



**ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE FUERZA EN  
EL BANCO DIDÁCTICO DE PRUEBAS Y  
ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS PARA  
PRÁCTICAS DE LABORATORIO CON  
ESTUDIANTES DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA  
DE LA UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO SEDE  
CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER**

**JEFFERSON ARTURO BOTELLO RANGEL**

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica FIMEB

Programa de Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial

Cúcuta, Colombia

2020



# **ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE FUERZA EN EL BANCO DIDÁCTICO DE PRUEBAS Y ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO CON ESTUDIANTES DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO SEDE CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER**

**JEFFERSON ARTURO BOTELLO RANGEL**

Trabajo Integral de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Tecnólogo en Mantenimiento Electromecánico Industrial**

Director:

Oscar Orlando Guerrero Díaz

Ingeniero Electricista – M. Sc. En Controles Industriales

Co-director:

César Augusto Hernández Suárez

Lic. en Matemáticas y Computación – M. Sc. en Enseñanza de las Ciencias

Grupo de Investigación:

REM - Reseach in energy and materials

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica FIMEB

Programa de Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial

Cúcuta, Colombia

2020



*Si decides hacer solo las cosas que sabes que van a funcionar, dejarás un montón de oportunidades encima de la mesa.*

*Jeff Bezos, Fundador y CEO de Amazon*



## **Agradecimientos**

Mi agradecimiento más grande es para nuestro padre celestial Dios, que toda la gloria sea para él, a mi familia en especial a mi madre Yamary Judit quién me apoyo incansablemente durante todo mi proceso tecnológico, a los profesionales de la Universidad Antonio Nariño que me brindaron todos sus conocimientos y me guiaron en mi proceso de formación.





## Resumen

En el siguiente trabajo se presenta la actualización del banco didáctico de pruebas y arranque de motores trifásicos para prácticas con estudiantes de tecnologías e ingenierías de la Universidad Antonio Nariño, sede Cúcuta, con las normas vigentes bajo reglamentación, RETIE, NTC 2050. La actualización estará conformada por un por un tablero, un totalizador 3 x 20 amperios, tres Contactores de 40 amperios, un voltímetro análogo, un amperímetro análogo, dos perillas seleccionadoras de cuatro posiciones, un relé térmico, tres luminarias azules, una luminaria roja, un pulsador NC, un pulsador NO, un temporizador análogo, un voltímetro digital, amperímetro digital, tres transformadores de intensidad tipo ventana. Se podrán realizar diferentes prácticas de conexiones de motores eléctricos, analizar su comportamiento, medir variables (voltaje, corriente). La actualización permitió poner en práctica los conocimientos adquiridos tanto en lo académico como en lo laboral de acuerdo con la normatividad vigente, mediante un diseño en AUTO CAD y para los sistemas de fuerza y mando de las guías didácticas se utilizó el software CAdE SIMU. Finalmente, se incluyen guías de laboratorio para la realización de prácticas por parte de estudiantes, profesores y personal de laboratorio de la Universidad Antonio Nariño.

**Palabras clave:** Banco didáctico, motores eléctricos, motores trifásicos.

- X Actualización del sistema de fuerza en el banco didáctico de pruebas y arranque de motores trifásicos para prácticas de laboratorio con estudiantes de tecnología e ingeniería de la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta, Norte de Santander
- 

## Abstract

The following work presents the update of the didactic test and start-up bank for three-phase motors for practices with technology and engineering students from the Antonio Nariño University, Cúcuta campus, with the current standards under regulation, RETIE, NTC 2050. The update will be confirmed by a by a board, a 3x20 amp totalizer, three 40 amp contactors with their respective protection for starting the motor, an analog voltmeter, an analog ammeter, two four position selector knobs, a thermal relay, three blue luminaires, one red luminaire, one NC button, one NO button, an analog timer, a digital voltmeter, digital ammeter, three window type current transformers. Different practices of electrical motor connections can be carried out, analyze their behavior, measure variables (voltage, current). The update allowed putting into practice the knowledge acquired both academically and in the workplace in accordance with current regulations, through a design in AUTO CAD and CADe SIMU software was used for the force and command systems of the didactic guides. Finally, laboratory guides are included to carry out practices by students, teachers and laboratory personnel of the Antonio Nariño University.

**Keywords:** Didactic bench, electric motors, three-phase motors.

# Contenido

	Pág.
<b>Resumen</b> .....	<b>IX</b>
<b>Lista de figuras</b> .....	<b>XIII</b>
<b>Lista de tablas</b> .....	<b>XV</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Actualización del sistema de fuerza en el banco didáctico de pruebas y arranque de motores trifásicos para prácticas de laboratorio con estudiantes de tecnología e ingeniería de la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta, Norte de Santander</b> .....	<b>3</b>
1.1 Planteamiento del problema .....	3
1.2 Objetivos .....	4
1.2.1 Objetivo general .....	4
1.2.2 Objetivos específicos .....	4
1.3 Formulación del problema .....	5
1.4 Justificación .....	5
<b>2. Referentes Teóricos</b> .....	<b>7</b>
2.1 Antecedentes .....	7
2.1.1 A nivel nacional .....	7
2.1.2 A nivel internacional .....	8
2.2 Bases conceptuales .....	9
2.2.1 La Corriente eléctrica .....	9
2.2.2 Cableado .....	10
2.3 Marco teórico .....	11
2.3.1 Motor eléctrico .....	11
2.3.2 Arranque de motores trifásicos .....	12
2.3.3 Automatismos .....	15
2.3.4 Medidores de variables .....	18
2.3.5 Cálculo el consumo de energía de un motor trifásico .....	19
2.3.6 Protección de motores .....	20
2.3.7 Funcionamiento del motor .....	22
2.3.8 cálculo de la potencia y del par motor .....	24
2.3.9 Arranque y protección .....	24
2.3.10 Principales modos de arranque .....	25

XII Actualización del sistema de fuerza en el banco didáctico de pruebas y arranque de motores trifásicos para prácticas de laboratorio con estudiantes de tecnología e ingeniería de la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta, Norte de Santander

---

2.4	Banco de pruebas .....	26
2.4.1	Componentes que hacen parte del banco de pruebas .....	26
2.4.2	El contactor.....	27
	27	
2.4.3	El relé de sobrecarga térmico .....	28
2.4.4	El interruptor automático magneto térmico.....	30
2.4.5	Composición de un contactor electromagnético.....	31
2.4.6	Protección de motores .....	33
2.5	Marco legal.....	33
2.5.1	Norma NTC-2050 .....	33
2.5.2	Reglamento RETIE.....	34
<b>3.</b>	<b>Metodología.....</b>	<b>35</b>
3.1	Descripción del trabajo.....	35
3.2	Recursos: humanos, materiales y financieros humano.....	35
3.3	Materiales y financieros.....	35
<b>4.</b>	<b>Desarrollo del Banco Didáctico.....</b>	<b>37</b>
4.1	Analizar el estado actual del Banco Didáctico de pruebas con las normas vigentes del RETIE, NTC 2050, para funcionamiento. (Poner en marcha).....	37
4.1.1	Características del tablero didáctico .....	38
4.1.2	Estructura del tablero didáctico.....	39
4.1.3	Cableado .....	40
4.1.4	Contactador de 40 amperios.....	41
4.1.5	Totalizador 3x20 amperios.....	42
4.1.6	Voltímetro .....	42
4.1.7	Amperímetro.....	43
4.1.8	Temporizador .....	43
4.1.9	Lámparas de prueba (Pilotos).....	44
4.1.10	Relé térmico .....	45
4.2	Diseñar el sistema de fuerza, las guías para el aprendizaje de los estudiantes de tecnologías e ingenierías de la Universidad Antonio Nariño.....	46
4.2.1	Guías de laboratorio del sistema de fuerza.....	46
	Guía introductoria al software CADE_SIMU .....	47
4.3	Construir el banco didáctico con nuevos medidores para la enseñanza de los estudiantes .....	76
4.3.1	Construcción del banco de pruebas didáctico.....	76
4.3.2	Estructura en metal del banco didáctico .....	76
4.3.3	Contactador.....	77
4.3.4	Totalizador 3 x 20 amperios.....	77
4.3.5	Pulsador NO y NC .....	77
4.3.6	Temporizados.....	78
<b>5.</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>81</b>
5.1	Conclusiones.....	81
5.2	Recomendaciones.....	81
	<b>Bibliografía .....</b>	<b>87</b>

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 2-1:</b> Circuito eléctrico cerrado .....	10
<b>Figura 2-2:</b> Código de Colores para Conductores - Tabla 13 del RETIE .....	11
<b>Figura 2-3:</b> Motor eléctrico trifásico .....	11
<b>Figura 2-4:</b> Circuito de fuerza y control - arranque directo .....	12
<b>Figura 2-5:</b> Circuito de fuerza y control arranque estrella-triángulo .....	13
<b>Figura 2-6:</b> Diagrama de la corriente y del par en un arranque estrella- triángulo. ....	14
<b>Figura 2-7:</b> Ejemplo de circuito de mando.....	15
<b>Figura 2-8:</b> Contactor con auxiliar y relé térmico de 220 v .....	17
<b>Figura 2-9:</b> Rele termico .....	17
<b>Figura 2-10:</b> Voltímetro analógico .....	18
<b>Figura 2-11:</b> Voltímetro digital .....	18
<b>Figura 2-12:</b> Amperímetro analógico.....	19
<b>Figura 2-13:</b> Amperímetro digital.....	19
<b>Figura 2-14:</b> Breakers trifásicos, bifásicos y monofásicos.....	20
<b>Figura 2-15:</b> Térmico con contactos auxiliares.....	21
<b>Figura 2-16:</b> Conexión del contactor .....	21
<b>Figura 2-17:</b> Funcionamiento del motor .....	22
<b>Figura 2-18:</b> Estator .....	23
<b>Figura 2-19:</b> Rotor.....	23
<b>Figura 2-20:</b> Esquema eléctrico de un arranque directo con guardamotor .....	25
<b>Figura 2-21:</b> Arranque estrella-directo.....	26
<b>Figura 2-22:</b> Motor trifásico .....	27
<b>Figura 2-23:</b> Aspecto físico del Contactor .....	27
<b>Figura 2-24:</b> Símbolo del Contactor .....	28
<b>Figura 2-25:</b> El relé de sobrecarga térmico .....	29
<b>Figura 2-26:</b> Símbolo del relé de sobrecarga térmico.....	29
<b>Figura 2-27:</b> Interruptor automático magneto térmico .....	30
<b>Figura 2-28:</b> Símbolo del interruptor automático magneto térmico .....	30
<b>Figura 2-29:</b> Despiece de un Contactor .....	31
<b>Figura 2-30:</b> Los Polos.....	32
<b>Figura 2-31:</b> Código de Colores para Conductores - Tabla 13 del RETIE .....	34
<b>Figura 4-32:</b> Estado actual del tablero didáctico de la Universidad Antonio Nariño ....	37
<b>Figura 4-33:</b> Características del tablero didáctico de la Universidad Antonio Nariño...	38
<b>Figura 4-34:</b> Estructura del tablero didáctico de la Universidad Antonio Nariño .....	39

<b>Figura 4-35:</b>	Cableado .....	40
<b>Figura 4-36:</b>	Contactador de 40 amperios.....	41
<b>Figura 4-37:</b>	Totalizador 3x20 .....	42
<b>Figura 4-38:</b>	Voltímetro .....	43
<b>Figura 4-39:</b>	Amperímetro.....	43
<b>Figura 4-40:</b>	Temporizador análogo.....	44
<b>Figura 4-41:</b>	Lámparas de pruebas (Piltos).....	45
<b>Figura 4-42:</b>	Relé térmico .....	45
<b>Figura 4-43:</b>	Interfaz del programa CADE-SIMU .....	48
<b>Figura 4-44:</b>	Ventanas con el diseño de una bobina .....	50
<b>Figura 4-45:</b>	Compuerta NOT .....	50
<b>Figura 4-46:</b>	Ejemplo de un diseño eléctrico-1 .....	52
<b>Figura 4-47:</b>	Ejemplo de un diseño eléctrico-2.....	52
<b>Figura 4-48:</b>	Pilotos de señalizacion, banco energizado .....	55
<b>Figura 4-49:</b>	Terminales de las fases del totalizador L1-L2-L3.....	55
<b>Figura 4-50:</b>	Terminales de entrada del contactor KM1 .....	57
<b>Figura 4-51:</b>	Terminales de salida del contactor .....	57
<b>Figura 4-52:</b>	Conexión para una sola tensión de red.....	58
<b>Figura 4-53:</b>	Terminales de las fases del totalizador L1-L2-L3.....	60
<b>Figura 4-54:</b>	Terminales de entrada del contactor KM1. ....	61
<b>Figura 4-55:</b>	Terminales de salida del contactor KM1.....	62
<b>Figura 4-56:</b>	Conexión para una sola tensión de red.....	62
<b>Figura 4-57:</b>	Terminales de los contactores KM1 Y KM2 .....	63
<b>Figura 4-58:</b>	Terminales de salida contactores KM1 y KM2 .....	66
<b>Figura 4-59:</b>	Terminales de las fases del totalizador L1-L2-L3.....	68
<b>Figura 4-60:</b>	Terminales de entrada del contactor KM1. ....	69
<b>Figura 4-61:</b>	Terminales de salida del contactor KM1. ....	70
<b>Figura 4-62:</b>	Conexión de bornes del motor trifásico.....	70
<b>Figura 4-63:</b>	Finales de bobina del motor, terminales del contactor. ....	71
<b>Figura 4-64:</b>	Terminales 1-3-5 de los contactores KM1 Y KM3.....	72
<b>Figura 4-65:</b>	Terminales 2-4-6 de las contactores KM3 y KM2.....	73
<b>Figura 4-66:</b>	Terminales del contactor 1-3-5. ....	74
<b>Figura 4-67:</b>	Relé temporizado.....	78

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 3-1:</b> Recursos para la ejecución del proyecto .....	35
<b>Tabla 4-3:</b> Tipos de interruptores .....	78





# Introducción

El trabajo de grado presenta la actualización en el diseño e implementación de un banco didáctico para pruebas y arranque de motores eléctricos trifásicos de la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta, con las normas vigentes bajo reglamentación, RETIE, NTC 2050, con el fin de evitar los riesgos de origen eléctrico. La actualización va a orientar en forma práctica el arranque de motores trifásicos: estrella-triángulo, arranque directo, inversor de giro, arranque en cascada, está diseñado para diferentes tipos de arranques, será utilizado 220 voltios para las practicas a desarrollar.

El laboratorio de la Universidad Antonio Nariño cuenta con una variedad de motores eléctricos trifásicos con diferentes hp (caballos de fuerza), para ser incorporados al banco de pruebas lo que permitirá un mejor aprovechamiento didáctico. Está conformado por un tablero, un totalizador 3 x 20 amperios, tres contactores de 40 amperios, un voltímetro análogo, 1 amperímetro análogo, dos perillas seleccionadoras de cuatro posiciones, un relé térmico, tres luminarias azules, una luminaria roja, un pulsador NC, dos pulsadores NO, un temporizador análogo, un voltímetro digital, amperímetro digital, tres transformadores de intensidad tipo ventana. Se podrán realizar diferentes prácticas de conexiones de motores eléctricos, analizar su comportamiento, probar consumos de corriente y voltaje.

También, se incluyen algunas guías de laboratorio, que se podrán ejecutar con el banco didáctico como apoyo a asignaturas teórico – prácticas tales como: Circuitos de corriente alterna, Máquinas eléctricas, Electrónica digital y Mando y control entre otras.

Los estudiantes, con la orientación del docente, a través de herramientas conceptuales como las simulaciones e implementaciones en el banco comprenderán mejor el funcionamiento de los motores eléctricos modernos que existen en el mercado industrial.

Además, permite conocer, visualizar y analizar los comportamientos de voltajes, corrientes, de motores más comunes encontrados en la industria.

# **1. Actualización del sistema de fuerza en el banco didáctico de pruebas y arranque de motores trifásicos para prácticas de laboratorio con estudiantes de tecnología e ingeniería de la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta, Norte de Santander.**

## **1.1 Planteamiento del problema**

El motor eléctrico de corriente alterna es ampliamente utilizado a nivel industrial para diferentes aplicaciones como bombas, bandas transportadoras, ascensores, molinos, ventiladores, compresores, extrusoras, por mencionar solo algunos. Existen diferentes tipos de motores dependiendo de la aplicación, con diferentes tipos de conexiones para su operación. Es importante resaltar que tanto el circuito de fuerza como el circuito de mando de un motor trifásico son los encargados de proteger al motor eléctrico de una sobrecarga de energía eléctrica. Si no hay un adecuado manejo de los voltajes en estas conexiones de fuerza podrían ser altos en el orden de 220V y 440V que resultaría ser perjudiciales hasta mortales para el ser humano.

