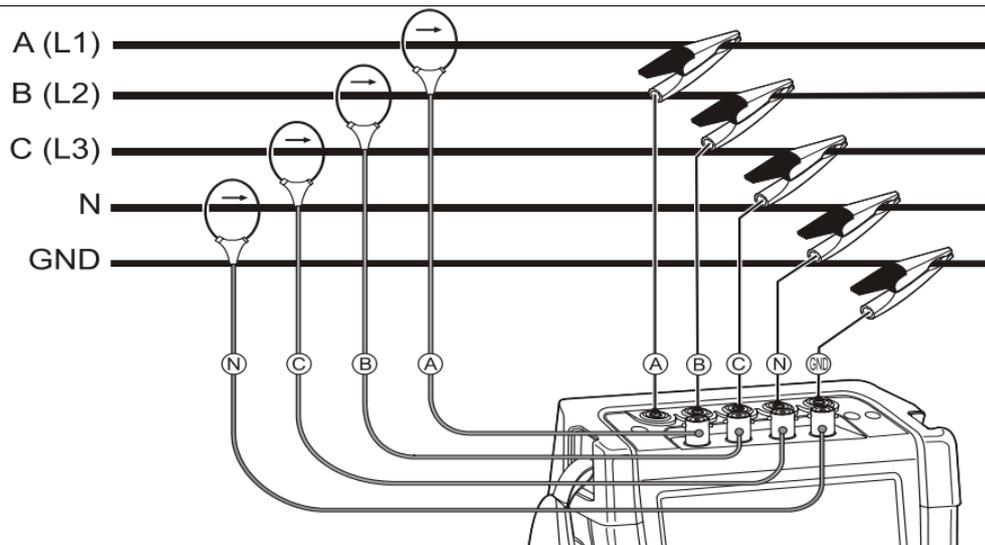
Kit del contenido del analizador de redes FLUKE 435.



**Figura 1.2** Kit del analizador de redes.

Nº	Descripción
1	Analizador de calidad de la energía eléctrica Fluke 43x Serie II + correa lateral, juego de baterías BP290 (28 Wh) y tarjeta de memoria SD de 8 GB instalada.
2	Juego de etiquetas para tomas de entrada (Nuevo UE y Reino Unido, UE, China, Reino Unido, EE.UU., Canadá).
3	Correa.
4	Pinzas de cocodrilo. Juego de 5.
5	Cables de prueba, 2,5 m + pinzas codificadas con colores. Juego de 5.
6	Adaptador de red.
7	Juego de adaptadores de enchufe de red (UE, EE.UU., Reino Unido, Australia/China, Suiza, Brasil, Italia) o cable de alimentación regional.
8	Manual de instrucciones de seguridad (en varios idiomas).
9	CD-ROM con manuales (en varios idiomas), software PowerLog y controladores USB.
10	Cable de interfaz USB para conexión al PC (USB A a miniUSB B).
11	Sonda de corriente de CA 6.000 A flexible (no se incluye en la versión básica).
12	Fluke 434-II/435-II: Estuche de transporte flexible C1740.

**Conexiones de entradas del analizador de redes FLUKE 435.**



**Figura 1.3.** Conexión del analizador a un sistema de distribución trifásico.

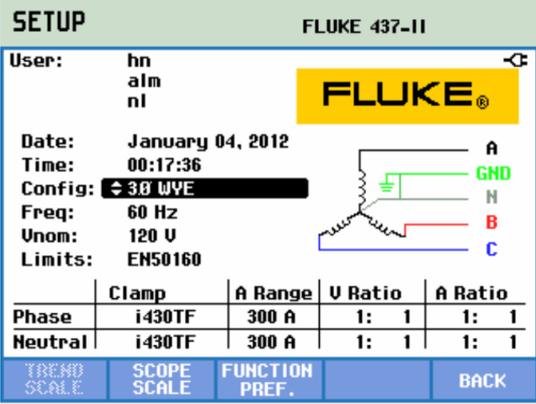
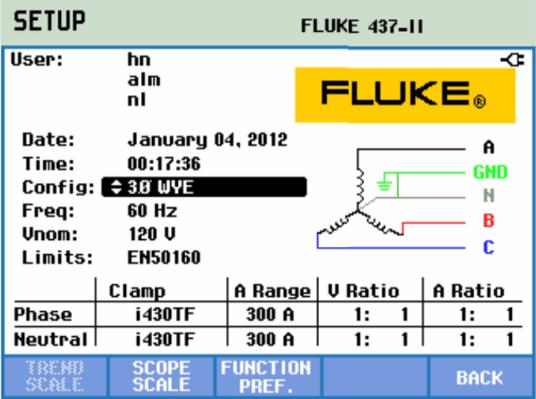
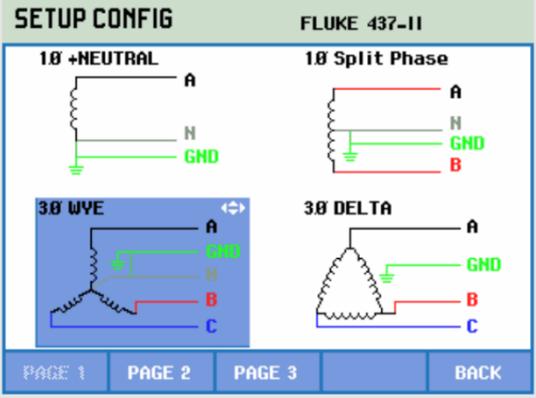
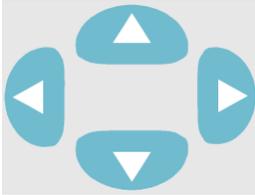
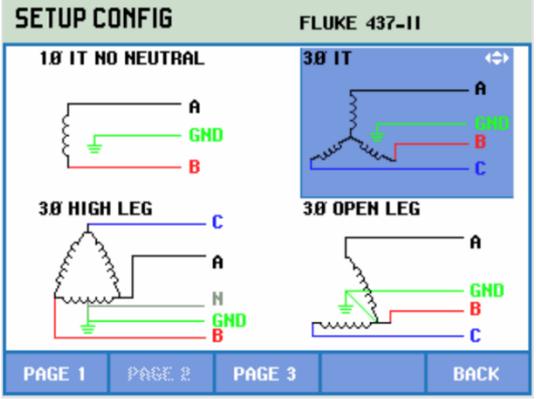
### Deslizamiento por los menús.

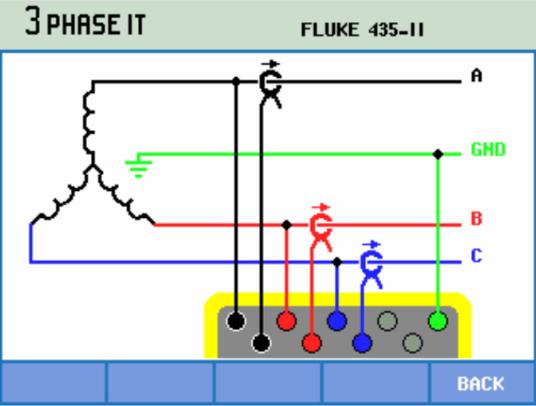
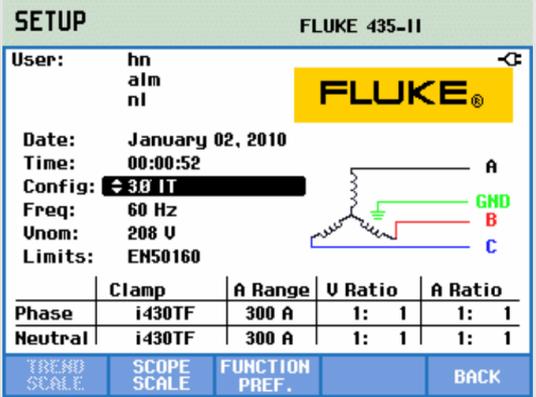
La mayoría de las funciones del analizador se accionan mediante menús. Se utilizan teclas de flecha para desplazarse por los menús. Las teclas de función F1 ... F5 y la tecla ENTER se utilizan para realizar selecciones. Las selecciones de las teclas de función activas aparecen resaltadas con un fondo oscuro.