Actualmente la universidad Antonio Nariño cuenta con un banco de prueba y arranque de motor trifásico, el cual fue diseñado por estudiantes de la institución en el año 2006 titulado “Diseño y construcción de tablero didáctico de un sistema arrancador estrella-triángulo”, pero actualmente está desactualizado y es subutilizado. A partir, de la evaluación de las condiciones actuales del Tablero, se informa que el estado actual puede presentar problemas de seguridad y riesgos de origen eléctrico lo que no garantiza la seguridad a los estudiantes y docentes que traten de trabajar sobre el mismo, debido a algunas fallas en sus componentes, no presentan una completa conexión, una mala señalización y desactualización en su código de colores y en las lecturas de sus

- 4 Actualización del sistema de fuerza en el banco didáctico de pruebas y arranque de motores trifásicos para prácticas de laboratorio con estudiantes de tecnología e ingeniería de la universidad Antonio Nariño sede Cúcuta, Norte de Santander
- 

medidores, lo que no brinda un correcto procesos de enseñanza-aprendizaje. Por eso también se hace necesario diseñar y construir un nuevo banco que cuente con los elementos actualizados disponibles en el mercado.

Asimismo, esta propuesta de mejoramiento y actualización incluye la construcción de un Banco didáctico con los lineamientos requeridos y las normas que actualmente rigen en este campo y, además, estar enmarcada bajo reglamentación del Ministerio de Minas y Energía (2013) en su Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), Norma Técnica Colombiana (NTC) 2050 (1998). En el RETIE, se establecen los requisitos que garantizan una adecuada instalación de motores trifásicos de corriente alterna a 220 voltios con el fin de evitar los riesgos eléctricos. Finalmente se incluyen unas guías de laboratorio para la realización de prácticas de conexión, arranque y control de motores trifásicos de corriente alterna a 220 voltios, enfocadas en mejorar el proceso de enseñanza - aprendizaje de los estudiantes, con el apoyo del docente, de acuerdo con los avances tecnológicos en las asignaturas teórico – prácticas tales como: Circuitos de corriente alterna, Máquinas eléctricas, Electrónica digital y Mando y control entre otras.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Actualizar el Banco Didáctico de pruebas de arranque de motores trifásicos basado en las normas NTC 2050, RETIE, para estudiantes de Tecnologías e Ingenierías de la Universidad Antonio Nariño Sede Cúcuta, Norte de Santander.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Analizar el estado actual del banco didáctico de pruebas con las normas vigentes del RETIE, NTC 2050, para su funcionamiento. (Poner en marcha)
- Diseñar el sistema de fuerza, las guías para el aprendizaje de los estudiantes de Tecnologías e ingenierías de la Universidad Antonio Nariño.
- Construir el banco didáctico de pruebas con nuevos medidores para la enseñanza de los estudiantes

### **1.3 Formulación del problema**

Con la realización del proyecto de grado, se pretende que los estudiantes de Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial e Ingeniería Electromecánica de la Universidad Antonio Nariño adquieran competencias y habilidades en el control de motores eléctricos y sus elementos de conexión, dando solución a la siguiente pregunta: ¿Cómo realizar la actualización que incluya el diseño y construcción el banco Didáctica para prueba y arranque de motores trifásicos, para la Práctica de los estudiantes?

### **1.4 Justificación**

Con la actualización realizada en este proyecto se busca reacondicionar el banco de prueba existente denominado “Diseño y construcción de tablero didáctico de un sistema arrancador estrella-triángulo”, con los requerimientos necesarios y establecidos por las normas que actualmente nos rigen, adicionalmente diseñar y construir un banco de pruebas que cuente con la tecnología actual, contribuye a la formación de los estudiantes de Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial e Ingeniería Electromecánica de la Universidad Antonio Nariño, inclusive de otras universidades que cuenten con este tipo de programas académicos, se garantiza un mejor aprendizaje para quienes realicen sus prácticas, y refuercen los conocimientos adquiridos en las tutorías correspondientes a los temas relacionados con motores eléctricos trifásicos. Así mismo garantizar y facilitar a los docentes tutores que están a cargo de estas asignaturas, un proceso de enseñanza apoyado en guías instructivas, adquirir conocimientos que serán utilizados por los estudiantes fuera del aula y adecuarse mejor a sus sitios de trabajo, como la industria, en el futuro. La actualización del banco también permite la correcta manipulación por parte del docente y estudiantes, lo que permitirá evitar lesiones y riesgos para la salud de estos.

La creación y desarrollo de los bancos didácticos ha permitido a los estudiantes desarrollar competencias y habilidades en equipos que manejarán a lo largo de su formación tecnológica y profesional. Para el dicho proceso de aprendizaje es necesario que estos implementos cuenten con la actualización requerida acorde a la tecnología actual ya que de esta manera es posible recrear casos similares a la vida real.

6 Actualización del sistema de fuerza en el banco didáctico de pruebas y arranque de motores trifásicos para prácticas de laboratorio con estudiantes de tecnología e ingeniería de la universidad Antonio Nariño sede Cúcuta, Norte de Santander

---

Reacondicionar el banco de prueba implico agrupar y alcanzar los requerimientos necesarios y establecidos por las normas vigentes; adicionalmente, diseñar y construir un nuevo modelo de banco que cuente con la tecnología actual para garantizar un mejor proceso de enseñanza – aprendizaje.

## **2.Referentes Teóricos**

### **2.1 Antecedentes**

Teniendo A continuación, se presentan varios antecedentes sobre la implementación de bancos de motores eléctricos; se podrá observar su importancia, los resultados que se obtuvieron y las conclusiones de cada uno de los proyectos realizados.

#### **2.1.1 A nivel nacional**

A nivel nacional, se tiene el proyecto realizado en la Universidad Industrial de Santander en su facultad de ingenierías físico-mecánicas, Contreras & Sánchez (2010), implementaron un banco de pruebas para motores eléctricos monofásicos y trifásicos, asincrónicos.

También, se pudo denotar que en la universidad Tecnológica de Pereira en su facultad de tecnologías, Quintero (2015) implementó un banco de pruebas para un motor monofásico y uno trifásico asincrónico con un tablero de control ya diseñado e implementado para el arranque de un motor trifásico en estrella delta y el arranque de un motor monofásico con condensador, este proyecto incluía contactores, botones pulsadores, protecciones industriales, además le fue incluido un sistema de medición para poder graficar por medio del programa LABVIEW los diferentes comportamientos de corriente, voltaje, par de arranque y poder ser visualizados gráficamente por medio del programa. Este proyecto busca como resultado obtener una visualización gráfica del comportamiento de los motores eléctricos, pero los estudiantes no pueden realizar cambios en los esquemas de fuerza y mando o sugerir futuras conexiones, ya que estas conectadas, marcadas, organizadas y rotuladas a las canaletas de organización y a sus cajas de distribución.

Además, Cabezas & Lozano (2013) de la Corporación Universitaria Minuto de Dios “UNIMINUTO” realizaron el montaje de un banco de prueba para arranque de motores.

Finalmente, Cruz (2019) diseño un banco didáctico para prueba de motores eléctricos bifásicos y trifásicos en laboratorio de electrónica de la Universidad Católica de Colombia, presento el diseño, implementación de un banco didáctico para pruebas de motores eléctricos bifásicos y trifásicos, que serán usados en el laboratorio de electrónica, el cual es de gran importancia para la enseñanza de temas relacionados con motores eléctricos. Este banco sirve como apoyo de materias teórico - prácticas como: redes industriales, electrónica industrial y control automático. Este banco de pruebas permite conocer, visualizar y analizar los comportamientos de voltajes, corrientes, frecuencias y potencias, de motores más comunes encontrados en la industria, como son los motores eléctricos trifásicos de 3, 6, y 9 bornes, motores bifásicos y motores monofásicos.

### **2.1.2 A nivel internacional**

A nivel internacional, se pueden destacar los siguientes proyectos:

En la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador, Alvarado, Proaño, & Vera, (2010) realizaron el diseño, la construcción y la implementación de un banco de pruebas para control de motores industrial programable, los estudiantes utilizaron múltiples contactores, botones pulsadores, indicadores de luz, medidores, un PLC, un variador de velocidad y un logo .Inicialmente, diseñaron la distribución del banco con sus respectivos elementos, elaboraron en AutoCAD la imagen y simbología de los automatismos industriales, facilitando con esto que los estudiantes logran identificar fácilmente las conexiones que se podrían realizar, con el diseño previamente hecho. Por consiguiente, incorporaron unos manuales para poder dar un uso efectivo a los elementos implementados y poder conseguir el máximo provecho de estos.

Por otro lado, en la Universidad Nacional Autónoma de México, Rodríguez (2014) diseñó y construyó un banco de pruebas para caracterizar motores eléctricos monofásicos de arranque por condensador, la idea de este proyecto era poder identificar similitudes en



los arranques de motores monofásicos en comparación con un trifásico, teniendo en cuenta las especificaciones técnicas sugeridas por el cliente, de tal modo que se pudiera ajustar el motor a diferentes ángulos y diferentes tensiones de voltaje.

También en la Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, en donde Cortes, Guevara, & Rodriguez (2014) estudiantes de ingeniería electrónica desarrollaron un Banco de prueba para un motor asincrónico trifásico, en el cual se incorporaron diferentes medidores de variables, protectores industriales, selectores de voltaje y posición, pilotos indicadores, contactores electromagnéticos y un variador de velocidad. Con este proyecto los estudiantes pueden realizar diferentes tipos de conexiones como son: Los arranques de motores trifásicos en estrella triángulo y poder medir sus comportamientos como son: Voltajes, corrientes, frecuencias, sentidos de giro, vatios consumidos. Este proyecto está abierto a múltiples conexiones, ya que consta de bananas terminales y un motor de 6 bornes para estos montajes.

Finalmente, en la Universidad Politécnica de Cataluña, Pamias (2014), realizó un banco para el arranque de motores a base de un PLC SIEMENS, con el cual se pueden hacer múltiples conexiones, no solo de motores trifásicos, si no también, cualquier dispositivo que requiera ser controlado de un PLC. Este banco de pruebas es abierto a cualquier diseño e implementación a cualquier arranque de estrella – delta, secuencia de giro y cascada, para encendido de motores.

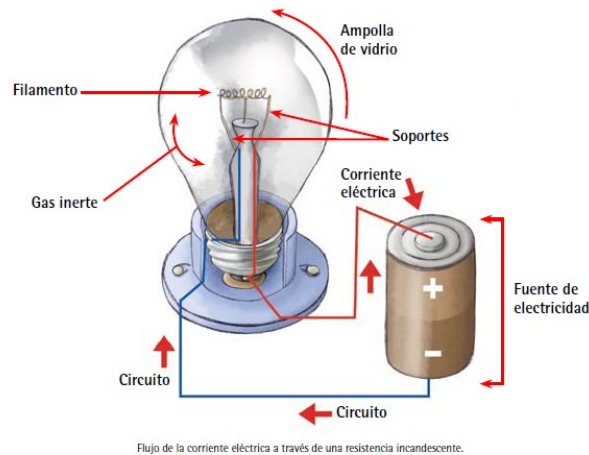
## **2.2 Bases conceptuales**

Los principales fundamentos conceptuales que sustentan el proyecto están relacionados corriente eléctrica, motores eléctricos y banco de pruebas.

### **2.2.1 La Corriente eléctrica**

Para García (2020), la corriente eléctrica “es la circulación de cargas o electrones a través de un circuito eléctrico cerrado, que se mueven siempre del polo negativo al polo positivo de la fuente de suministro de fuerza electromotriz (FEM)”, como se observa en la Figura 2-1.

**Figura 2-1:** Circuito eléctrico cerrado



Fuente: Córdova, 2009, p. 21

De acuerdo con la Figura 2-1, una fuente de fuerza electromotriz (FEM) es cualquier dispositivo capaz de poner en movimiento las cargas eléctricas negativas cuando se cierre el circuito eléctrico Nieto (2016, p. 47).

## 2.2.2 Cableado

**Conductor fásico y neutro.** En circulación de la corriente se necesitan dos conductores: el fásico y el neutro (“vuelta”). Entre estos existe una diferencia de potencia y cuando entran en contacto, circula la electricidad (Cabezas & Lozano, 2013, p. 18).

**Toma de tierra o puesta a tierra (PAT).** Es una parte del sistema eléctrico y es de vital importancia para la seguridad de personas y equipos, porque protege de diferencias de potencial peligrosas ya que no es un elemento visible. (Aplicaciones Tecnológicas, 2018).

**Fase eléctrica.** Línea a la que se aplica una tensión (en voltios) y corre una corriente (en Amperios). Las instalaciones se alimentan con tensión (1) monofásica 220V compuesta por una fase y un neutro; (2) trifásica 380V compuesta de 3 fases más neutro. (Cabezas & Lozano, 2013, p. 19).

**Colores:** En la electricidad, la seguridad es una preocupación, de allí que se utiliza un código de colores estándar (Ver figura 2-2). Cuando se instala un circuito eléctrico, se debe respetar estos códigos. (De Pedro, 2009, p. 8).

**Figura 2-2:** Código de Colores para Conductores - Tabla 13 del RETIE.

SISTEMA	MONOFÁSICO		TRIFÁSICO				
			(Y) ESTRELLA		(Δ-) DELTA	(Δ) DELTA	
Tensión (V)	120	120/240	208/120	480/277	240/208/120	240	480
Fases	1	2	3	3	3	3	3
Neutro	1	1	1	1	1	N/A	N/A
Fases	Negro	Negro	Amarillo	Amarillo	Negro	Negro	Amarillo
		Rojo	Azul	Naranja	Naranja	Azul	Naranja
			Rojo	Café	Azul	Rojo	Café
Neutro	Blanco	Blanco	Blanco	Gris	Blanco	N/A	N/A
Tierra de Protección	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde
Tierra Aislada	Verde amarillo	Verde amarillo	Verde amarillo	N/A	Verde amarillo	N/A	N/A

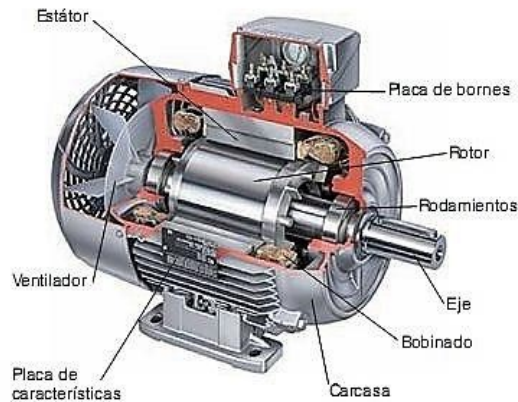
Fuente: <https://www.centelsa.com.co/archivos/d241a0a2.pdf>

## 2.3 Marco teórico

### 2.3.1 Motor eléctrico

Es una máquina que transforma energía eléctrica en mecánica a través de la interacción electromagnética. En la Figura 2-3 se muestran un motor eléctrico de ½ hp.

**Figura 2-3:** Motor eléctrico trifásico



Fuente: Cruz, 2019, p. 27.

Un motor para funcionar se vale de las fuerzas de atracción y repulsión que existen entre los polos. los polos de un motor deben estar alternados para que se repelen entre sí, y dar un movimiento de rotación.

A continuación, se describen algunas partes del motor eléctrico.

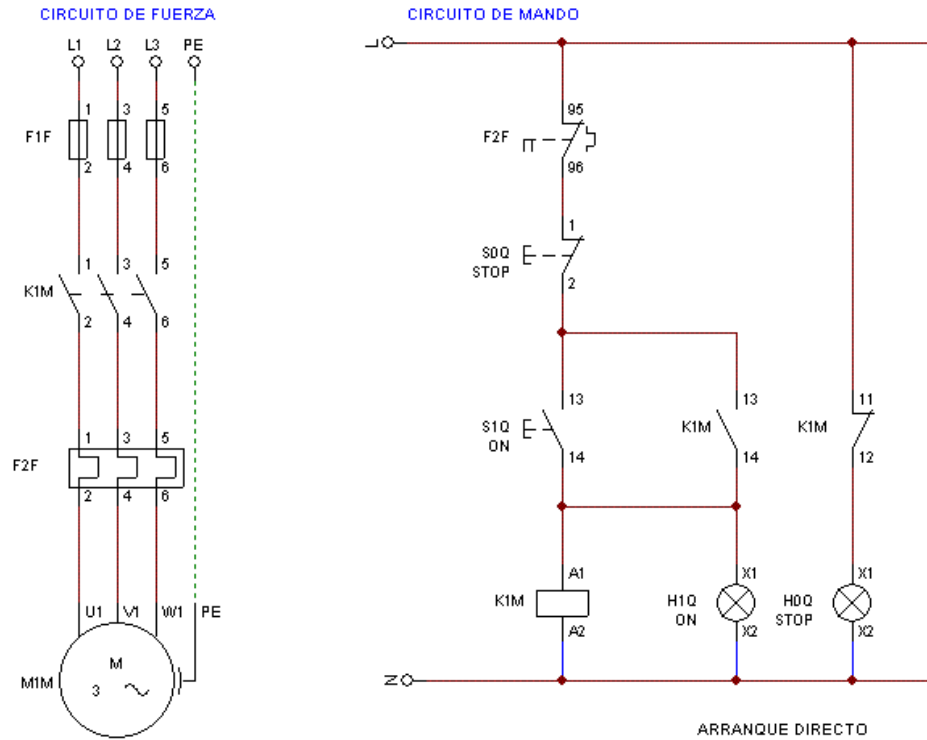
- **Estator.** Es la base donde se lleva a cabo la rotación, es la parte fija del motor, y donde van los devanados del motor, en los motores trifásicos hay tres devanados desfasados 120 grados entre sí.
- **Rotor.** Es el que realiza la transferencia mecánica, ya que en él se ve la transferencia de energía eléctrica a mecánica.

### 2.3.2 Arranque de motores trifásicos

los motores se pueden arrancar de diferentes formas, dependiendo del uso, y mecanismos de conexiones.

**Arranque directo.** en este tipo de arranque la intensidad absorbida es 5 a 7 veces mayor que la nominal a plena carga, por tanto, no se recomienda para motores de alta potencia, ya que podría afectar la parte mecánica del motor, y la red eléctrica que lo alimenta (ver Figura 2-4)

**Figura 2-4:** Circuito de fuerza y control - arranque directo



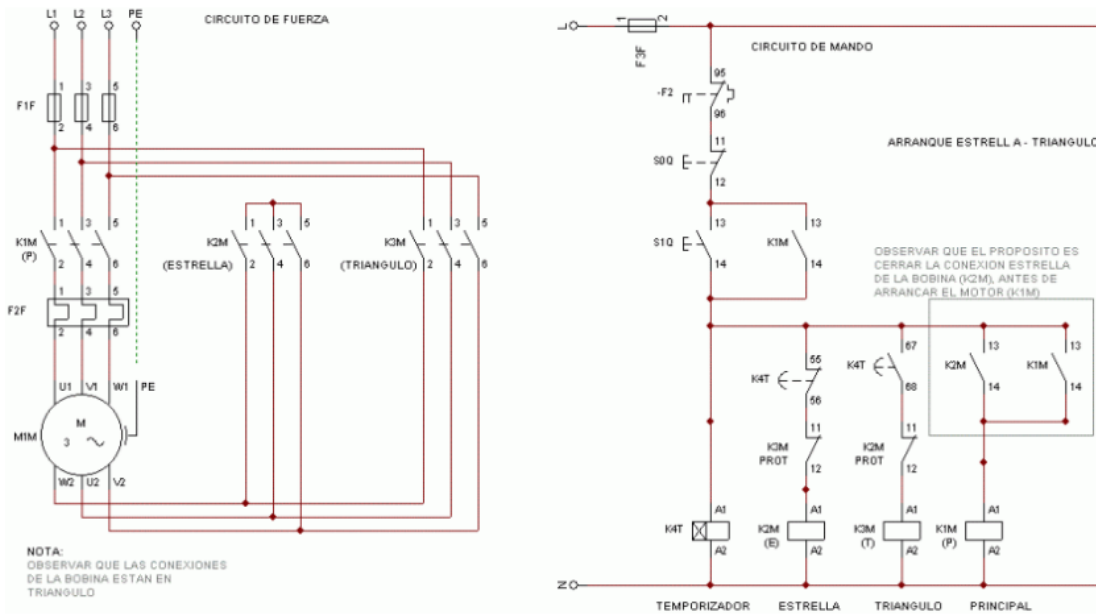
Fuente: Cruz, 2019, p. 29.

**Arranque estrella delta.** este tipo de arranque se debe iniciar en el orden de estrella a delta, para poder obtener un arranque suave de motores, este cambio se puede realizar desde el diagrama de mando accionando botones pulsadores en secuencia o por medio de un temporizador que ejecute el cambio de un estado a otro. El consumo de corriente se reduce en un tercio respecto al arranque directo, y el cambio de estrella a delta debe hacer, después que el motor adquiera una velocidad superior al 80 por ciento de la velocidad nominal.

El arranque estrella delta es utilizado en motores que tienen 6 terminales de fase al exterior y el voltaje nominal en la conexión triángulo es correspondiente al de la red los cuales son 220 y 380 voltios. (Bernal, 2010, p. 18) (Ver Figura 2-5 y Figura 2-6).

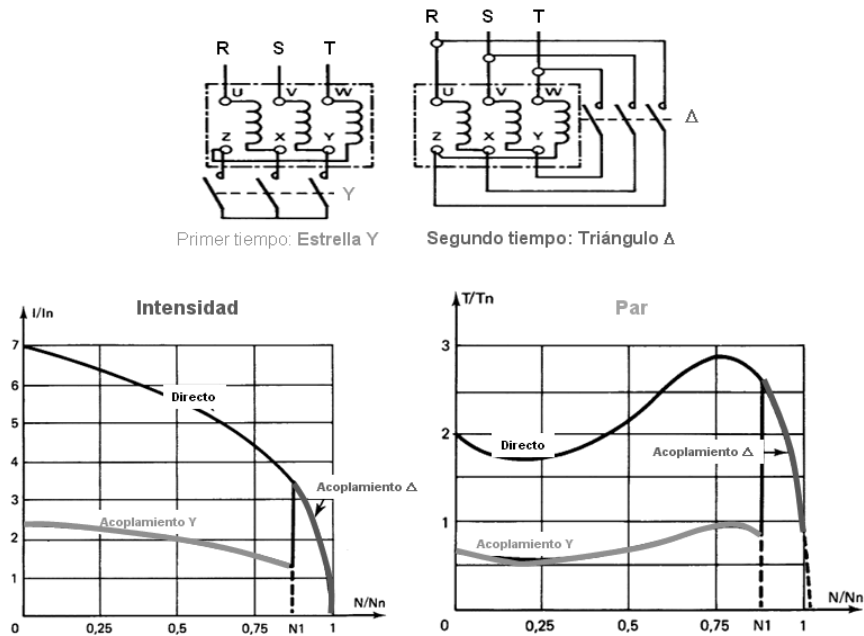
**Figura 2-5:** Circuito de fuerza y control arranque estrella-triángulo

14 Actualización del sistema de fuerza en el banco didáctico de pruebas y arranque de motores trifásicos para prácticas de laboratorio con estudiantes de tecnología e ingeniería de la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta, Norte de Santander



Fuente: Cruz, 2019, p. 26.

Figura 2-6: Diagrama de la corriente y del par en un arranque estrella- triángulo.



Fuente: Cruz, 2019, p. 27.

### 2.3.3 Automatismos

Son circuitos de maniobra que permiten el mando y regulación de máquinas eléctricas.

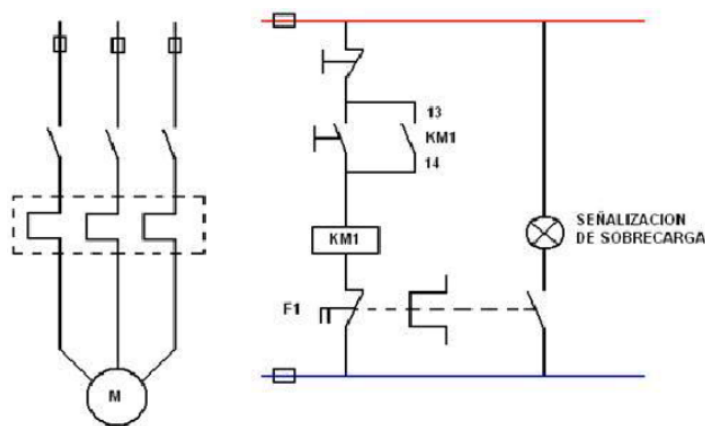
**Circuito de fuerza.** El circuito de fuerza es aquel donde se conectan los dispositivos como motores, contactores de 40 amperios y que soportan altas corrientes al momento de su accionamiento. Los voltajes en estas conexiones de fuerza podrían ser altos en el orden de 220V y 440V que resultaría ser perjudiciales hasta mortales para el ser humano.

**Circuito de Mando.** El circuito de mando es aquel donde se conectan los dispositivos como bobinas, pilotos, botones pulsadores, que no requieren gran consumo de corriente y se podrían manejar a bajas tensiones como son desde los tres voltios hasta los 220V, pero del orden de 1 Amperio.

En este esquema de mando se configura el orden que debe seguir el circuito de Fuerza para evitar cortocircuitos o arranque de motores indeseados.

El circuito de fuerza y de mando son los que se encargan de proteger al motor eléctrico de una sobrecarga (Ver Figura 2-7)

**Figura 2-7:** Ejemplo de circuito de mando



Fuente: Barreto, 2007.

**Circuito de fuerza.** Consta de tres fusibles que están conectado independientemente a cada una de las líneas L1, L2 y L3, las cuales se conectan a la entrada de los contactos

principales (CP) del arrancador magnético y la salida a la protección térmica (PT) y después al motor (M), para suministrarle energía (Barreto, 2007).

**Circuito de mando.** Compuesto por dos botones, donde el *star* está conectado a L1 por medio de un fusible y después al *stop*; la conexión entre L1 y *star* y *star-stop* se conecta el contacto auxiliar (CA) del arrancador magnético, del segundo contacto del *stop* a uno de los contactos de la bobina (B) del arrancador magnético, del otro contacto de la misma (b) al contacto normalmente cerrado (NC) de la protección térmica (PT), y de ahí a la L3, cerrando de esta forma el circuito (Barreto, 2007).

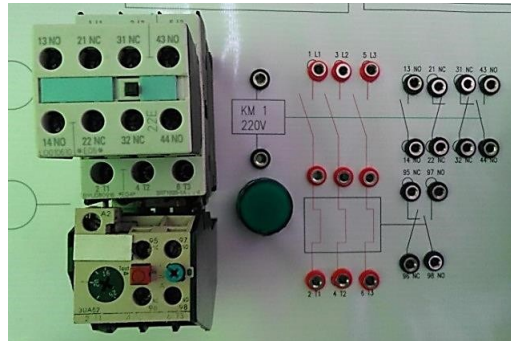
**Funcionamiento de los circuitos de fuerza y de mando.** El circuito de fuerza se compone de fusibles, contactos de la línea y elementos calentadores de las protecciones térmicas y la energía eléctrica va al devanado del estator gobernado (Lagos, 2015, p. 6).

**Contactores, auxiliares y relés térmicos.** el contactor es un aparato eléctrico de mando, con el que se puede cerrar o abrir circuitos, ya sea en vacío o en carga. es el encargado de la apertura y cierre de circuitos eléctricos de motores. está conformado por bobina, contactos abiertos y cerrados, son interruptores de apertura y cierre de la corriente en el circuito.

El auxiliar es un dispositivo que se adiciona físicamente el contactor para ser accionado mecánicamente por el mismo contactor y de este modo tener más opciones de conexión en los circuitos de mando.

El relé térmico es un dispositivo que se acopla al contactor para dar protección al motor en caso de sobrecargas o sobrecalentamientos, su función principal es accionar sus contactos normalmente cerrado y abierto ubicado en la parte superior del mismo, y con este fin poder desconectar diagramas de mando. Como se ilustra en la Figura 2-8 se muestra un contactor con auxiliar y relé térmico a 220 v.



**Figura 2-8:** Contactor con auxiliar y relé térmico de 220 v

Fuente: Cruz, 2019, p. 31.

**Temporizadores.** son elementos que se utilizan para dar marcha o paro a un sistema después de cierto tiempo, también son usados para dar retardos en la conexión, desconexión y conexión – desconexión de contactores. La conexión y desconexión de contactores puede ser muy rápida y por consiguiente se podría generar un corto circuito ya que un contactor no ha terminado de desconectarse y al mismo tiempo otro estaría en conexión, es el caso arranque estrella delta donde dos contactores no pueden estar conectados al mismo tiempo o de lo contrario se produce un corto circuito entre contactores.

**Temporizador magnético.** es aquel que está conectado físicamente al contactor de modo que en el momento de accionarse el contactor el inicia una cuenta regresiva para finalmente accionar sus contactos normalmente cerrado y abierto ubicado en la parte superior del mismo, y con este fin poder desconectar diagramas de mando, en la Figura 2- 9 se muestra un temporizador neumático para contactor.

**Figura 2-9:** Rele termico

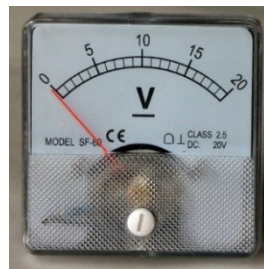
Fuente: Cruz, 2019, p. 33.

### 2.3.4 Medidores de variables

En el banco de motores eléctrico didáctico se manejarán diferentes variables como son voltajes, corrientes, y sentidos de giro por tal motivo se implementará diferentes equipos de medición.

**Voltímetros:** Instrumento que mide la diferencia de potencial entre dos puntos en un circuito eléctrico (Guerrero, 2017, p. 4) (Ver Figura 2-10 y Figura 2-11).

**Figura 2-10:** Voltímetro analógico



Fuente: Cruz, 2019, p. 34.

**Figura 2-11:** Voltímetro digital



Fuente: Cruz, 2019, p. 34.

**Amperímetros:** es un aparato utilizado para medir la intensidad o corriente eléctrica (Ver Figura 2-12 y Figura 2-13).

**Figura 2-12:** Amperímetro analógico

Fuente: Cruz, 2019, p. 35.

**Figura 2-13:** Amperímetro digital

Fuente: Cruz, 2019, p. 35.

### 2.3.5 Cálculo el consumo de energía de un motor trifásico

Los circuitos trifásicos distribuyen energía eléctrica a lo largo de múltiples conductores en la misma línea de energía. La forma de onda actual de cada conductor se compensa en el tiempo con respecto a los demás. Esto permite que se transmita más potencia en una línea a un voltaje más bajo, lo que aumenta la eficiencia sin sacrificar la seguridad. Para los motores trifásicos, hay una ventaja adicional: la fuente de alimentación trifásica proporciona una forma de onda más suave (en efecto, un suministro de electricidad más equilibrado).

Hay que comprender la diferencia en cómo se calcula el consumo de energía para los circuitos de energía normales y trifásicos. En un circuito eléctrico normal, la potencia (en vatios) es igual al voltaje multiplicado por el amperaje. Para un circuito trifásico, la potencia equivale al voltaje por el amperaje por la  $\sqrt{3}$ .

Posteriormente, se determina el voltaje y el amperaje cuando el motor está funcionando.

La mayoría de los motores trifásicos son dispositivos grandes y tienen sus propias lecturas. Sin embargo, puede medir la corriente (amperios) en algunos casos. Un amperímetro calificado para aplicaciones trifásicas hará el trabajo y funciona de manera muy similar a un amperímetro ordinario. Conecte el motor al amperímetro y el amperímetro a la línea de alimentación. Tenga mucho cuidado al seguir las instrucciones del fabricante, porque las aplicaciones trifásicas generalmente consumen mucha energía.

Para calcular el consumo de energía (potencia - W) en un motor trifásico se multiplica los amperios (A) por los voltios (V) por la  $\sqrt{3}$  ( $W = AV\sqrt{3}$ ).

Por último, se convierten los vatios a kilovatios dividiendo la cantidad por 1000. Por lo tanto, un motor eléctrico trifásico que consume 12.975 vatios consume 12.975 kilovatios. Durante una hora, esto equivale a 12.975 kilovatios / hora.

### 2.3.6 Protección de motores

Los elementos del circuito de fuerza deben estar debidamente protegidos contra cortocircuitos y sobrecargas, por tal motivo se usan breakers trifásicos, bifásicos y monofásicos y un totalizador. La Figura 2-14 muestra los diferentes tipos de breakers.

**Figura 2-14:** Breakers trifásicos, bifásicos y monofásicos.



Fuente: Cruz, 2019, p. 35.

El arranque o parada total de los motores estará comandada desde un contactor de 40 amperios el cual garantiza un inicio y parada segura en caso de errores. Un contactor no detecta altos consumos de corriente, por tal motivo es necesaria hacer uso del térmico, el cual, en caso de recalentamientos o altos consumos de corriente, acciona sus contactos auxiliares los cuales son usados para desenergizar el sistema y poder parar de modo seguro. En la Figura 2-15 se muestra el térmico con sus contactos auxiliares.

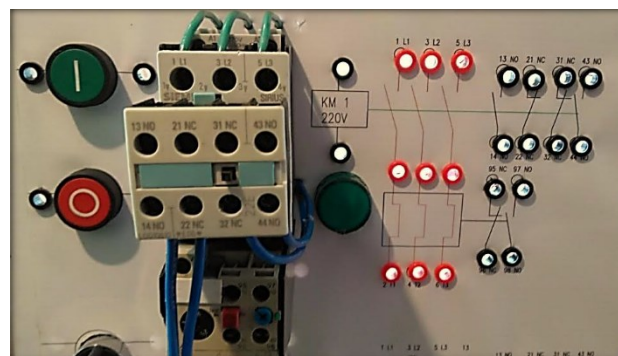
**Figura 2-15:** Térmico con contactos auxiliares



Fuente: Cruz, 2019, p. 36.