Identificación/Botones	Descripción
	<b>Encender/apagado.</b>
	Brillo de la pantalla.
	Aparece el menú SETUP (CONFIGURACIÓN).
	Aparece el submenú SETUP USER PREF (CONFIGURAR PREF. USUARIO).
	Resalte RS-232: 
	Aparece el submenú PRINTER (IMPRESORA). En este menú, puede ajustar la velocidad en baudios de comunicación del PC.
	Ajuste la velocidad de transmisión necesaria: 
	Púlselo para volver al siguiente menú superior SETUP USER PREF. Este menú es el punto de inicio de muchos ajustes tales como el de contraste de la pantalla y la recuperación de los valores predeterminado de fábrica.

### Configuración manual – Cómo cambiar la configuración del cableado real.

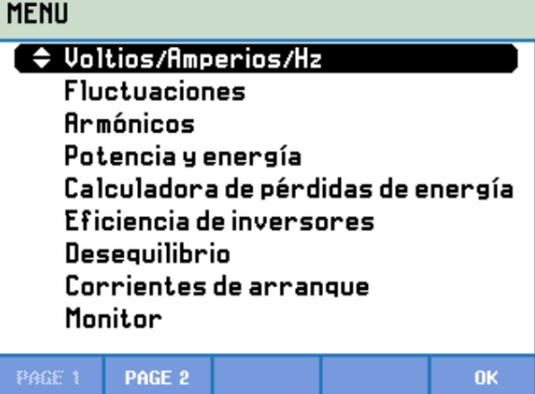
A continuación, se proporciona un ejemplo paso a paso sobre cómo cambiar la configuración del cableado a WYE IT TRIFÁSICA (IT= Interrupted Terra = Puesta a tierra interrumpida).

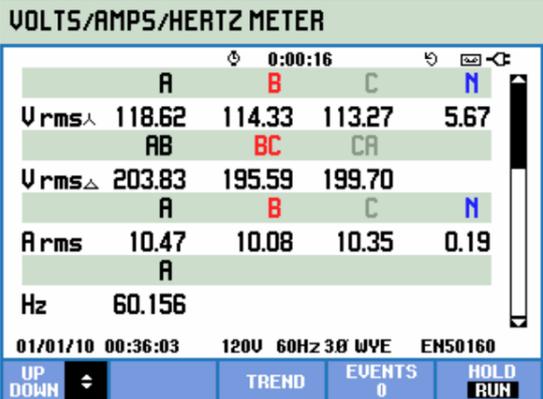
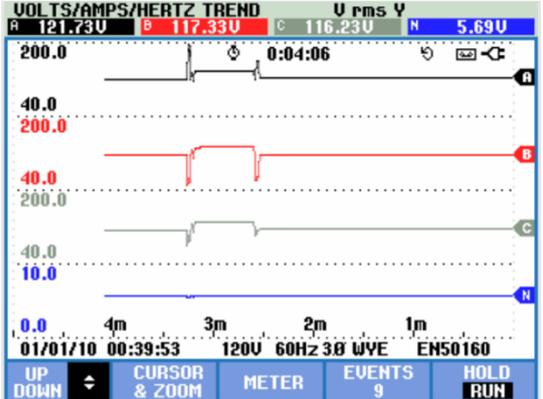
N°	Descripción	Identificación/Pantalla															
1	<p>La configuración activa se indica en texto y en un diagrama en Config.</p> <p style="text-align: center;"></p>	 <table border="1" data-bbox="868 651 1385 725"> <thead> <tr> <th></th> <th>Clamp</th> <th>A Range</th> <th>V Ratio</th> <th>A Ratio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Phase</td> <td>i430TF</td> <td>300 A</td> <td>1: 1</td> <td>1: 1</td> </tr> <tr> <td>Neutral</td> <td>i430TF</td> <td>300 A</td> <td>1: 1</td> <td>1: 1</td> </tr> </tbody> </table>		Clamp	A Range	V Ratio	A Ratio	Phase	i430TF	300 A	1: 1	1: 1	Neutral	i430TF	300 A	1: 1	1: 1
	Clamp	A Range	V Ratio	A Ratio													
Phase	i430TF	300 A	1: 1	1: 1													
Neutral	i430TF	300 A	1: 1	1: 1													
	<p>Observe que se resalta un parámetro de configuración. Si es necesario, utilice las teclas de flecha arriba/abajo para seleccionar el parámetro de configuración Config.</p> <p style="text-align: center;"></p>																
2	<p>La pantalla muestra 4 configuraciones de cableado; la configuración de WYE IT trifásica no se encuentra entre ella. Pulse F2 para acceder a una segunda pantalla con otras 4 configuraciones.</p> <p style="text-align: center;"></p>																
3	<p>Utilice las teclas de flecha para resaltar 3Ø IT. A continuación, pulse 'ENTER' para confirmar la selección.</p> <p style="text-align: center;"></p>																

4	<p>Retorno a la pantalla de entrada a la configuración. La nueva configuración se indica en Config. Y el símbolo de configuración correspondiente a aparecer en el lado derecho de la pantalla.</p> <p style="text-align: center;"><b>ENTER</b></p>	
5	<p>Retorno a la pantalla de entrada a la configuración. La nueva configuración se indica en Config. y el símbolo de configuración correspondiente aparece en el lado derecho de la pantalla.</p> <p style="text-align: center;"><b>F5</b></p>	

### Pantalla de analizador de redes

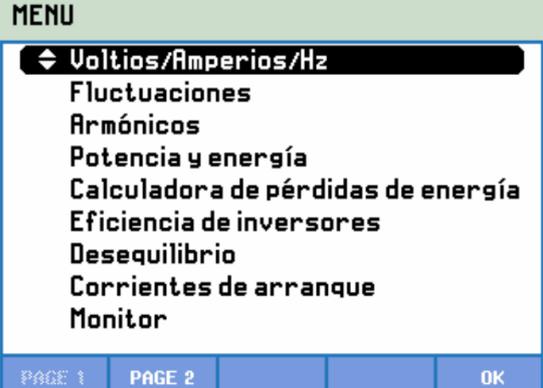
Pasos para acceder a la pantalla de multímetro VOLTIOS/AMPERIOS/HZ.