Se instala el cableado desde el contactor hacia la parte trasera del módulo, para ser soldada a las bananas como se muestra en la Figura 2-16, cableando desde el contactor hacia las bananas, para ser soldadas.

**Figura 2-16:** Conexión del contactor

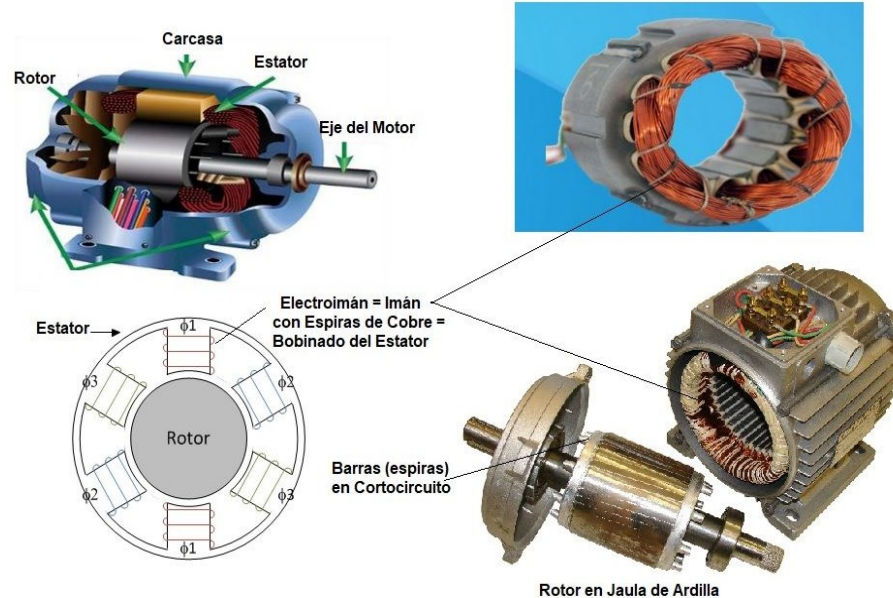


Fuente: Cruz, 2019, p. 37.

### 2.3.7 Funcionamiento del motor

Se fundamenta en la creación de una corriente inducida en un conductor cuando este corta las líneas de fuerza en un campo magnético, lo que crea una fuerza que mueve el rotor del motor (Cabezas y Lozano, 2013). Además, la Ley de Lenz, establece el sentido de la corriente y cada conductor está sujeto a una fuerza (F) en sentido opuesto a su propio movimiento en relación con el campo de inducción. Para definir la dirección F en cada conductor se usa la regla de la mano derecha (acción de campo sobre una corriente) (Ver Figura 2-17).

Figura 2-17: Funcionamiento del motor



Fuente: Farina, 2018

**Deslizamiento.** La diferencia entre la velocidad angular de sincronismo ( $N_s$ ) y la velocidad angular del rotor ( $N_m$ ) se denomina velocidad de deslizamiento ( $s$ ) la cual es un porcentaje de la velocidad de sincronismo (ver Ecuación (2.1) (Schneider-electric, s.f., p.39):

$$s = \left[ \frac{(N_s - N_m)}{N_s} \right] * 100 \quad (2.1)$$

**Estructura.** Un motor trifásico consiste en dos partes: un estator (inductor) y un rotor (inducido) (Cabezas & Lozano, 2013, p.2 4).

- **Estator.** Es la parte inmóvil de motor con cuerpo de acero o aleación ligera que alberga un anillo de finas chapas de acero al silicio (aprox. 0.5mm de grosor). Las chapas con muescas para el devanado estatórico, produce el campo rotativo. Para un motor trifásico son tres devanados que se compone de varias bobinas que determina el número de pares de polos del motor y por tanto la velocidad de rotación (Cabezas & Lozano, 2013, p.2 4). (Ver Figura 2-18).

**Figura 2-18:** Estator



Fuente: Farina, 2018.

- **Rotor.** Es la parte móvil del motor (Ver Figura 2-19), consiste en chapas aisladas unas de otras, lo que forma un cilindro solidario al eje del motor (Schneider-electric, s.f., p.40).

**Figura 2-19:** Rotor



Fuente: Farina, 2018.



### 2.3.8 cálculo de la potencia y del par motor

La potencia se calcula de la forma siguiente (Siemens, 2011) (ver Ecuación (2.2):

$$P(Kw) = \frac{M.n}{9.55 \cdot 1000} \quad (2.2)$$

Donde:

$P$  = potencia ( $kw$ )

$M$  = par motor ( $nm$ )

$n$  = velocidad de rotación ( $rpm$ )

Como se trata de una fuerza ( $F$ ) que describe un movimiento rectilíneo con una velocidad ( $v$ ), la potencia ( $P$ ) es (ver Ecuación (2.3):

$$P = F \cdot v \quad (2.3)$$

Donde:

$P$  = potencia ( $nm/s$ )

$F$  = fuerza ( $N$ )

$c$  = velocidad ( $m/s$ )

El equivalente de una fuerza sometida a movimiento rectilíneo es el par motor (ver Ecuación (2.4):

$$M = 9.55 \frac{F \cdot v}{n} \quad (2.4)$$

### 2.3.9 Arranque y protección

Existen varios sistemas de arranque que se diferencian en las especificaciones del motor y la carga. Para la elección se tiene en cuenta factores eléctricos, mecánicos, económicos y el tipo de carga. (Cabezas & Lozano, 2013, p. 27).

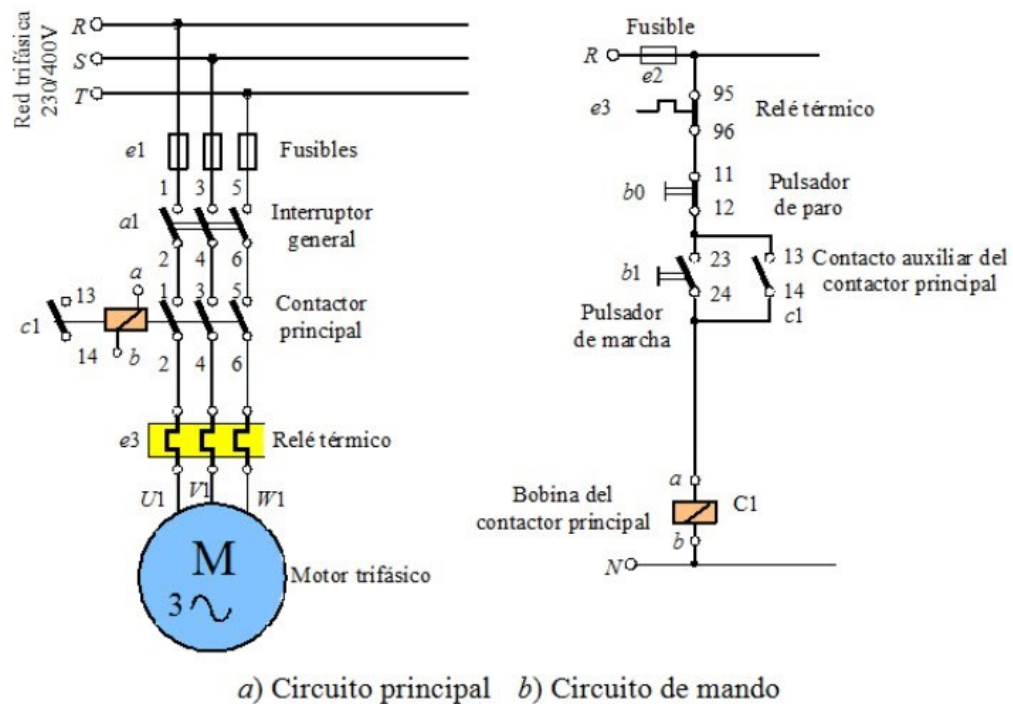


### 2.3.10 Principales modos de arranque

**Arranque directo.** Es el modo de arranque más sencillo en el que el estator se acopla de forma directa a la red (ver Figura 2- 20). Pero a pesar de las ventajas que ofrece (sencillez, rapidez, bajo coste, entre otros), solo es posible utilizarlo en las siguientes situaciones:

- La potencia del motor es débil con respecto a la de la red, para limitar las perturbaciones que provoca la corriente solicitada.
- La máquina accionada no requiere un aumento progresivo de velocidad y dispone de un dispositivo mecánico que impide el arranque brusco.
- El par de arranque deber ser elevado (Schneider-electric, s.f., p. 62)

**Figura 2-20:** Esquema eléctrico de un arranque directo con guardamotor

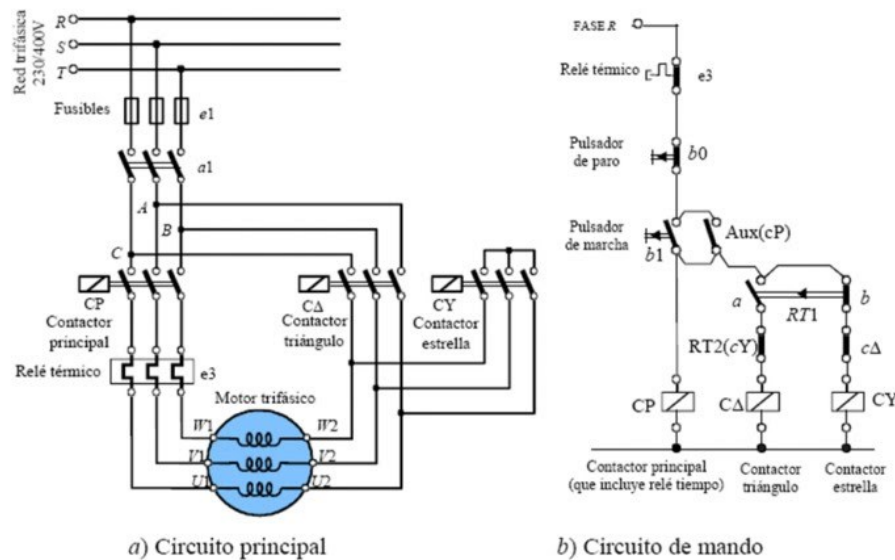


Fuente: Fraile, 2008

**Arranque estrella-triángulo.** Este modo de arranque solo es posible usarlo (Ver Figura 2-21) en motores en donde las dos extremidades de cada uno de los tres devanados estatórico vuelvan a la placa de bornes. Además, el devanado se debe realizar de

manera que el acoplamiento en triángulo corresponda a la tensión de la red, lo que equivale a dividir por  $\sqrt{3}$ , la tensión nominal del motor en estrella (Telemecanique, s.f.). El arranque estrella-triángulo es apropiado para las máquinas cuyo par resistente es débil o que arrancan en vacío.

**Figura 2-21:** Arranque estrella-directo



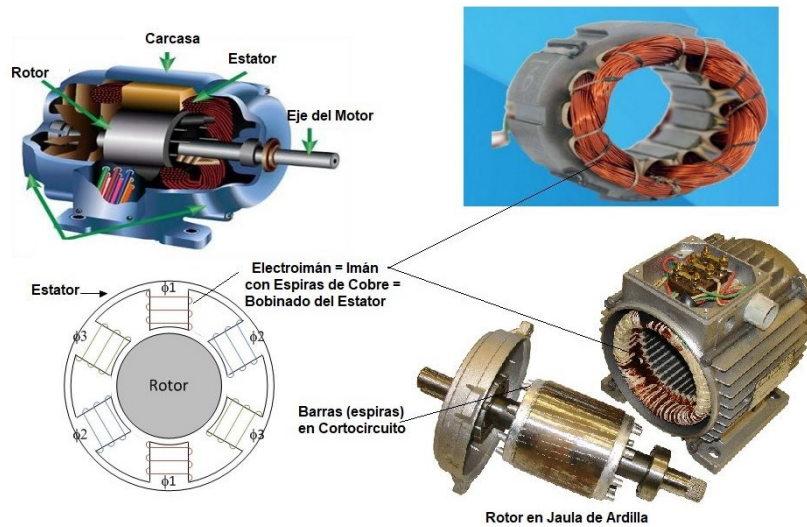
Fuente: Fraile, 2008

## 2.4 Banco de pruebas

Márquez, Ramírez y Tovar (2013), lo definen como un soporte para experimentación de proyectos. Así mismo, ofrecen una forma de comprobación repetible de teorías científicas, elementos computacionales, y otras tecnologías. El término se usa para describir un ambiente de desarrollo que está protegido de los riesgos de las pruebas en un ambiente de producción. Sirve como método para probar un módulo particular en forma aislada, el cual puede ser implementado como un entorno de pruebas.

### 2.4.1 Componentes que hacen parte del banco de pruebas

**Figura 2-22:**  
Motor



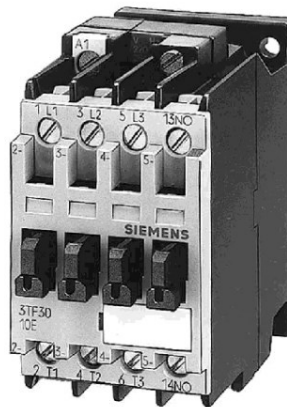
trifásico

Fuente: Farina, 2018.

### 2.4.2 El contactor

Es un mecanismo que permite cerrar unos contactos, para dar paso a la corriente a través de ellos, ya que se comporta como electroimán que atrae dichos contactos (Vilches, s.f., p.1) (Ver Figura 2-23).

**Figura 2-23:** Aspecto físico del Contactor



Fuente: Vilches, s.f., p.1.

**Aspecto físico:** Compuesto por:

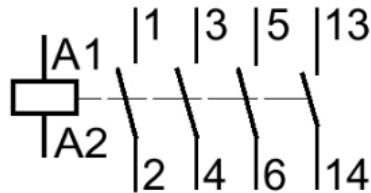
- **Contactos principales:** 1-2, 3-4, 5-6, que tienen por finalidad abrir o cerrar el circuito de potencia o fuerza.
- **Contactos auxiliares:** 13-14 (NO). Se emplean en el circuito de mando, por este motivo soportarán menos intensidad que los principales.

**Circuito electromagnético.** Consta de tres (3) partes:

- Parte fija: El núcleo (en forma de E)
- Parte móvil: La armadura.
- La bobina: a1 - a2

**Símbolo:** Ver Figura 2-24.

**Figura 2-24:** Símbolo del Contactor



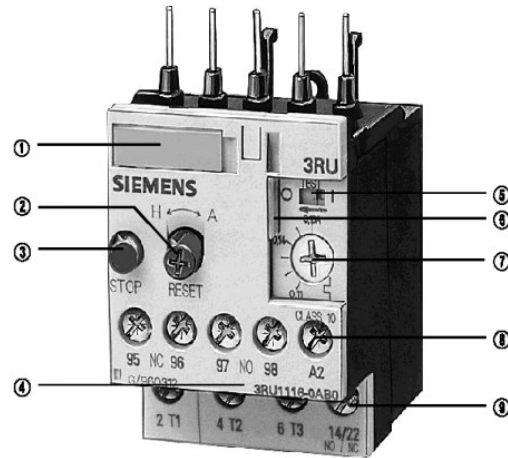
Fuente: Vilches, s.f.

### 2.4.3 El relé de sobrecarga térmico

Es un mecanismo que sirve como elemento de protección para el motor. Su tarea es la de desconectar el circuito cuando la intensidad consumida por el motor, supera durante un corto tiempo la permitida por este, lo que evita que el bobinado se queme. Esto se da porque consta de tres (3) láminas bimetálicas con sus bobinas calefactoras que cuando son recorridas por una determinada intensidad, provocan el calentamiento del bimetálico y la apertura del relé. (Cabezas & Lozano, 2013, p. 31)

En las Figuras 2-25 y 2-26 se puede apreciar el aspecto físico y el símbolo del relé de sobrecarga térmico.

**Figura 2-25:** El relé de sobrecarga térmico

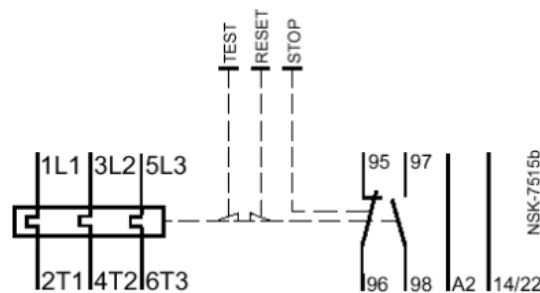


Fuente: Vilches, s.f., p. 1.