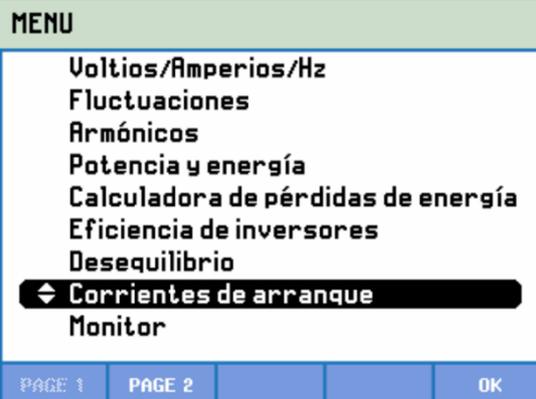
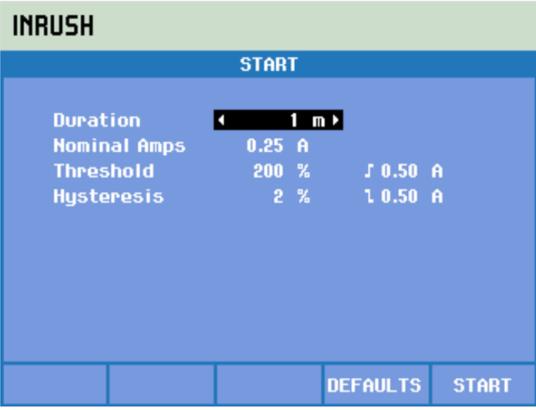
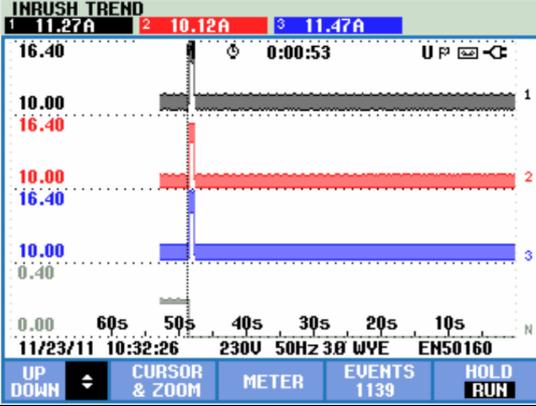
N°	Descripción	Identificación
1	Pulse para encender o apagar el dispositivo.	
2	Ajustar el nivel de brillo de la pantalla	
3	<p>Pulse el botón 'MENU' para ingresar a la pantalla de multímetro.</p> <p style="text-align: center;"><b>MENU</b></p>	

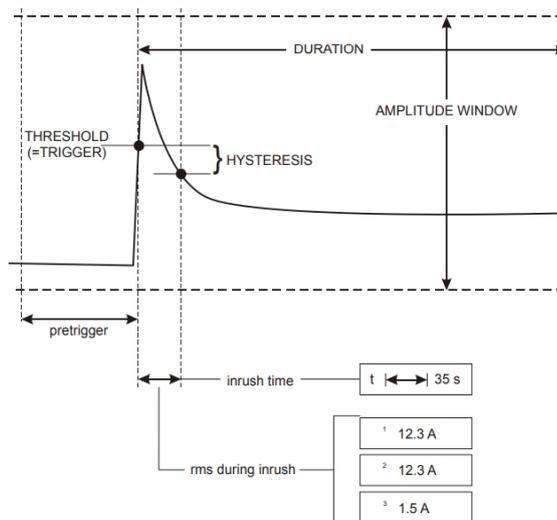
4	<p>Pulse el botón 'ENTER' en la opción VOLTIOS/AMPERIOS/HZ.</p> <p style="text-align: center;"></p>	
5	<p>Pulse el botón 'F3' para acceder a la pantalla de tendencias VOLTIOS/AMPERIOS/HZ y deslizar con las teclas de flecha arriba/abajo.</p> <p style="text-align: center;"></p>	

**Pantalla de tendencia de la corriente inrush (Corriente de arranque).**

Pasos para acceder a la pantalla de tendencia de la corriente inrush.

N°	Descripción	Identificación
1	<b>Encender el dispositivo.</b>	
2	Ajustar el nivel de brillo de la pantalla	
3	<p>Pulse el botón 'MENU' para ingresar a la pantalla de multímetro.</p> <p style="text-align: center;"></p>	

<p>4</p>	<p>Desliza con los botones arriba/abajo para buscar la opción de ‘corriente de arranque’.</p> 	 <p><b>MENU</b></p> <p>Voltios/Amperios/Hz  Fluctuaciones  Armónicos  Potencia y energía  Calculadora de pérdidas de energía  Eficiencia de inversores  Desequilibrio  ◀ <b>Corrientes de arranque</b>  Monitor</p> <p>PAGE 1 PAGE 2 OK</p>
<p>5</p>	<p>Seleccionar la opción ‘Corriente de Arranque’ y pulsar el botón ‘ENTER’. Se ingresa a la pantalla de configuración del tiempo.</p> <p>Utilice las teclas de flecha para seleccionar el tiempo medio deseado.</p> <p>Pulsar el botón ‘F5’ para iniciar o detener el registro.</p> 	 <p><b>INRUSH</b></p> <p><b>START</b></p> <p>Duration ◀ 1 m ▶  Nominal Amps 0.25 A  Threshold 200 % J 0.50 A  Hysteresis 2 % L 0.50 A</p> <p>DEFAULTS START</p>
<p>6</p>	<p>Pulsar el botón ‘F3’ para el acceso a la pantalla de tendencias de corriente de arranque.</p> 	 <p><b>INRUSH TREND</b></p> <p>1 11.27A 2 10.12A 3 11.47A</p> <p>16.40 0:00:53 U P ☰ ↶</p> <p>10.00 16.40 10.00 16.40 10.00 0.40</p> <p>0.00 60s 50s 40s 30s 20s 10s N</p> <p>11/23/11 10:32:26 230V 50Hz 3.0 WVE EN50160</p> <p>UP DOWN CURSOR &amp; ZOOM METER EVENTS 1139 HOLD RUN</p>



**Figura 1.5.** Características de la corriente inrush y relación con el menú de inicio.

### Registro de valores de medida en pantallas de multímetro

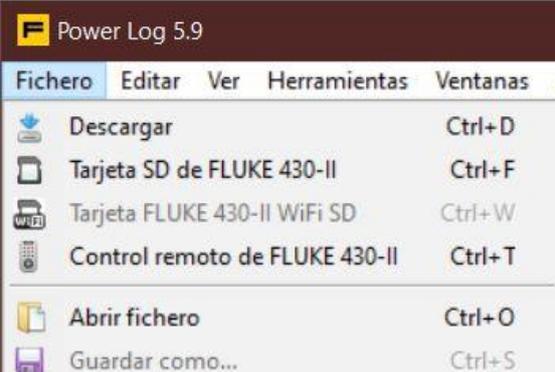
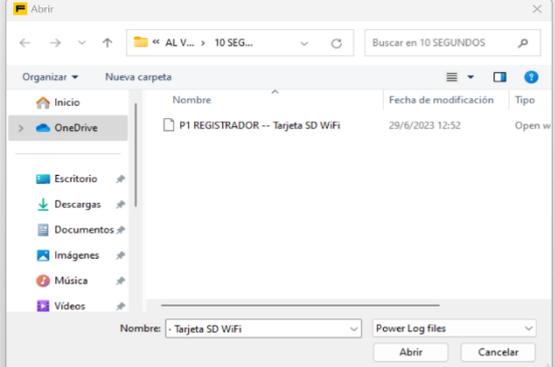
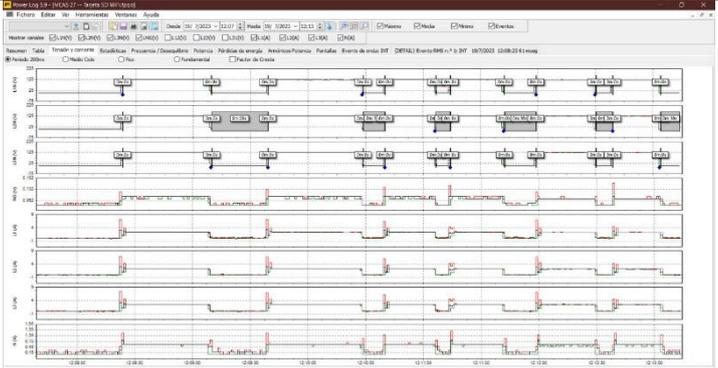
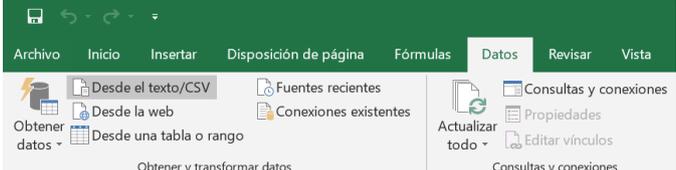
Se registran todos los valores de medida de una pantalla de multímetro. Los valores promedio, mínimos y máximos se registran con un tiempo medio ajustable (valor predeterminado: 1 s) durante el tiempo de realización de la medida. El tiempo medio se puede ajustar mediante la secuencia de teclas SETUP, F4 – MANUAL SETUP, F3 – FUNCTION PREF. Utilice las teclas de flecha para seleccionar el tiempo medio deseado. Igualmente, es posible ajustar la duración total de la medida y el retardo de inicio.