- (1) Plaquita de características
- (2) Conmutador selector RESET manual/automático
- (3) Tecla STOP
- (4) No. de pedido completo en el frontal del aparato
- (5) Indicación del estado de conexión y función de prueba TEST
- (6) Cubierta transparente precintable (para proteger el tornillo de ajuste de la intensidad, la función TEST y el posicionamiento de RESET manual/automático)
- (7) Tornillo de ajuste de la intensidad
- (8) Borne de repetición de bobina (con montaje a contactor)
- (9) Borne de repetición de contactos auxiliares (con montaje a contactor)

**Símbolo.** Ver Figura 2-26.

**Figura 2-26:** Símbolo del relé de sobrecarga térmico



Fuente: Vilches, s.f., p. 3.

## 2.4.4 El interruptor automático magneto térmico

Su tarea es la de proteger a la instalación y al motor, cuando se abre el circuito en las siguientes situaciones: en cualquier punto de la instalación (**cortocircuito**) y cuando la intensidad consumida en un instante, supera la intensidad a la que está calibrada el magneto térmico (**sobrecarga**) (Becerra, 2018).

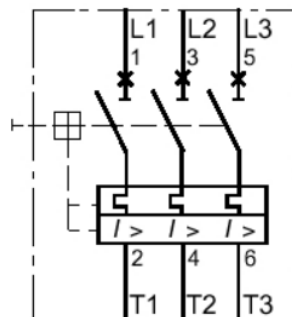
En las Figuras 2-27 y 2-28 se puede ver la apariencia física y el símbolo del interruptor automático magneto térmico.

**Figura 2-27:** Interruptor automático magneto térmico



Fuente: Vilches, s.f., p. 4.

**Figura 2-28:** Símbolo del interruptor automático magneto térmico

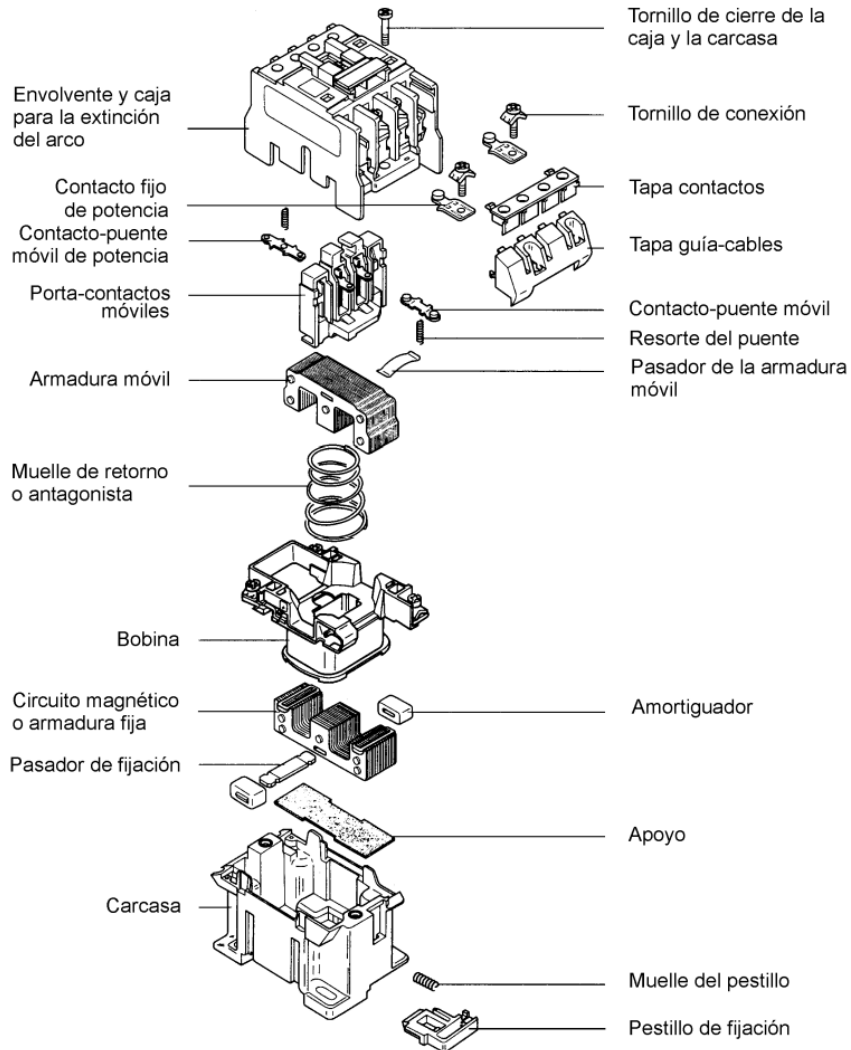


Fuente: Fuente: Vilches, s.f., p, 4.

### 2.4.5 Composición de un contactor electromagnético

**El electroimán.** Es el elemento motor del contactor conformado por el circuito magnético y la bobina. El circuito magnético incluye un entrehierro reducido en posición *cerrado* que evita que se produzcan remanencias. (Cabezas & Lozano, 2013, p. 33).

**Figura 2-29:** Despiece de un Contactor



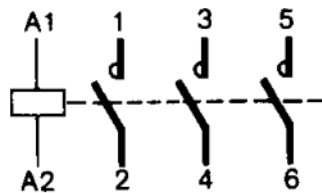
Fuente: Schneider, 2009.

**La bobina.** Genera el flujo magnético para atraer la armadura móvil del electroimán. Está diseñada para soportar los choques mecánicos que provocan el cierre y la apertura de los circuitos magnéticos y los choques electromagnéticos que se producen cuando la

corriente recorre las espiras para atenuar los choques mecánicos. Las bobinas que se utilizan hoy en día son muy resistentes a las sobretensiones, a los choques y a los ambientes agresivos.

**Los polos.** Se encargan de establecer o interrumpir la corriente en circuito de potencia y, por consiguiente, permiten el paso de la corriente nominal del contactor en servicio continuo sin calentamiento anormal y soportar el arco que se crea cuando se corta la corriente. Están compuestos por parte fija y otra móvil, esta última dotada con resortes que aplican una presión adecuada a los contactos. Están equipados con contactos de plata-óxido de cadmio, material inoxidable, de una gran resistencia mecánica y que soporta el arco eléctrico. Para ciertos casos, los contactos principales están cerrados en reposo y se abren cuando se alimenta la bobina (polos ruptores).

**Figura 2-30:** Los Polos



Fuente: Schneider, 2009.

**Los contactos auxiliares.** Se usan para la autoalimentación, el mando y enclavamiento, la señalización y las órdenes de apertura y cierre de otros circuitos. Hay tres tipos:

- Contactos instantáneos de cierre (NA o normalmente abiertos) cuando el contactor está en reposo, y cerrados cuando el electroimán está bajo tensión.
- Contactos instantáneos de apertura (NC o normalmente cerrado) cuando el contactor está en reposo, y abiertos cuando el electroimán está bajo tensión.
- Contactos instantáneos (NA/NC) cuando el contactor está en reposo. El estado de los contactos se invierte cuando se cierra el contactor. Los contactos temporizados NA o NC se establecen o se separan cuando ha transcurrido un tiempo determinado, después del cierre o la apertura del contactor que los activa (Cabezas & Lozano, 2013, p. 34-35).



## 2.4.6 Protección de motores

**Protección contra cortocircuitos.** Requiere de dispositivos electrónicos (relés de sobrecarga) o electromecánicos asociados a un dispositivo de corte (un disyuntor o contactor) o construidos dentro de arrancadores o variadores de velocidad electrónicos. además, protege el motor de las sobrecargas térmicas Cabezas & Lozano, 2013, p. 38).

## 2.5 Marco legal

### 2.5.1 Norma NTC-2050

La nueva versión del código eléctrico colombiano NTC 2050, es una norma acorde a la invención de tecnologías en un ámbito global relacionadas a la eficiencia energética, sin dejar de lado las técnicas y materiales que se pueden implementar en las instalaciones eléctricas.

El código eléctrico colombiano NTC 2050 está hecho para que resulte adecuada su utilización por organismos que tengan jurisdicción legal sobre las instalaciones eléctricas y para ser aplicado por personal autorizado. en tal caso, la autoridad con jurisdicción puede autorizar el uso de productos, construcciones o materiales que cumplan con los objetivos equivalentes de seguridad (NTC 2050 1998 p, 27).

En el código se encuentra la sección 310 relacionada con los conductores para instalaciones en general, los requisitos generales de los conductores y de sus denominaciones de tipos, aislamiento, rótulos, etiquetas, resistencia mecánica, capacidad de corriente nominal y usos. específicamente en la 310-12 habla sobre *identificación de los conductores*. en el código también se apoya en la *sección 430 sobre motores, circuitos de motores y controladores* que trata de los motores, de los conductores de los alimentadores y circuitos ramales y de su protección, de la protección de los motores contra sobrecargas, de los circuitos de control de motores, de los controladores de motores y de los centros de control de motores.

## 2.5.2 Reglamento RETIE

En el reglamento técnico de instalaciones eléctricas – RETIE se establecen los principales parámetros para tener en cuenta para que una instalación eléctrica sea lo más segura posible y garantizan la protección contra los riesgos eléctricos, no es una guía de diseño eléctrico y es de obligatorio cumplimiento en este país.

Específicamente, en *artículo 6º* relacionado con la *simbología y señalización*, en el *numeral 6.3* sobre *código de colores para conductores*, establece que, para evitar accidentes por errónea interpretación del nivel de tensión y tipo de sistema utilizado, se debe cumplir con el código de colores para conductores aislados de potencia.

El RETIE hace obligatorio los primeros siete capítulos de la norma eléctrica colombiana NTC2050, mediante el artículo 27.1 “aplicación de normas técnicas”. por eso son normas que se deben tener en cuenta en la actualización del banco didáctico. (Ver Figura 2-31)

**Figura 2-31:** Código de Colores para Conductores - Tabla 13 del RETIE.

SISTEMA	MONOFÁSICO		TRIFÁSICO				
			(Y) ESTRELLA		(Δ-) DELTA	(Δ) DELTA	
<b>Tensión (V)</b>	<b>120</b>	<b>120/240</b>	<b>208/120</b>	<b>480/277</b>	<b>240/208/120</b>	<b>240</b>	<b>480</b>
<b>Fases</b>	1	2	3	3	3	3	3
<b>Neutro</b>	1	1	1	1	1	N/A	N/A
<b>Fases</b>	Negro	Negro	Amarillo	Amarillo	Negro	Negro	Amarillo
		Rojo	Azul	Naranja	Naranja	Azul	Naranja
			Rojo	Café	Azul	Rojo	Café
<b>Neutro</b>	Blanco	Blanco	Blanco	Gris	Blanco	N/A	N/A
<b>Tierra de Protección</b>	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde

## 3. Metodología

### 3.1 Descripción del trabajo

El proyecto consiste en actualizar un banco de pruebas para arranque de motores trifásicos en la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta, donde se pueda medir su eficiencia, utilizando voltajes alternos en la cual se van a medir temperaturas, revoluciones y corrientes. El motor está montado sobre una base construida de madera y con marcos de lámina.

Con la actualización del banco se podrán desarrollar prácticas en el laboratorio que pueda ayudar al estudiante en su formación como tecnólogo. También se elaboró unas guías que permiten a los estudiantes y al docente seguir paso a paso el funcionamiento del motor.

**Banco didáctico para el manejo de un motor trifásico.** Es un dispositivo didáctico que permitirá de forma práctica de comprender cuál es el funcionamiento de un motor trifásico, distinguir sus etapas de operación y poder visualizar el comportamiento de este en los tipos de arranque que se tiene.

### 3.2 Recursos: humanos, materiales y financieros humano

Las personas a cargo del desarrollo del Trabajo de Grado Integral son el son Jefferson Arturo Botello Rangel, Estudiante de Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial de la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta, con la dirección del docente Msc. Oscar Orlando Guerrero Díaz.

### 3.3 Materiales y financieros.

**Tabla 3-1:** Recursos para la ejecución del proyecto

Recursos para la ejecución			
Recursos	cantidad.	Valor unitario.	Total.
Relé temporizador.	2	120.000	240.00

36 Actualización del sistema de fuerza en el banco didáctico de pruebas y arranque de motores trifásicos para prácticas de laboratorio con estudiantes de tecnología e ingeniería de la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta, Norte de Santander

Relé térmico.	1	80.000	80.000
Pulsador NO.	2	40.000	80.000
Pulsador NC.	1	40.000	40.000
Muletillas.	2	60.000	120.000
Totalizador de 40 amperios.	1	250.000	250.000
Contactores de 40 amperios.	3	120.000	360.000
Pilotos led verdes.	3	12.000	36.000
Pilotos led color rojo.	3	12.000	36.000
Piloto led color amarillo.	1	12.000	12.000
Kits terminales de ojo.	1	100.000	100.000
Cinta aislante roja	2	10.000	20.000
Cinta aislante amarilla.	2	10.000	20.000
Cinta aislante verde.	2	10.000	20.000
Termo encogible.	1 m	15.000	30.000
Estructura del banco.	1	360.000	360.000
Tomillería.	20	23.000	23.000
Cable N°10.	15 m	3.000	45.000
Cable N°12.	10 m	1.000	10.000
Cable N°16.	10 m	2.000	20.000
Edición e impresión.	1	50.000	50.000
Transporte.	120	1.800	216.000
Clavija para 220 trifásica.	1	30.000	30.000
Amperímetro digital.	1	130.000	130.000
Voltímetro digital.	1	130.000	130.000
Riel DIN	1	10.000	10.000
Gastos de trabajo de campo.	Varios.	30.000	60.000
Materiales consumibles.	Varios	33.000	66.000
Otros.	Varios.	20.000	40.000
TOTAL		1'684.800	2'634.000

## 4. Desarrollo del Banco Didáctico

En la actualidad el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Ingeniería se realizan en estrecha relación entre la parte teórica y práctica, es por esto por lo que se buscan métodos y dispositivos que articulen lo teórico-práctico, por eso el desarrollo de bancos de pruebas y/o simuladores acerca de situaciones prácticas permiten tener una adecuada visión y comprensión del fenómeno que está en estudio, así como de sus causas y efectos. Por lo tanto, un banco didáctico debe facilitar este proceso y que permita lo teórico-práctico para tener una comprensión global del tema que se estudia. Por eso características que debe un banco de pruebas de carácter didáctico están relacionadas con:

- **Facilitar el aprendizaje.** Debe poseer un lenguaje fácil para que el estudiante que lo utilice se relacione con él.
- **Relacionar el conocimiento teórico y práctico.** Debe estar fundamentado en la teoría del tema de estudio para que permita la implementación de la práctica, para que el estudiante comprenda y ejecute lo aprendido.
- **Visualizar.** Esto permite que el estudiante pueda comprender de forma real las características del tema objeto de estudio.

### 4.1 Analizar el estado actual del Banco Didáctico de pruebas con las normas vigentes del RETIE, NTC 2050, para funcionamiento. (Poner en marcha)

Teniendo en cuenta el estado actual del tablero didáctico con el cual cuenta los laboratorios de la Universidad Antonio Nariño se procede a realizar la inspección de todas las partes que componen el mismo y así tener un diagnóstico confiable y acertado que nos permita continuar con el desarrollo de nuestros objetivos (ver Figura 4-32).

**Figura 4-32:** Estado actual del tablero didáctico de la Universidad Antonio Nariño



Fuente: Autor

Una vez realizado el levantamiento de la información del estado actual del tablero didáctico de un sistema arrancador estrella-triángulo, con el que contaba la Universidad Antonio Nariño, se procede a realizar los ajustes y las reparaciones pertinentes. Adicionalmente se recopiló información sobre motores eléctricos, (componentes y funcionamiento), tipos de arranque, sistema de fuerza, mandos y control; normatividad vigente para realizar las adecuaciones en el tablero didáctico de un sistema arrancador estrella-triángulo.

#### 4.1.1 Características del tablero didáctico

El tablero didáctico actual cuenta con una estructura en acero de 70 cm de ancho por 1 metro de largo por 90 cm de alto, dividido en la parte frontal en cuatro segmentos con una cubierta de acrílico que permiten observar la estructura y organización interna, con perforaciones en la cubierta para la sujeción de los componentes integrados al mismo (Ver Fig. 4-33).

**Figura 4-33:** Características del tablero didáctico de la Universidad Antonio Nariño



Fuente: Autor

Al momento de realizar el proceso de desmonte del tablero, se puede evidenciar que alguno de los componentes presenta suciedad o mal funcionamiento. Teniendo conocimiento de lo anterior, realizamos el desmonte de los componentes para realizar su respectivo mantenimiento o reemplazo.

#### 4.1.2 Estructura del tablero didáctico

El tablero didáctico actual de la Universidad Antonio Nariño consta de una estructura en metal donde están soportados los componentes. Dicha estructura posee buena resistencia en sus puntos de anclaje y soporte, condiciones físicas ideales para su buen funcionamiento, se le realizó una limpieza y readecuación de los lugares que presentaban signos de corrosión (ver Figura 4-34).

**Figura 4-34:** Estructura del tablero didáctico de la Universidad Antonio Nariño

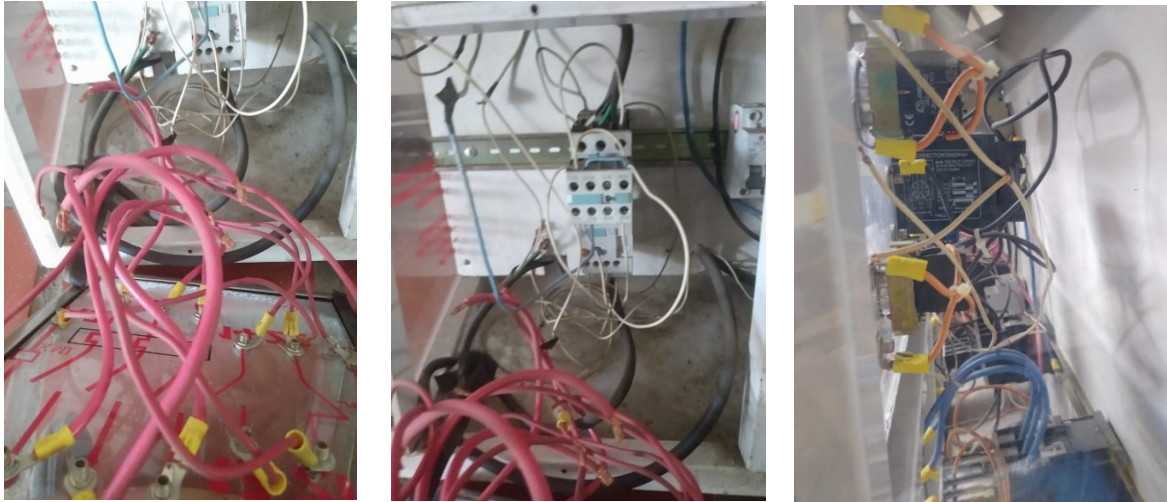


Fuente: Autor

### 4.1.3 Cableado

La inspección realizada posteriormente al desarme del banco deja en evidencia que el sistema de cableado con el que contaba el banco, al llevar cierto tiempo sin ser usado presentaba fatiga en el material aislante, cortes y desconexión. Adicionalmente se observa una desactualización con respecto a la normatividad vigente (ver Figura 4-35)





Fuente: Autor

#### 4.1.4 Contactor de 40 amperios

El contador corresponde a uno de los elementos importantes en el tablero. Se realiza el desmonte del contactor, se verifica el buen funcionamiento del mismo, se procede a realizar limpieza y adecuación para su reutilización (ver Figura 4-36)

**Figura 4-36:** Contactor de 40 amperios



Fuentes: Autor

#### 4.1.5 Totalizador 3x20 amperios

Se realizó inspección de limpieza y reacondicionamiento del totalizador con el que contaba el tablero, por lo que se observa que está en condiciones aptas para su operación y no pone en riesgo la integridad de las personas que tengan contacto durante las prácticas o manipulación del tablero (Ver Figura 4-37).

**Figura 4-37:** Totalizador 3x20



Fuente: Autor

#### 4.1.6 Voltímetro

Siendo uno de los componentes de medición con los que contara el tablero y con el objetivo de tener lecturas reales y acertadas, dentro del desmonte del tablero se realiza la inspección del voltímetro análogo, verificando que sus componentes no presenten mal funcionamiento (ver Figura 4-38).

**Figura 4-38:** Voltímetro

Fuente: Autor

### 4.1.7 Amperímetro

Continuando con el desarme e inspección de los componentes del tablero, llegamos al medidor de intensidad y se observa en condiciones aceptables para el tablero se procede a realizar limpieza y adecuación del componente para reintegrarlo al tablero (Ver Figura 4-39).

**Figura 4-39:** Amperímetro

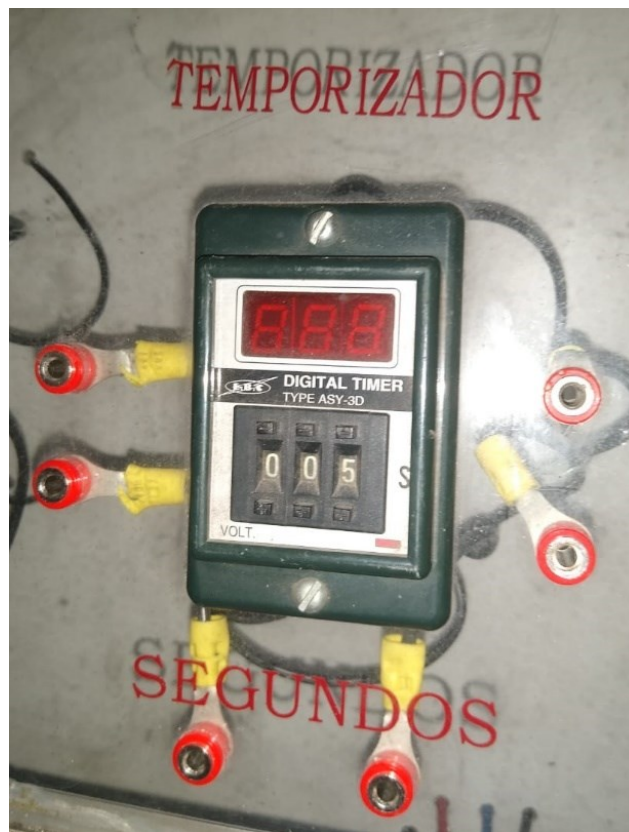
Fuente: Autor

### 4.1.8 Temporizador

Teniendo en cuenta que el temporizador es el componente con el que vamos controlando la conexión y desconexión del circuito eléctrico una vez programemos el tiempo deseado.

Se realiza un enfoque en su estado y correcto funcionamiento para la integración en el tablero. Adicionalmente se incorporaron al banco dos relés temporizados nuevos y acordes a la época actual para mejorar el control de banco en las pruebas a realizar (Ver Figura 4-40).

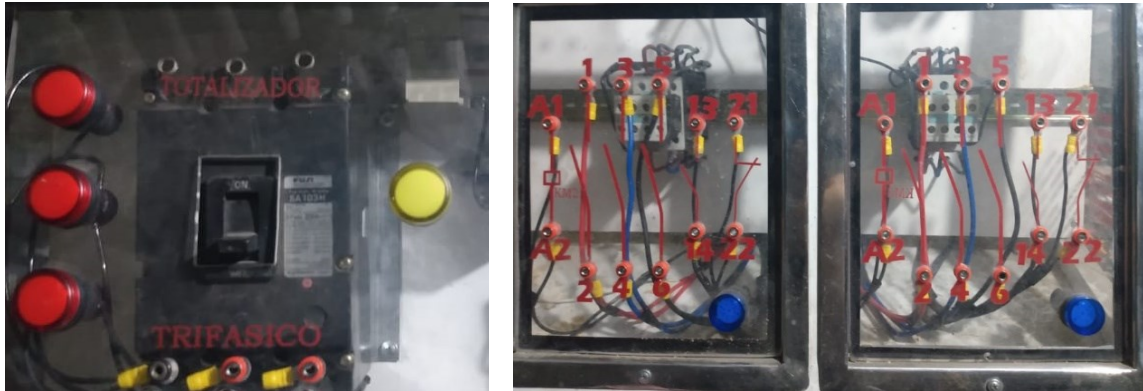
**Figura 4-40:** Temporizador análogo



Fuente: Autor

#### **4.1.9 Lámparas de prueba (Pilotos)**

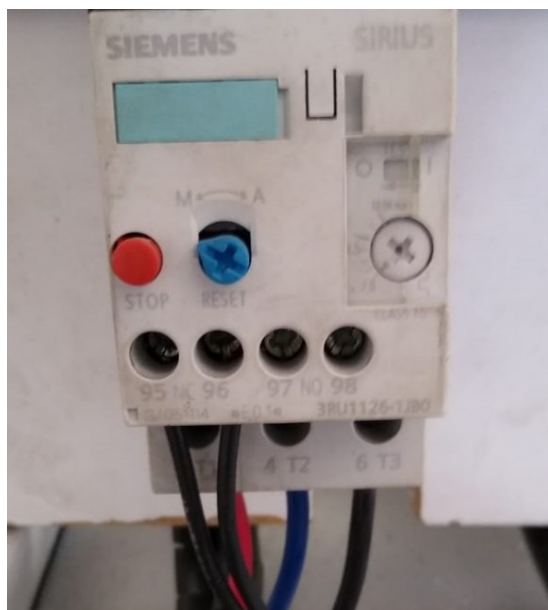
Las lámparas de prueba nos indican la presencia del suministro eléctrico en nuestro banco didáctico, nos permiten estar en estado de alerta ante la manipulación del mismo, advirtiendo al estudiante o tutor la presencia del suministro eléctrico y de esta manera evitar el peligro de recibir una descarga (ver Figura 4-41)

**Figura 4-41:** Lámparas de pruebas (Piltos)

Fuente: Autor

#### 4.1.10 Relé térmico

Siendo el relé térmico un componente fundamental en cualquier sistema, protegiendo los componentes de cualquier sobre intensidad, desmontamos dicho componente para su inspección y limpieza y se encuentra en óptimas condiciones para ser empleado en el banco actualizado (Ver Figura 4-42)

**Figura 4-42:** Relé térmico

Fuente: Autor

## **4.2 Diseñar el sistema de fuerza, las guías para el aprendizaje de los estudiantes de tecnologías e ingenierías de la Universidad Antonio Nariño**

Una vez realizado el banco de pruebas de arranque para motores trifásicos, se procede con la elaboración de las guías de laboratorio, que serán empleadas en las tutorías correspondientes a las asignaturas del plan académico. Los temas para la ejecución de dichas guías fueron:

### **4.2.1 Guías de laboratorio del sistema de fuerza**

## Guía introductoria al software CADE\_SIMU

### Objetivo

Aprender el manejo básico del software Cade\_Simu.

### Descripción del software Cade\_Simu

Cade\_Simu es un software de diseño y simulación de circuitos eléctricos y automáticos con carácter exclusivamente educacional. Este software CAD está en continuo desarrollo y puede tener carencias y/o fallos de diseño y/o simulación. Cabe decir que el diseño e implementación de circuitos debe cumplir con la normativa vigente de cada país, especialmente el relativo a seguridad, técnico y legal.

Permite insertar los distintos símbolos organizados en librerías y trazar un esquema eléctrico de una forma fácil y rápida para posteriormente realizar la simulación. El programa en modo simulación visualiza el estado de cada componente eléctrico cuando esta activado al igual que resalta los conductores eléctricos sometidos al paso de una corriente eléctrica.

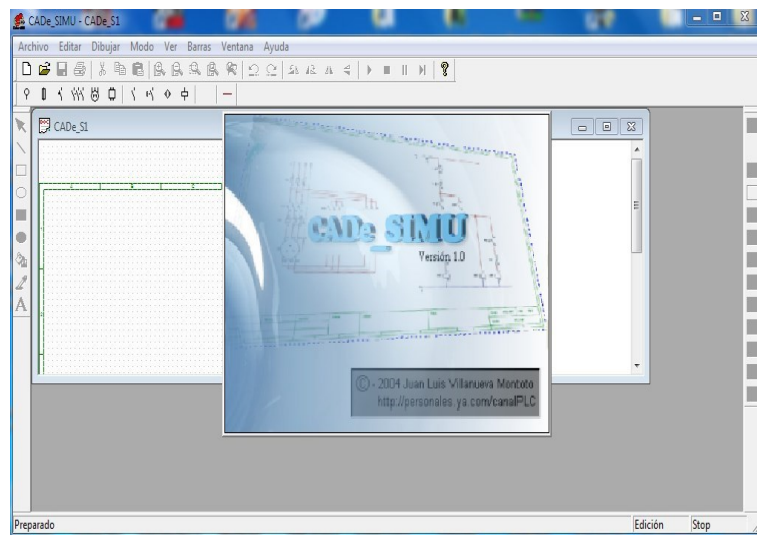
Actualmente dispone de las siguientes librerías de simulación:

- Alimentaciones tanto de CA como de CC.
- Fusibles y seccionadores.
- Interruptores automáticos, interruptores diferenciales, relé térmico, y disyuntores.
- Contactores e interruptores de potencia.
- Motores eléctricos.
- Variadores de velocidad para motores de CA y CC.
- Contactos auxiliares y contactos de temporizadores.
- Contactos con accionamiento, pulsadores, setas, interruptores, finales de carrera y contactos de relés térmicos.
- Bobinas, temporizadores, señalizaciones ópticas y acústicas.
- Detectores de proximidad y barreras fotoeléctricas.
- Conexionado de cables unipolares y tripolares, mangueras y regletas de conexión.

## Interfaz del Programa CADE-SIMU.

Por medio del Interfaz CAD (Ver Figura 4-46) el usuario dibuja el esquema de forma fácil y rápida. Una vez realizado el esquema por medio de la simulación se puede verificar el correcto funcionamiento.

**Figura 4-43:** Interfaz del programa CADE-SIMU



Fuente: Autor

## Conceptos generales de uso

A continuación, se describen unas características de uso del software:

- En principio la última versión de programa puede abrir y simular archivos de versiones anteriores, aunque la compatibilidad 100% es abrir el archivo con la versión de programa con el cual se ha diseñado.
- Los elementos que tienen el mismo nombre se activan al unísono, pues se consideran partes de una misma paramenta. Por ejemplo, añadimos una bobina y tras esta añadimos un contacto auxiliar NA y otro NC. En pantalla veremos 3



elementos diferentes. Si les ponemos el mismo nombre, cuando se active la bobina actúan los contactos auxiliares.

- Cuando se insertan elementos es obligatorio cambiar el nombre que tienen por defecto para una correcta simulación.
- En modo “Simulación”, para accionar los elementos hacemos clic izquierdo encima del elemento concreto. Hay elementos que al soltar el clic retornan a su posición de reposo (por ejemplo, pulsador, detectores...). Para mantener su accionamiento activo hacemos clic izquierdo encima y sin soltar arrastramos puntero de ratón un poco, y veremos que queda accionado el elemento.

Hay 2 elementos (conmutador I-II-III y conmutador I-0-II) que para que gire en un sentido u otro hacemos clic encima del elemento con botón izquierdo o derecho.

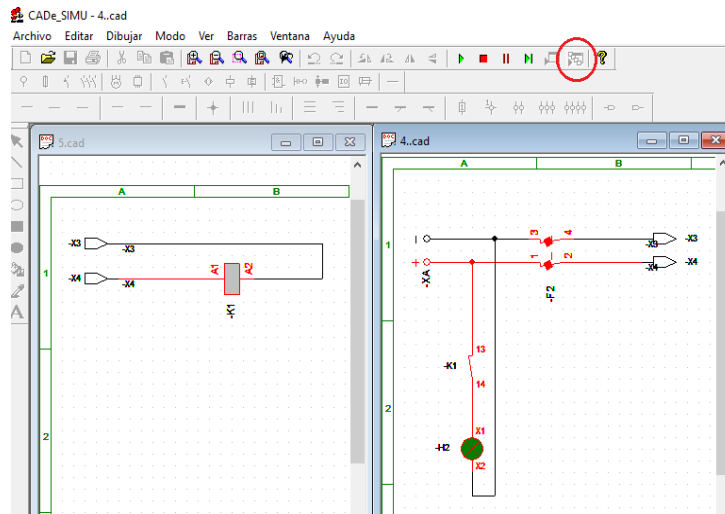
- Se pueden usar varias ventanas para la creación de un mismo circuito. Para simular todas a la vez seleccionamos “simular todos los documentos” y después en “Simulación”. El uso de esta característica puede ser:
  - Separar circuitos de fuerza, maniobra, señalización y/o seguridad.
  - El circuito es bastante extenso.
  - Separación de procesos concretos de un mismo circuito.
  - Creación de “bloques estándar de función” de trabajo, y luego asociamos o enlazamos cualquier circuito en la otra ventana.

Se enlazan de dos maneras diferentes:

- En la librería “cables y conexiones” tenemos los elementos llamados “conexión de salida” y “conexión de entrada”.
- Con contactos auxiliares.

En una ventana tenemos la paramenta principal (por ejemplo, bobina) y en la otra ventana contactos auxiliares de esta bobina.

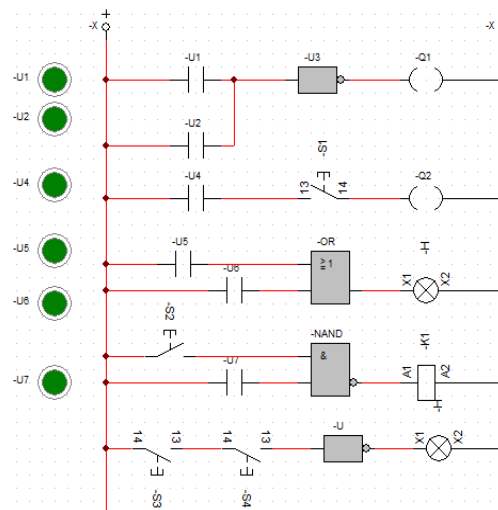
Figura 4-44: Ventanas con el diseño de una bobina



Fuente: Autor

- Se pueden copiar y pegar elementos y partes de circuitos entre ventanas.
- Se puede “combinar” en un mismo circuito elementos de diferentes lenguajes de programación: ladder (KOP o diagrama de escalera), lógica (FBD o FUP) y esquema eléctrico (contactos eléctricos). Aunque esto no es correcto, en Cade\_Simu funciona perfectamente. Un ejemplo sería la puerta NOT, que está disponible en la librería de lógica. Sólo hay que tener presente si trabajas con DC o A (Ver Figura 4-49).