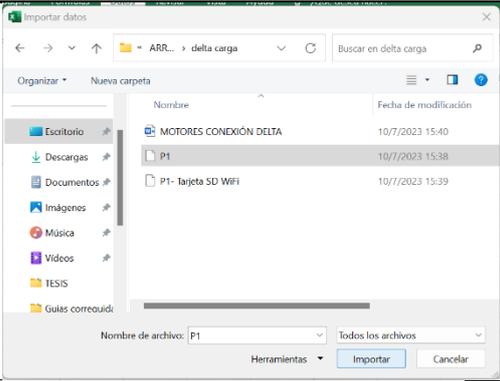
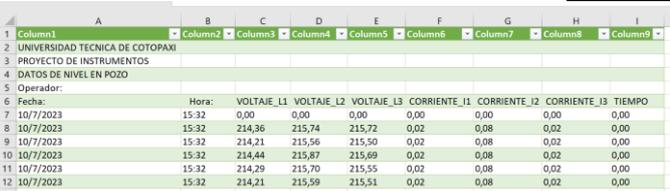
Cuando la medida se detiene mediante la tecla de función F5 – HOLD, los datos registrados se guardan en la tarjeta SD como Medida xx. Los datos de medida se encuentran disponibles mediante la tecla MEMORY y la tecla de función F1 – RECALL/DELETE. A continuación, utilice las teclas de flecha arriba/abajo para seleccionar la medida deseada y ábrala con la tecla de función F5 - RECALL. Los valores registrados se pueden ver en F3 – TREND. Se puede utilizar Cursor y zoom para ampliar detalles de la señal.

### Instalar el software POWER LONG 430-II.

Pasos para acceder a los archivos guardados en la tarjeta SD mediante el software Power Long 430-II y observación de datos en el software Excel.

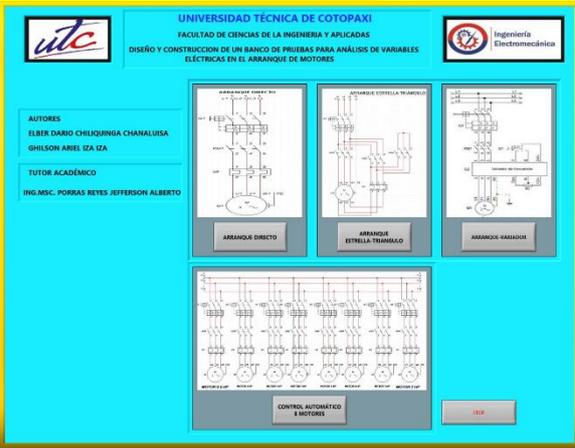
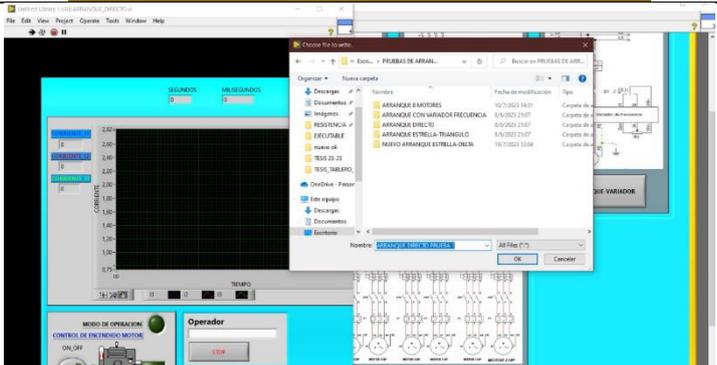
Nº	Descripción	Identificación
1	Descargar e instalar software Power Long 430-II y luego abrir.	 Power Log 430-II

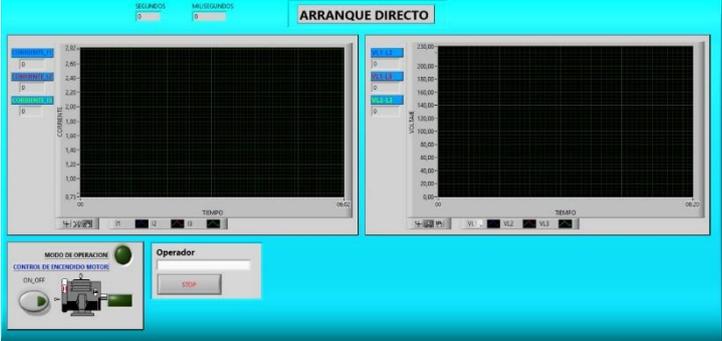
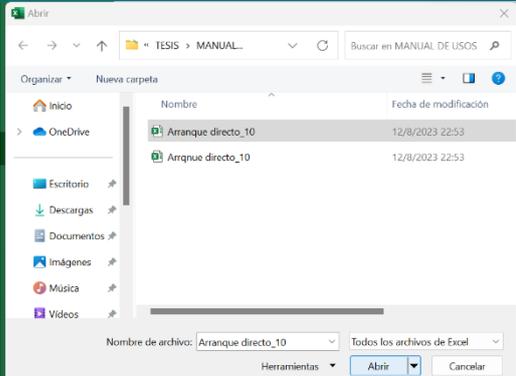
2	En la barra de herramientas, oprimir en la pestaña 'FICHERO' seleccionar opción 'Tarjeta SD de FLUKE 430-II'	
3	Buscar el archivo guardado y pulsar abrir.	
4	El usuario podrá tener acceso a todos los parámetros eléctricos que ofrece este dispositivo sobres los datos registros. Obtener los parámetros de acuerdo a lo solicitado.	
5	Para abrir el archivo de registro en la tarjeta SD del analizador de redes mediante el software Excel.	
6	Pestaña 'DATOS' En la barra de herramientas, oprimir en la pestaña 'DATOS' seleccionar opción 'DESDE EL TEXTO/CSV'	

7	<p>Buscar el archivo guardado, seleccionar y oprimir en 'IMPORTAR' esperar a que se cargue el archivo.</p>																																																																																																													
8	<p>Seleccionar y oprimir en 'CARGAR' esperar a que se cargue el archivo</p>																																																																																																													
9	<p>Seleccionar los datos para generar un grafica.</p>	 <table border="1" data-bbox="740 696 1410 887"> <thead> <tr> <th>Columna1</th> <th>Columna2</th> <th>Columna3</th> <th>Columna4</th> <th>Columna5</th> <th>Columna6</th> <th>Columna7</th> <th>Columna8</th> <th>Columna9</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROYECTO DE INSTRUMENTOS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>DATOS DE NIVEL EN POZO</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Operador:</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fecha:</td> <td>Hora:</td> <td>VOLTAJE_L1</td> <td>VOLTAJE_L2</td> <td>VOLTAJE_L3</td> <td>CORRIENTE_I1</td> <td>CORRIENTE_I2</td> <td>CORRIENTE_I3</td> <td>TIEMPO</td> </tr> <tr> <td>10/7/2023</td> <td>15:32</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>10/7/2023</td> <td>15:32</td> <td>214,36</td> <td>215,74</td> <td>215,72</td> <td>0,02</td> <td>0,08</td> <td>0,02</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>10/7/2023</td> <td>15:32</td> <td>214,21</td> <td>215,56</td> <td>215,50</td> <td>0,02</td> <td>0,08</td> <td>0,02</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>10/7/2023</td> <td>15:32</td> <td>214,44</td> <td>215,87</td> <td>215,69</td> <td>0,02</td> <td>0,08</td> <td>0,02</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>10/7/2023</td> <td>15:32</td> <td>214,29</td> <td>215,70</td> <td>215,55</td> <td>0,02</td> <td>0,08</td> <td>0,02</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>10/7/2023</td> <td>15:32</td> <td>214,21</td> <td>215,59</td> <td>215,51</td> <td>0,02</td> <td>0,08</td> <td>0,02</td> <td>0,00</td> </tr> </tbody> </table>	Columna1	Columna2	Columna3	Columna4	Columna5	Columna6	Columna7	Columna8	Columna9	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI									PROYECTO DE INSTRUMENTOS									DATOS DE NIVEL EN POZO									Operador:									Fecha:	Hora:	VOLTAJE_L1	VOLTAJE_L2	VOLTAJE_L3	CORRIENTE_I1	CORRIENTE_I2	CORRIENTE_I3	TIEMPO	10/7/2023	15:32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10/7/2023	15:32	214,36	215,74	215,72	0,02	0,08	0,02	0,00	10/7/2023	15:32	214,21	215,56	215,50	0,02	0,08	0,02	0,00	10/7/2023	15:32	214,44	215,87	215,69	0,02	0,08	0,02	0,00	10/7/2023	15:32	214,29	215,70	215,55	0,02	0,08	0,02	0,00	10/7/2023	15:32	214,21	215,59	215,51	0,02	0,08	0,02	0,00
Columna1	Columna2	Columna3	Columna4	Columna5	Columna6	Columna7	Columna8	Columna9																																																																																																						
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI																																																																																																														
PROYECTO DE INSTRUMENTOS																																																																																																														
DATOS DE NIVEL EN POZO																																																																																																														
Operador:																																																																																																														
Fecha:	Hora:	VOLTAJE_L1	VOLTAJE_L2	VOLTAJE_L3	CORRIENTE_I1	CORRIENTE_I2	CORRIENTE_I3	TIEMPO																																																																																																						
10/7/2023	15:32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																																																																																						
10/7/2023	15:32	214,36	215,74	215,72	0,02	0,08	0,02	0,00																																																																																																						
10/7/2023	15:32	214,21	215,56	215,50	0,02	0,08	0,02	0,00																																																																																																						
10/7/2023	15:32	214,44	215,87	215,69	0,02	0,08	0,02	0,00																																																																																																						
10/7/2023	15:32	214,29	215,70	215,55	0,02	0,08	0,02	0,00																																																																																																						
10/7/2023	15:32	214,21	215,59	215,51	0,02	0,08	0,02	0,00																																																																																																						

## ÍTEM 2. APLICATIVO ARRANQUE DE MOTORES.

Pasos para acceder al aplicativo, guardar y visualizar de datos desde la interfaz y en el software Excel.

N°	Descripción	Identificación
1	<p>Abrire el aplicativo 'ARRANQUE DE MOTORES' desarrollado en el software LabVIEW.</p>	
2	<p>Se despliega la interfaz y seleccionar una de las 4 opciones para la prueba práctica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arranque Directo.</li> <li>• Arranque ESTRELLA-DELTA.</li> <li>• Arranque con Variador de Frecuencia.</li> <li>• Control automático de varios motores.</li> </ul>	
3	<p>Se despliega la pestaña para realizar la prueba práctica seleccionada. Se ingresa un nombre para guardar el archivo y se registra en Excel. Oprimir 'OK'.</p>	