Figura 4-45: Compuerta NOT



Fuente: Autor

- Impresión de documentos. Siempre que creamos un documento, independiente del programa que sea se debe configurar unas opciones iniciales. Para configurar vamos a “Archivo > configuración” y configuramos lo deseado. Cade\_Simu tiene poquitas opciones, pero una muy importante es nuestra presentación en pantalla: vertical u horizontal. En función de la selección, en el documento veremos un contorno que será nuestra área de trabajo. La parte del circuito que esté fuera de esta área no se imprimirá (podéis comprobarlo haciendo “presentación preliminar”), aunque si permite la simulación y diseño.

En “Archivo > configuración” hay opciones sencillas, así explicaré “opciones de impresión”:

- Escala es un zoom del documento. Se suele poner 2.
- Desplazamiento X desplazar vista en horizontal hacia la derecha.
- Desplazamiento Y desplazar vista en vertical hacia abajo.

En cada modificación hacer uso de presentación preliminar para ver los resultados. Y no olvidaros de “Archivo > configurar impresora” para seleccionar impresora y enviar vuestro archivo correctamente a la impresora.

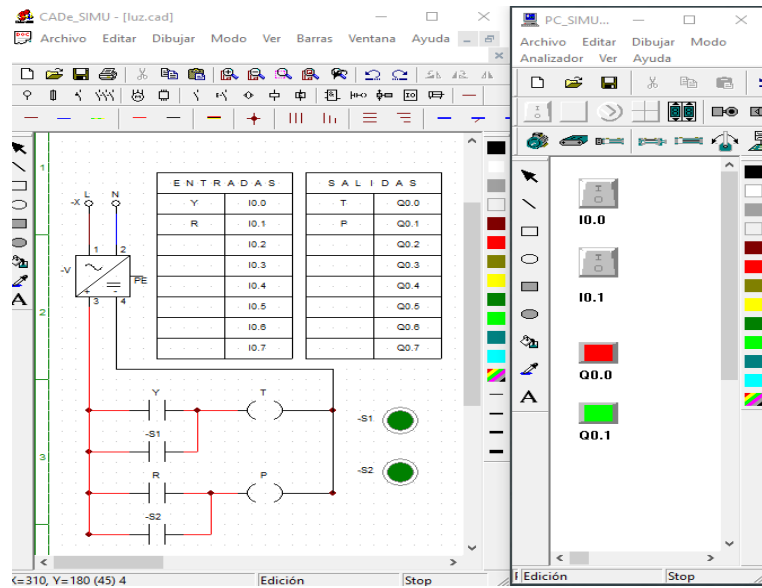
Se puede enlazar Cade\_Simu con PC\_Simu (software básico de SCADA/HMI). En este aspecto hay que decir que para comunicarse entre los programas utiliza el portapapeles de Windows, por lo que hay que abstenerse de utilizar otros programas cuando estemos simulando con PC\_Simu.

Para comenzar la simulación guardamos los documentos primero. Se va a PC\_Simu y seleccionamos “Modo > Simulación” y tras esto “Modo > Inicio”.

A partir de ahora el portapapeles de Windows lo está usando este programa. Y tras esto vamos a Cade\_Simu y seleccionamos “Modo > simulación”. Ahora podrá ver el estado de los elementos en las tablas.

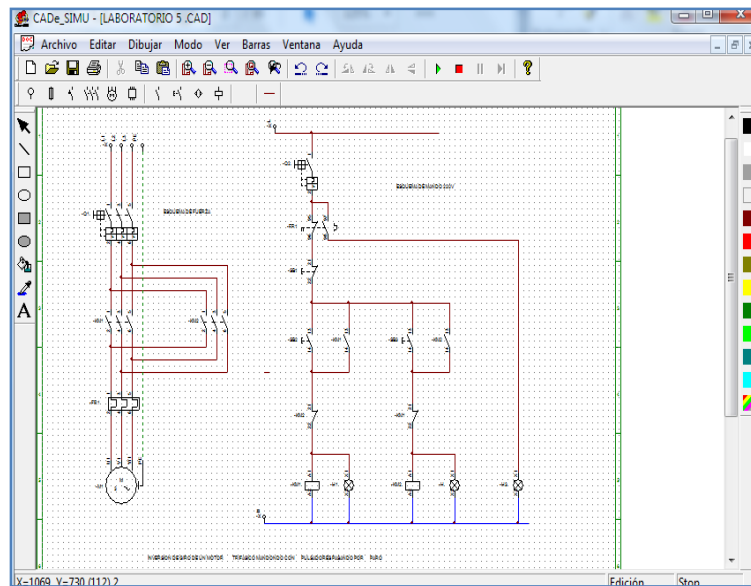
Para salir del enlace: en PC\_Simu vamos a “Modo > fin” y “Modo > edición”, y para Cade\_Simu se va a “stop” o “Modo > edición”.

Figura 4-46: Ejemplo de un diseño eléctrico-1



Fuente: Autor

Figura 4-47: Ejemplo de un diseño eléctrico-2



Fuente: Autor



## **Guía de laboratorio No. 1**

### **Arranque directo para un motor trifásico - sistema de fuerza**

#### **Objetivos**

- Diseñar el sistema de fuerza de un arranque directo para un motor trifásico de tres bornes.
- Interactuar de manera práctica con los elementos que se van a emplear en la actividad.

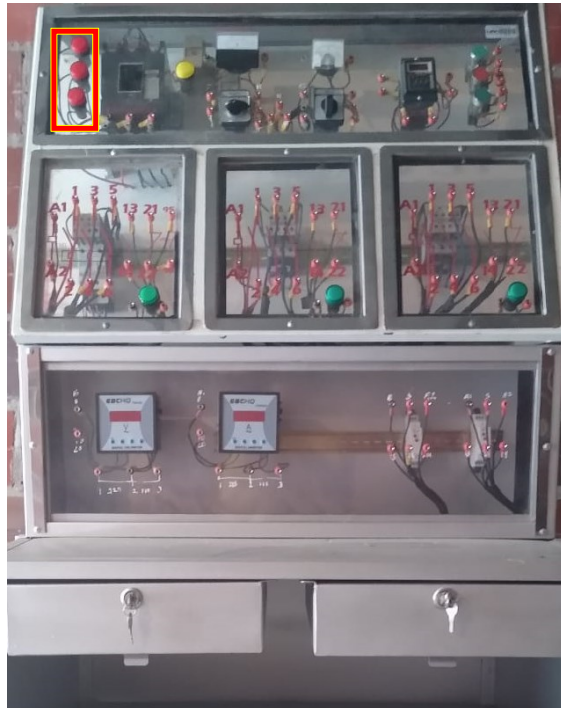
#### **Materiales para la realización de la práctica.**

- Elementos de protección personal (gafas, guantes, botas de seguridad).
- Simulador CADe\_SIMU (diseñar sistema de fuerza).
- Agenda para tomar apuntes.
- Banco didáctico de pruebas para arranque de motores trifásico.
- Conductores para realizar las conexiones.
- Motor de 1 HP.

#### **Procedimiento para conectar el sistema de fuerza en el banco didáctico de arranque de motores trifásicos**

Para comenzar con nuestro trabajo debemos tener muy presente los implementos de protección personal y seguir la indicación del tutor a cargo para evitar lesión.

Revisar que el banco de pruebas se encuentre conectado a alimentación, con totalizador en posición off, y pilotos de señalización apagados.

**Figura 4-48:** Pilotos de señalización, banco energizado

Fuente: Autor

Con los conductores para realizar nuestra conexión del sistema de fuerza de un arranque directo, debemos tomar tres y realizar la conexión desde los terminales tipo babana hembra, de las tres líneas L1-L2-L3 ubicados en la parte inferior del totalizador.

**Figura 4-49:** Terminales de las fases del totalizador L1-L2-L3.



Fuente: Autor

Los conductores deben ir a los contactos de entrada enumerados de la siguiente manera 1-3-5 del contactor KM1 el cual tiene integrado la protección de sobre intensidad (relé térmico).

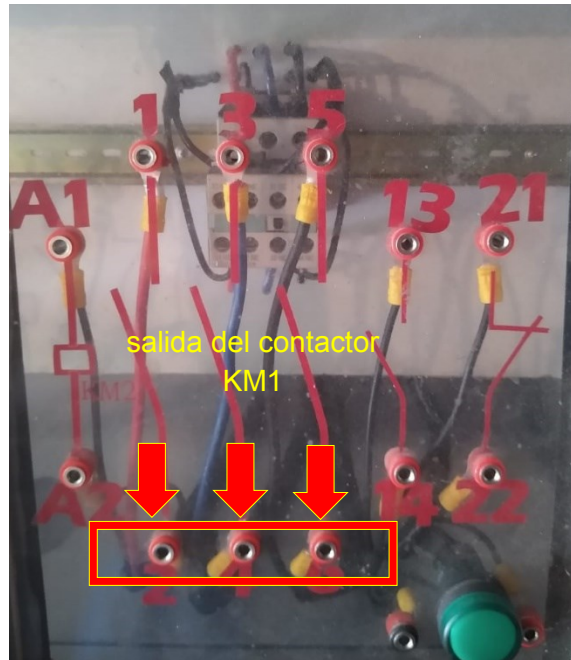


**Figura 4-50:** Terminales de entrada del contactor KM1

Fuente: Autor.

Seguidamente se deben tomar tres nuevos conductores, introducirlos en los orificios de las salidas de los terminales previamente enumerados 2-4-6 respectivamente y en orden.

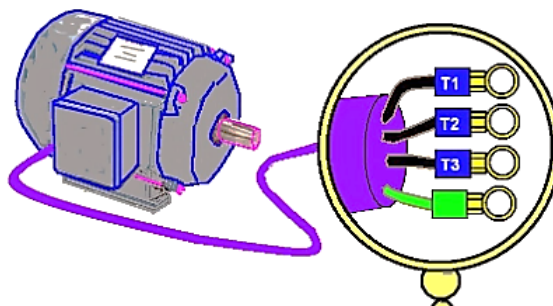
**Figura 4-51:** Terminales de salida del contactor



Fuente: Autor

Una vez realizas las conexiones anteriores y garantizando una correcta conexión de los elementos, se procede a finalizar nuestro montaje conectando los bornes del motor trifásico.

**Figura 4-52:** Conexión para una sola tensión de red



Fuente: Motores eléctricos monofásicos y trifásicos, 2014.

Realizado las conexiones y bajo las medidas de seguridad adecuadas se procede a energizar el banco de pruebas para arranque de motores trifásicos. De esta manera se tendrá en funcionamiento el motor.

## Guía de laboratorio No. 2.

### Arranque directo con inversor de giro (sistema de fuerza).

#### Objetivos

- Diseñar el sistema de fuerza de un arranque directo para un motor trifásico de tres bornes.
- Interactuar de manera práctica con los elementos que se van a emplear en la actividad.

#### Materiales para la realización de la práctica

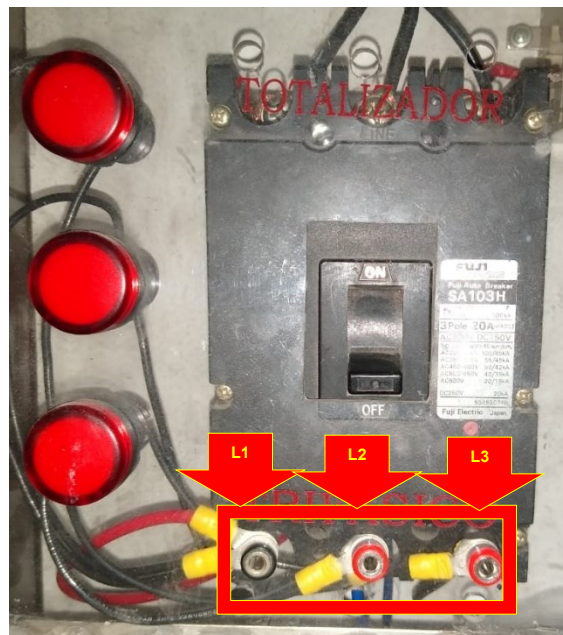
- Elementos de protección personal (gafas, guantes, botas de seguridad...)
- Simulador CADe\_SIMU (diseñar sistema de control).
- Agenda para tomar apuntes.
- Banco didáctico de pruebas para arranque de motores trifásico.
- Conductores para realizar las conexiones.
- Motor de 1 HP.

#### Procedimiento

Para invertir el sentido de giro de un motor trifásico se invierte el orden de dos fases, lo que invierte la secuencia (de R-S-T pasa a T-S-R). Lo haremos conectando la red en una secuencia a través de un contactor o con la secuencia cambiada a través de otro; el circuito controlará que la conexión se haga con seguridad.

Se toman tres conductores desde los terminales que están ubicados en la parte inferior del totalizador L1-L2-L3.

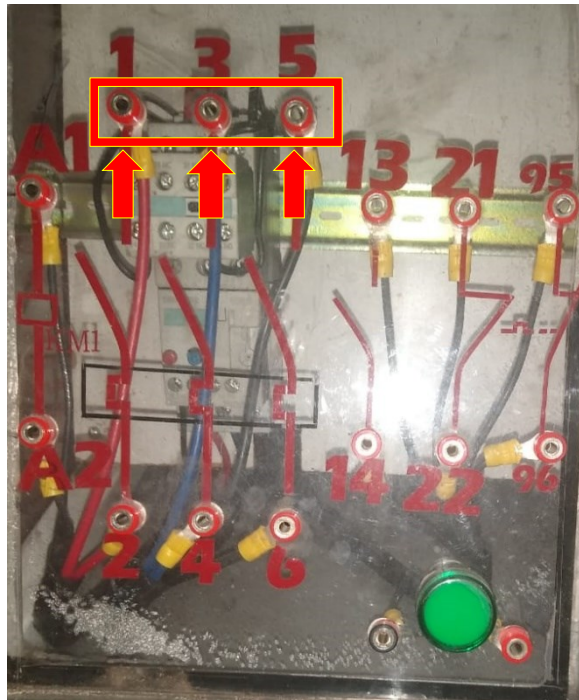
**Figura 4-53:** Terminales de las fases del totalizador L1-L2-L3.



Fuente: Autor

Los extremos de los tres conductores serán conectados a las entradas enumeradas de la siguiente manera 1-3-5 del contactor KM1 el cual tiene integrado la protección de sobre intensidad (relé térmico).

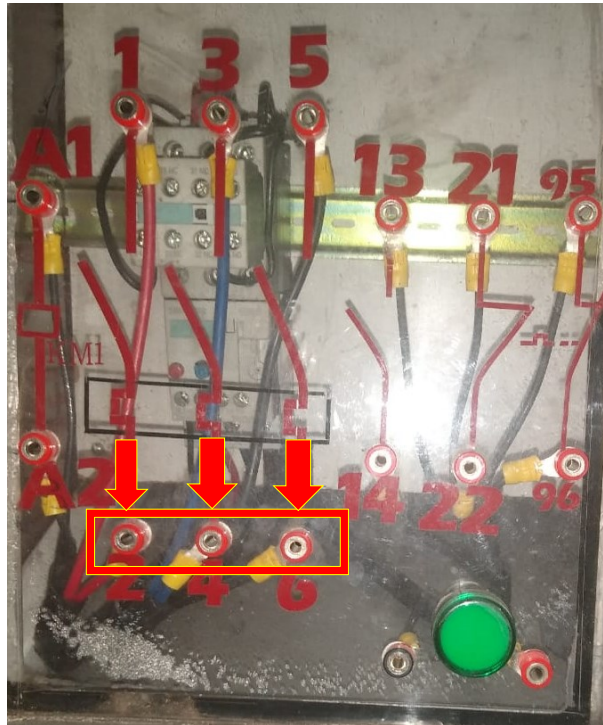
**Figura 4-54:** Terminales de entrada del contactor KM1.



Fuente: Autor

Posteriormente se tomarán tres conductores más que serán conectados a los terminales de salida del contactor KM1, enumerados 2-4-6.

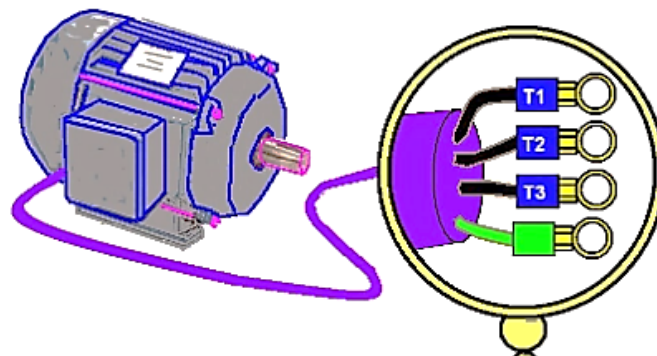
**Figura 4-55:** Terminales de salida del contactor KM1.