4	<p>Iniciar/Detener el arranque para la operación del motor y recepción de datos. Oprimir ON/OFF</p>																																																																																																																									
5	<p>Visualización de variables eléctrica (Tensión y Corriente) y curva característica del motor mediante la interfaz desarrollada.</p>																																																																																																																									
6	<p>Seleccionar y oprimir en 'ABRIR' esperar a que se cargue el archivo</p>																																																																																																																									
7	<p>Seleccionar los datos para generar un grafica.</p>	 <table border="1" data-bbox="754 1104 1476 1294"> <thead> <tr> <th></th> <th>Column1</th> <th>Column2</th> <th>Column3</th> <th>Column4</th> <th>Column5</th> <th>Column6</th> <th>Column7</th> <th>Column8</th> <th>Column9</th> </tr> <tr> <th>6</th> <th>Fecha:</th> <th>Hora:</th> <th>VOLTAJE_L1</th> <th>VOLTAJE_L2</th> <th>VOLTAJE_L3</th> <th>CORRIENTE_I1</th> <th>CORRIENTE_I2</th> <th>CORRIENTE_I3</th> <th>TIEMPO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>854</td> <td>27/6/2023</td> <td>15:23</td> <td>213,57</td> <td>215,30</td> <td>215,07</td> <td>4,01</td> <td>3,86</td> <td>4,14</td> <td>17,90</td> </tr> <tr> <td>1317</td> <td>27/6/2023</td> <td>15:24</td> <td>159,31</td> <td>159,60</td> <td>160,24</td> <td>10,87</td> <td>10,59</td> <td>10,63</td> <td>0,70</td> </tr> <tr> <td>1319</td> <td>27/6/2023</td> <td>15:24</td> <td>159,31</td> <td>159,60</td> <td>160,24</td> <td>10,87</td> <td>10,59</td> <td>10,63</td> <td>0,80</td> </tr> <tr> <td>1321</td> <td>27/6/2023</td> <td>15:24</td> <td>159,31</td> <td>159,60</td> <td>160,24</td> <td>10,87</td> <td>10,59</td> <td>10,63</td> <td>0,90</td> </tr> <tr> <td>1323</td> <td>27/6/2023</td> <td>15:24</td> <td>159,31</td> <td>159,60</td> <td>160,24</td> <td>10,87</td> <td>10,59</td> <td>10,63</td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td>1325</td> <td>27/6/2023</td> <td>15:24</td> <td>159,31</td> <td>159,60</td> <td>160,24</td> <td>10,87</td> <td>10,59</td> <td>10,63</td> <td>1,10</td> </tr> <tr> <td>1326</td> <td>27/6/2023</td> <td>15:24</td> <td>159,31</td> <td>159,60</td> <td>160,24</td> <td>10,87</td> <td>10,59</td> <td>10,63</td> <td>1,15</td> </tr> <tr> <td>1327</td> <td>27/6/2023</td> <td>15:24</td> <td>159,31</td> <td>159,60</td> <td>160,24</td> <td>10,87</td> <td>10,59</td> <td>10,63</td> <td>1,20</td> </tr> <tr> <td>1328</td> <td>27/6/2023</td> <td>15:24</td> <td>159,31</td> <td>159,60</td> <td>160,24</td> <td>10,87</td> <td>10,59</td> <td>10,63</td> <td>1,25</td> </tr> <tr> <td>1329</td> <td>27/6/2023</td> <td>15:24</td> <td>159,31</td> <td>159,60</td> <td>160,24</td> <td>10,87</td> <td>10,59</td> <td>10,63</td> <td>1,30</td> </tr> </tbody> </table>		Column1	Column2	Column3	Column4	Column5	Column6	Column7	Column8	Column9	6	Fecha:	Hora:	VOLTAJE_L1	VOLTAJE_L2	VOLTAJE_L3	CORRIENTE_I1	CORRIENTE_I2	CORRIENTE_I3	TIEMPO	854	27/6/2023	15:23	213,57	215,30	215,07	4,01	3,86	4,14	17,90	1317	27/6/2023	15:24	159,31	159,60	160,24	10,87	10,59	10,63	0,70	1319	27/6/2023	15:24	159,31	159,60	160,24	10,87	10,59	10,63	0,80	1321	27/6/2023	15:24	159,31	159,60	160,24	10,87	10,59	10,63	0,90	1323	27/6/2023	15:24	159,31	159,60	160,24	10,87	10,59	10,63	1,00	1325	27/6/2023	15:24	159,31	159,60	160,24	10,87	10,59	10,63	1,10	1326	27/6/2023	15:24	159,31	159,60	160,24	10,87	10,59	10,63	1,15	1327	27/6/2023	15:24	159,31	159,60	160,24	10,87	10,59	10,63	1,20	1328	27/6/2023	15:24	159,31	159,60	160,24	10,87	10,59	10,63	1,25	1329	27/6/2023	15:24	159,31	159,60	160,24	10,87	10,59	10,63	1,30
	Column1	Column2	Column3	Column4	Column5	Column6	Column7	Column8	Column9																																																																																																																	
6	Fecha:	Hora:	VOLTAJE_L1	VOLTAJE_L2	VOLTAJE_L3	CORRIENTE_I1	CORRIENTE_I2	CORRIENTE_I3	TIEMPO																																																																																																																	
854	27/6/2023	15:23	213,57	215,30	215,07	4,01	3,86	4,14	17,90																																																																																																																	
1317	27/6/2023	15:24	159,31	159,60	160,24	10,87	10,59	10,63	0,70																																																																																																																	
1319	27/6/2023	15:24	159,31	159,60	160,24	10,87	10,59	10,63	0,80																																																																																																																	
1321	27/6/2023	15:24	159,31	159,60	160,24	10,87	10,59	10,63	0,90																																																																																																																	
1323	27/6/2023	15:24	159,31	159,60	160,24	10,87	10,59	10,63	1,00																																																																																																																	
1325	27/6/2023	15:24	159,31	159,60	160,24	10,87	10,59	10,63	1,10																																																																																																																	
1326	27/6/2023	15:24	159,31	159,60	160,24	10,87	10,59	10,63	1,15																																																																																																																	
1327	27/6/2023	15:24	159,31	159,60	160,24	10,87	10,59	10,63	1,20																																																																																																																	
1328	27/6/2023	15:24	159,31	159,60	160,24	10,87	10,59	10,63	1,25																																																																																																																	
1329	27/6/2023	15:24	159,31	159,60	160,24	10,87	10,59	10,63	1,30																																																																																																																	

### ÍTEM 3. VARIADOR DE FRECUENCIA MICROMASTER 420.

#### VARIADOR DE FRECUENCIA

Un variador de frecuencia también conocido como Variable Frequency Drive VFD o bien Adjustable Frequency Drive AFD, del inglés. Es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor.

Mediante este manual se dará a conocer al programador los parámetros utilizados y el manejo del componente para el respectivo uso que será explícitamente utilizado para la operación del variador de frecuencia y así mismo para la puesta del arranque de motores trifásicos.

**Poner en servicio con el panel BOP.**



**Figura 3.1.** Panel BOP del variador de frecuencia.

El panel BOP, permite acceder a los parámetros del convertidor y ofrece la posibilidad de personalizar los ajustes. El componente muestra los ajustes por defecto realizados en fabrica, está bloqueado el panel BOP. Para la operación y controlar el motor vía el panel BOP es necesario poner a 1 el parámetro P0700.

**Botones en el panel BOP.**

Panel/Botón	Función	Efectos
	<b>Indicación de estado</b>	La pantalla de cristal líquida muestra los ajustes actuales del convertidor
	<b>Marcha</b>	Al pulsar este botón se arranca el convertidor. Por defecto está bloqueado este botón. Para habilitar este botón, ajustar P0700=1
	<b>Parada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• OFF1 Pulsando este botón se para el convertidor siguiendo la rampa de deceleración seleccionada. Por defecto está bloqueado; para habilitarlo, ajustar P0700=1.</li> <li>• OFF2 Pulsando el botón dos veces (o una vez prolongada) el motor separa de forma natural (inercia hasta parada)</li> </ul>
	<b>Invertir sentido</b>	Pulsar este botón para cambiar el sentido de giro del motor. El inverso se indica mediante un signo negativo (-) o un punto decimal intermitente. Por defecto está bloqueado; para habilitarlo, ajustar P0700=1.
	<b>Jog motor</b>	Pulsando este botón mientras el convertidor no tiene salida hace que el motor arranque y gire a la frecuencia Jog preseleccionada. El convertidor se detiene cuando se suelta el botón. Pulsar este botón cuando el convertidor/motor está funcionando carece de efecto.
	<b>Funciones</b>	Esté botón sirve para visualizar información adicional. Funciona pulsándolo y manteniéndolo apretado. Muestra lo siguiente comenzando por cualquier parámetro durante la operación: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tensión en circuito intermedio (indicado mediante d).</li> <li>2. Corriente de salida. (A)</li> <li>3. Frecuencia de salida. (Hz)</li> <li>4. Tensión de salida. (o)</li> <li>5. El valor (seleccionado en P0004)</li> </ol>
	<b>Acceder a parámetros</b>	Pulsando este botón es posible acceder a los parámetros.
	<b>Subir valor</b>	Pulsando este botón se sube el valor visualizado. Para cambiar la consigna de frecuencia vía el panel BOP, ajustar P1000=1.
	<b>Bajar valor</b>	Pulsando este botón se baja el valor visualizado. Para cambiar la consigna de frecuencia vía el panel BOP, ajustar P1000=1.

**Parámetros generales.**

Parámetro	Significado	Por defecto Europa (Norteamérica)
P0100	Modo operación Europa/USA	50 Hz, kW (60Hz, hp)
P0307	Potencia del motor	kW (Hp)
P0310	Frecuencia del motor	5 Hz (60 Hz)
P0311	Velocidad del motor	1395 (1680) rpm [dependiendo de la variante]
P1082	Frecuencia máxima del motor	50 Hz (60 Hz)

**Vista general de los parámetros de los niveles o ajustes posibles.**

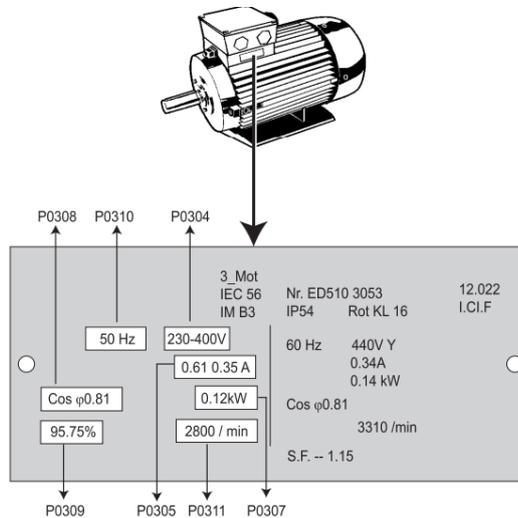
Puesta en Servicio Rápida		
Numero de Parámetro	Nombre del parámetro	Ajustes Posibles
P0010	Ajustes de Fabrica	0 = Listo para marcha 1 = Puesta en servicio rápida 30 = Ajuste de Fábrica
P0970	Reposición a ajustes de Fabrica.	Restablece para todos los parámetros a sus valores por defecto. Para hacer esto es necesario ajustar P0010=30, seguidamente=1.
P0100	Europa / Norteamérica	0 = Ajuste de potencia en kW, Frecuencia por defecto 50 Hz (usar interruptor DIP 2). 1 = Ajuste de potencia en hp, Frecuencia por defecto 60 Hz (usar interruptor DIP 2) 30 = Ajuste de potencia en kW, Frecuencia por defecto 60 Hz
P0300	Selección del tipo de motor	0 = Motor Asíncrono. 1 = Motor Síncrono
P0304	Tensión del motor	Tensión nominal del motor (en V) tomada de la placa de características.
P0305	Corriente del motor	Corriente nominal del motor (A) tomada de la placa de características.
P0307	Potencia del motor	Potencia nominal del motor (kW) tomada de la placa de características. Si P0100=1, los valores se indican en hp.
P0308	Factor de potencia del motor	Factor de potencia (cos $\theta$ ) nominal del motor tomado de la placa de características.
P0309	Rendimiento del motor	Rendimiento (%) nominal del motor tomado de la placa de características.
P0310	Frecuencia del motor	Frecuencia nominal del motor (Hz) tomada de la placa de características.
P0311	Velocidad del motor	Nota = Velocidad nominal de motor (r/min) tomada de la placa de características. 1 Nota = Este parámetro solo puede modificarse si P0010=1 2 Nota = Este parámetro debe corregirse para compensar el deslizamiento a fin de que funcione correctamente. 3 Nota = Si se ajusta a 0, el valor se calcula internamente. 4
P0335	Refrigeración del motor	Especifica el tipo de sistema de refrigeración del motor. 0 = Auto refrigerado, utilizando el ventilador montado en el eje del motor.

		1 = Refrigeración forzada, utilizando un ventilador con accionamiento independiente.
P0700	Selección de fuente de órdenes	<p>Parámetro para seleccionar la fuente de las ordenes transmitidas por señales digitales. Si se modifica este parámetro, todos los parámetros asociados a las entradas digitales se ajustan a valores razonables.</p> <p>0 = Ajuste por defecto en fábrica.</p> <p>1 = Teclado</p> <p>2 = Bornes</p> <p>4 = USS1 en link BOP</p> <p>5 = USS2 en link Comm</p> <p>6 = PROFIBUS / bus de campo en link Comm.</p>
P1000	Selección consigna frecuencia	<p>Selecciona la fuente de la consigna de frecuencia.</p> <p>1 = Consigna (potenciómetro motorizado) por teclado.</p> <p>2 = Entrada analógica.</p> <p>3 = Consigna de frecuencia fija.</p> <p>4 = USS vía RS232</p> <p>5 = USS vía bornes RS485 (Tarjeta de comunicaciones opcional)</p>
P1080	Frecuencia Mínima.	Ajusta la frecuencia mínima del motor (Hz) a la que gira el motor con independencia de la consigna de frecuencia. El valor aquí ajustado es válido tanto para giro a derechas como a izquierdas.
P1082	Frecuencia Máxima	Ajusta la frecuencia máxima del motor (Hz) a la que gira el motor con independencia de la consigna de frecuencia- El valor aquí ajustado es válido tanto para giro a derecha como a izquierda.
P1120	Tiempo de aceleración	Tiempo que lleva al motor acelerar de la parada a su frecuencia máxima (P1082) cuando no se usan redondeos de rampa.
P1121	Tiempo de desaceleración	Tiempo que lleva al motor desacelerar de su frecuencia máxima (P1082) hasta el estado de parada cuando no se usan redondeos de rampa.
P1300	Modo de control	<p>Control la relación entre la velocidad del motor y la tensión aplicada por el convertidor.</p> <p>0 = V/f lineal (por defecto).</p> <p>1 = FCC (Flux Current Control); mantiene constante la corriente de flujo del motor para mejorar el rendimiento.</p> <p>2 = V/f cuadrática; adecuado para bombas centrifugas/ventiladores.</p> <p>3 = V/f multipunto (programable, sólo en modo experto).</p>
P3900	Fin de puesta en servicio rápido	<p>Realiza los cálculos necesarios para un funcionamiento óptimo del motor.</p> <p>0 = Sin cálculos; el usuario DEBE ajustar manualmente P0010=0.</p> <p>1 = Ejecutar cálculos, con reposición de los parámetros a los valores de fábrica no en el grupo de puesta en servicio rápida (P0010=1).</p>

2 = Ejecutar sólo cálculos.

**Datos del motor para la parametrización.**

Todo el proceso se deberá obtener los datos marcados en la placa de cada motor para su respectiva parametrización.



**Figura 3.2.** Datos de una placa característica del motor trifásico

**Cambiar parámetros con el panel BOP para la operación del motor trifásico.**

A continuación, se describe la forma de cambiar el parámetro; use esta descripción como guía para ajustar cualquier parámetro mediante el panel BOP.

Paso	Resultado en pantalla
1. Pulsar  para acceder a parámetros.	P(1) r0000 Hz
2. Pulsar  hasta que se visualice P0010.	P(1) P0010 Hz
3. Pulsar  para acceder al nivel de valor de parámetro P0010.	P(1) 0 Hz
4. Pulsar  para ajustar P0010=1.	P(1) 1 Hz
5. Pulsar  para guardar y salir del nivel de valor de parámetro.	P(1) P0010 Hz
6. Pulsar  hasta que se visualice P1082.	P(1) P1082 Hz
7. Pulsar  para acceder al nivel de valor de parámetro P1082.	P(1) 50.00 Hz
8. Pulsar  para seleccionar la frecuencia máxima deseada.	P(1) 35.00 Hz

9. Pulsar  para guardar y salir de nivel de valor de parámetro.	P(1) P 1082
10. Pulsar  para volver a P0010.	P(1) P0010
11. Pulsar  para acceder al nivel de valor de parámetro P0010.	P(1) 1
12. Pulsar  para volver a P0010=0.	P(1) 0
13. Pulsar  para guardar y salir del nivel de valor de parámetro.	P(1) P0010
14. Pulsar  para volver a r0000.	P(1) r0000
15. Pulsar  para salir de la parametrización.	P(1) 35.00
16. En pantalla se alterna la frecuencia actual y la consigna de frecuencia requerida.	Hz 00.00 (t)9 sH

Al terminar de finalizar la programación y memorizar la frecuencia máxima requerida. Arranque el convertidor pulsando el botón ‘Marcha’. Este acelerará hasta la frecuencia ajustada en el parámetro P1082. Para el Stop del convertidor, pulsar el botón ‘Parada’.

#### Ejercicio de programación para la operación de un motor trifásico de 1HP.

Puesta en Servicio Rápida		
Numero de Parámetro	Nombre del parámetro	Ajustes Posibles
P0010	Ajustes de Fabrica	30 = Ajuste de Fábrica
P0970	Reposición a ajustes de Fabrica.	Restablece para todos los parámetros a sus valores por defecto. Para hacer esto es necesario ajustar P0010=30, seguidamente=1.
P0010	Ajustes de Fabrica	1 = Puesta en servicio rápida
P0100	Europa / Norteamérica	1 = Ajuste de potencia en hp, Frecuencia por defecto 60 Hz (usar interruptor DIP 2)
P0300	Selección del tipo de motor	0 = Motor Asíncrono.
P0304	Tensión del motor	Tensión nominal del motor (en V) tomada de la placa de características. <b>Tensión = 220V.</b>
P0305	Corriente del motor	Corriente nominal del motor (A) tomada de la placa de características. <b>Corriente = 3,59 A.</b>
P0307	Potencia del motor	Potencia nominal del motor (kW) tomada de la placa de características. Si P0100=1, los valores se indican en hp. <b>Potencia = 1 HP</b>

P0308	Factor de potencia del motor	Factor de potencia ( $\cos \theta$ ) nominal del motor tomado de la placa de características. <b>Fp = 0,76</b>
P0310	Frecuencia del motor	Frecuencia nominal del motor (Hz) tomada de la placa de características. <b>Frecuencia = 60 Hz</b>
P0311	Velocidad del motor	Nota 1 = Velocidad nominal de motor (r/min) tomada de la placa de características. <b>Velocidad = 1665 r/min</b>
P0700	Selección de fuente de órdenes	Parámetro para seleccionar la fuente de las ordenes transmitidas por señales digitales. Si se modifica este parámetro, todos los parámetros asociados a las entradas digitales se ajustan a valores razonables. <b>1 = Teclado</b>
P1000	Selección consigna frecuencia	Selecciona la fuente de la consigna de frecuencia. 1 = Consigna (potenciómetro motorizado) por teclado.  Control de Frecuencia panel BOP
P1080	Frecuencia Mínima.	Ajusta la frecuencia mínima del motor (Hz) a la que gira el motor con independencia de la consigna de frecuencia. El valor aquí ajustado es válido tanto para giro a derechas como a izquierdas. <b>Frecuencia = 60 Hz</b>
P1082	Frecuencia Máxima	Ajusta la frecuencia máxima del motor (Hz) a la que gira el motor con independencia de la consigna de frecuencia. El valor aquí ajustado es válido tanto para giro a derecha como a izquierda. <b>Frecuencia = 60 Hz</b>
P1120	Tiempo de aceleración	Tiempo que lleva al motor acelerar de la parada a su frecuencia máxima.
P1121	Tiempo de deceleración	Tiempo que lleva al motor desacelerar de su frecuencia máxima.
P3900	Fin de puesta en servicio rápido	Realiza los cálculos necesarios para un funcionamiento óptimo del motor. 1 = Ejecutar cálculos, con reposición de los parámetros a los valores de fábrica no en el grupo de puesta en servicio rápida (P0010=1).
	Accionar botón Marcha del Variador de Frecuencia.	Puesta en operación del motor trifásico.

#### ÍTEM 4. OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS ELÉCTRICAS.

El presente manual se establece una serie de instrucciones que permite el adecuada maniobrabilidad y operación del módulo, cuando empiece a entrar en funcionamiento.

##### Encendido y Operación del banco de pruebas eléctricas.

- Alimentación del banco de pruebas eléctricas con red trifásica a 220V.

- Encender el breaker principal del sistema y comprobar que exista de tensión en las entradas mediante el multímetro.
- Verificar con un multímetro la exista de tensión en las salidas del breaker principal.
- Verificar la conexión del neutro con el multímetro realizando la medición de voltaje fase-líneas.
- Encender las protecciones eléctricas de cada carga inductiva (ocho cargas inductivas).
- Verificar con el multímetro continuidad entre los bornes de conexión de los contactores y barra de distribución eléctrica.
- Verificar con el multímetro que las salidas del contactor y las entradas del relé térmico se encuentren conectadas y ajustadas correctamente.
- Verificar con el multímetro continuidad entre la entrada del contactor y las salidas del relé térmico.
- Comprobar con el multímetro continuidad entre las entradas del breaker previamente distribuidas por cada carga inductiva con las salidas de los relés térmicos.
- Conectar las salidas de los relés térmicos hacia las entradas U, V, W de los motores trifásicos.
- Realizar la conexión delta o estrella-delta a cada motor eléctrico dependiendo de la práctica.
- Comprobar que los selectores estén conectados a los extremos de la bobina del contactor.
- Maniobrar el selector de marcha y accionar una de las cargas inductivas.
- Para el variador de frecuencia aplicando carga inductiva se deberá considerar un sistema de control directo sin uso del breaker, contactor y relé térmico (circuito de fuerza).

### **Encendido y Operación del PLC**

- Encender el breaker del PLC
- Conectar los puertos Ethernet del PLC, SENTRON PAC 3220 y PC en un Módulo Ethernet Madre (switch)
- Configurar las rutas IP de cada dispositivo.
- Cargar la programación del PLC mediante el TIA PORTAL.
- Cargar la programación del LabVIEW al Ordenador.
- Ejecutar los programas.

## Mantenimiento del banco de pruebas eléctricas.

### PLAN ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y/O CORRECTIVO

1. Realizar el trabajo de manera ordenada y hacer un seguimiento de los estdos de los componentes eléctricos.

2. Observar que el tablero eléctrico no presente daños visibles, piezas, cables flojas o sueltas.

3. Reajustar los bornes de conexión de los disyuntor , interruptores, relés térmicos, poniendo especial atención en cada componente para detectar si esta tiene rastros de calentamiento. Si presenta algún resto, anotarlo y posteriormente desconectarlo y/o desarmarlo para definir la causa del calentamiento.

7. Verificar que los cables conductores estén correctamente conectados y que exista continuidad eléctrica entre los cables y la estructura del tablero.

6. Si hay elementos de potencia para conmutación (contactores para arranque de motores) revisar el estado de los contactos, si están gastados sustituir el contactor.

5. Mientras esté energizado se debe comprobar que no exista interruptores y cables que estén disipando más calor del debido.

4. Retirar el polvo asentado y acumulado entre el tablero, los cables y lo interruptores

8. Verificar que los conductores eléctricos estén bien apretados y que además tenga continuidad eléctrica con la estructura del tablero.

9. Limpiar el gabinete con algún solvente no abrasivo.

10. Al energizar el tablero y poner a funcionamiento en condiciones normales, medir la corriente que circula por aquellos elementos que presentaban rastros de calentamiento, comparar sus características eléctricas con la medición, para asegurarse que el elemento "caliente" es el adecuado para el tipo de carga que tiene conectada..

### LINK DESCARGA DEL PROGRAMA

[https://drive.google.com/drive/folders/1lilhaqVzou7LATsYYDoxeSL9xFcop2Nd?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1lilhaqVzou7LATsYYDoxeSL9xFcop2Nd?usp=drive_link)