Fuente: Autor

El extremo que sobra de los contactores anteriormente utilizados, serán llevados a los bornes del motor.

**Figura 4-56:** Conexión para una sola tensión de red



Fuente: Motores eléctricos monofásicos y trifásicos, 2014.

Para invertir el giro del motor debemos tomar otro contactor (KM2), el cual debe ir conectado junto al contactor (KM1) de la siguiente manera:

Por la parte superior de los contactores, se toman tres conductores que deben ser conectados en los terminales 1-3-5 (KM1) y 1-3-5 (KM2) respectivamente.

**Figura 4-57:** Terminales de los contactores KM1 Y KM2





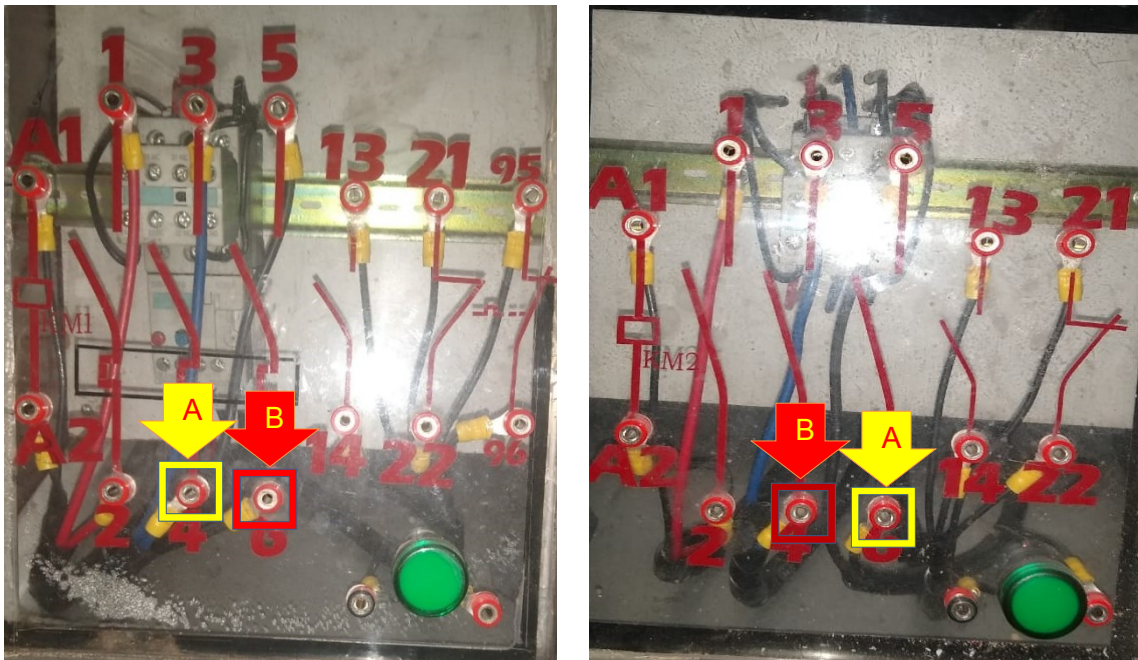
Fuente: Autor

Por la parte inferior del contactor se deben invertir dos de las fases, lo que dará paso al cambio de sentido de giro del motor, llevando el conductor del terminal 2 de (KM1) al terminal 2 de (KM2), y el terminal 4 y 6 serán invertidos de posición. Por seguridad, se



debe evitar que las dos conexiones se puedan conectar simultáneamente, y para ello se utiliza los contactos auxiliares (normalmente cerrados) de los contactores.

**Figura 4-58:** Terminales de salida contactores KM1 y KM2



Fuente: Autor

## **Guia de laboratorio No 3.**

### **Arranque estrella triangulo (sistema de fuerza).**

El arranque estrella triangulo es un metodo de conexión para el arranque de motores trifasicos, empleado para reducir la intensidad consumida por el mismo durante el arranque.

### **Objetivos**

- Con la ayuda del simulador diseñar el sistema de fuerza de un arranque estrella-triangulo para un motor trifásico.
- Interactuar de manera práctica con los elementos que se van a emplear en la actividad.
- Conocer el comportamiento de los componentes disponibles en el banco.

### **Materiales para la realización de la práctica**

Todas las simulaciones realizadas sobre el banco de pruebas deben ser supervisadas por el tutor correspondiente, bajo las medidas de seguridad pertinente, para proteger la integridad de las personas que manipulen el banco.

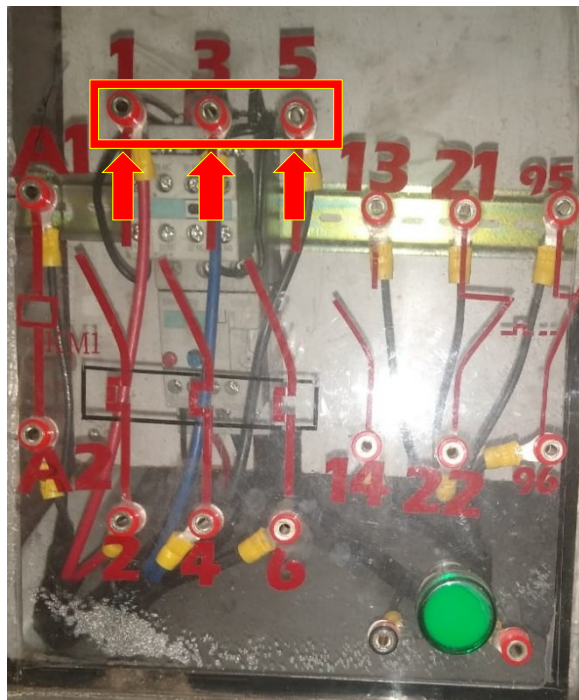
- Elementos de protección personal (gafas, guantes, botas de seguridad...)
- Simulador CA\_De\_SIMU (diseñar el sistema de fuerza).
- Agenda para tomar apuntes.
- Banco didáctico de pruebas para arranque de motores trifásico.
- Conductores para realizar las conexiones.
- Motor de 1 HP.

### **Procedimiento**

Para realizar el sistema de arranque estrella triangulo, debemos proceder de la siguiente manera:



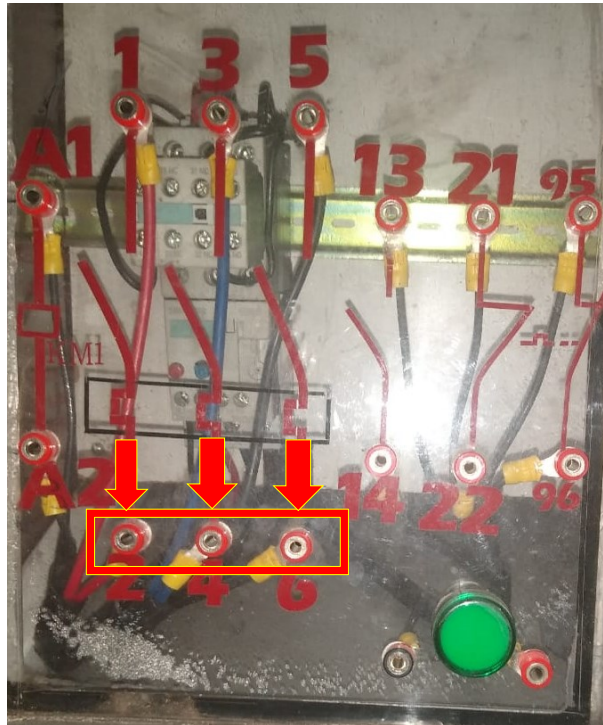
**Figura 4-60:** Terminales de entrada del contactor KM1.



Fuente: Autor

Posteriormente se toman tres conductores más que son conectados a los terminales de salida del contactor KM1, enumerados 2-4-6 respectivamente.

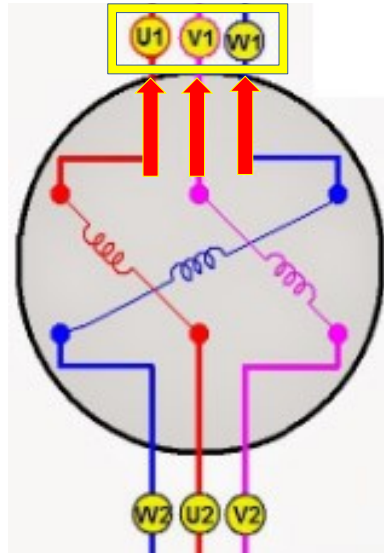
**Figura 4-61:** Terminales de salida del contactor KM1.



Fuente: Autor

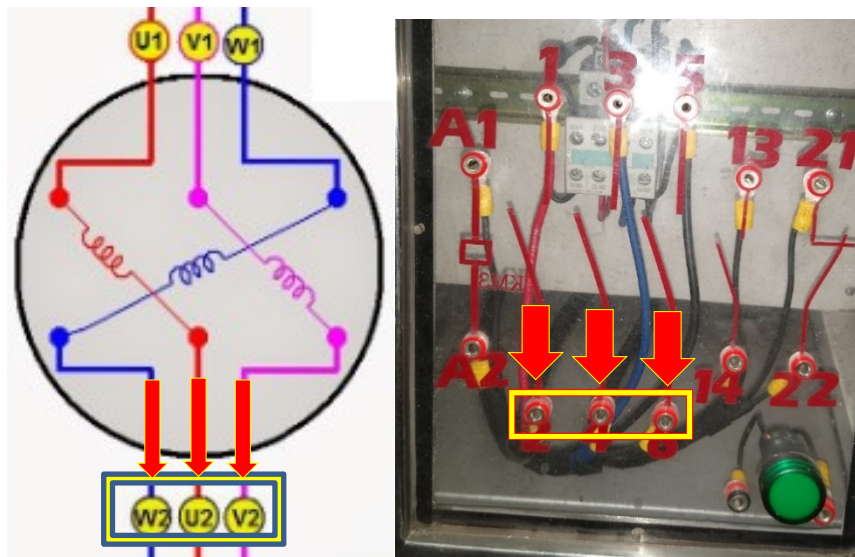
Los extremos sobrantes de los conductores anteriormente utilizados son llevados a los principios de bobina del motor (U1-V1-W1).

**Figura 4-62:** Conexión de bornes del motor trifásico.



Fuente: <https://coparoman.blogspot.com/2014/09/diagrama-electrico-de-un-rrancador.html>  
 De esta forma los finales de bobina del motor (U2-V2-W2), serán conectados a las terminales de bobina del contactor KM3 (2-4-6).

**Figura 4-63:** Finales de bobina del motor, terminales del contactor.



Fuente: Autor

Con tres nuevos conductores se toma los terminales (1-3-5) del contactor KM1 y se realiza la conexión en paralelo, con los terminales (1-3-5) del contactor KM3.

**Figura 4-64:** Terminales 1-3-5 de los contactores KM1 Y KM3.

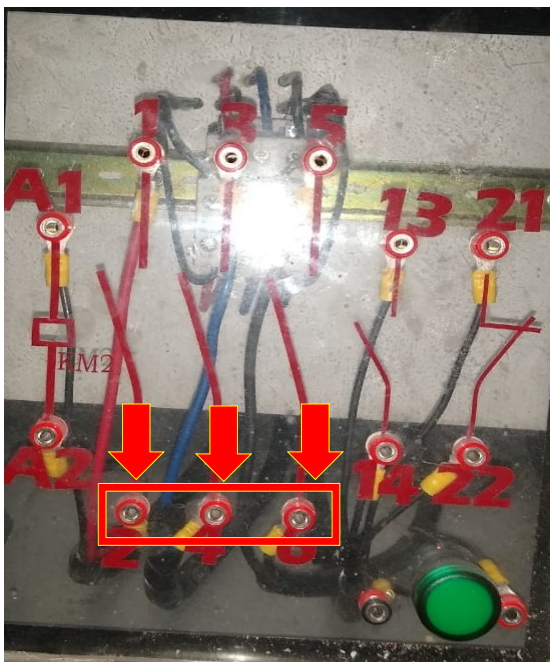




Fuente: Autor

A su vez serán tomados los terminales del contactor KM3 (2-4-6) y serán conectados en paralelo con los terminales del contactor KM2 (2-4-6).

**Figura 4-65:** Terminales 2-4-6 de las contactores KM3 y KM2.



De esta manera los terminales 1-3-5 del contactor KM2 se ponen en corto entre sí, lo que permite la función de estrella en el arranque del motor.

**Figura 4-66:** Terminales del contactor 1-3-5.



Fuente: Autor

De esta manera se tendrá la conexión del sistema de fuerza de un arranque estrella triángulo, que permite romper el torque de los motores de gran potencia, la intensidad se va a “dividir en dos”, y el motor con su arranque va a tener un alto consumo en la parte de estrella hasta que el temporizador comience a actuar y de paso a la conexión en triángulo, lo que permite tener un menor consumo de intensidad.

## **4.3 Construir el banco didáctico con nuevos medidores para la enseñanza de los estudiantes**

### **4.3.1 Construcción del banco de pruebas didáctico**

Habiendo recopilado la información sobre la normatividad vigente en la actualidad y realizando un levantamiento detallado, sobre los componentes a utilizar en la elaboración del banco didáctico de pruebas para arranque de motores trifásicos, se procede inicialmente a realizar la compra de los materiales con los que va a contar el banco. Posteriormente realizamos la construcción de la estructura que va a soportar los elementos, incorporando los nuevos componentes junto con la anterior estructura del tablero, conservando su diseño y mejorando los partes mencionados anteriormente que carecían de buen funcionamiento y desactualización lo que no permitía la manipulación por parte de los estudiantes y tutores de la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta.

Una vez realizada la estructura se procede con las perforaciones pertinentes en la lámina de acrílico que van a dar lugar a los conectores tipo banana, voltímetro digital, amperímetro digital, perillas seleccionadoras. El banco de pruebas para arranque de motores trifásicos cuenta con las siguientes características:

### **4.3.2 Estructura en metal del banco didáctico**

Se cuenta con una estructura en metal, de las siguientes dimensiones largo: 86.5 cm, ancho: 65 cm y alto: 125 cm, se opta por la construcción de una estructura en metal, la cual nos garantiza mayor durabilidad, mejor soporte y firmeza al momento de realizar los trabajos y actividades, requeridos por el syllabus en las tutorías, en la estructura se incorporan los elementos y estructura del tablero didáctico de un sistema arrancador estrella-triángulo junto con los nuevos medidores digitales (voltímetro y amperímetro), los relés temporizados y las modificaciones para el correcto funcionamiento y seguridad de las personas quienes vayan a operar el mismo. Se busca de esta manera que el banco para arranque de motores trifásicos cuente con una mayor durabilidad y vida útil, al servicio de los estudiantes de Tecnología e Ingeniería de la Universidad Antonio Nariño.

### 4.3.3 Contactor

Un contactor es un mecanismo de mando a distancia, que permite el paso de corriente, al cerrar unos contactos. Esto ocurre cuando la bobina actúa como un electroimán y atrae dichos contactos, está compuesto por:

- Contactos principales: 1-2, 3-4, 5-6.
- Contactos auxiliares: 13-14 (NO).
- Circuito electromagnético: consta de tres partes: Núcleo en forma de E, La bobina A1-A2, La armadura y parte móvil.

Para la implementación del banco de pruebas se emplearon un total de tres contactores, los cuales fueron montados sobre el banco y conectados de la manera indicada a continuación:

### 4.3.4 Totalizador 3 x 20 amperios

El Breaker es un interruptor automático, que tiene como función proteger el sistema eléctrico y el motor, asilando el circuito en caso de una sobre intensidad protegiendo los componentes y la integridad de las personas que manipulen el banco. Además, se realiza la inspección previa del totalizador en el tablero y se verifica su correcto funcionamiento, para reincorporado al banco con el fin de conservar la mayor cantidad de componentes en el tablero y en el diseño de este. Con esto se minimiza la contaminación ambiental ya que se reutilizan muchos elementos existentes en el banco.

4

### 4.3.5 Pulsador NO y NC

Son un mecanismo de accionamiento, que nos permite el flujo de corriente eléctrica. “El pulsador NC en estado de reposo el circuito permanece cerrado, y se abre cuando se presiona”. Los pulsadores del tablero didáctico fueron reutilizados, se hizo reemplazó de aquellos que presentaban atascamiento para evitar el mal funcionamiento en el banco. Adicionalmente se incorporó un nuevo pulsador para darle un correcto anclaje al momento de la implementar el trabajo en el laboratorio. “El pulsador NO en estado de reposo el circuito permanece abierto, y se cierra cuando se presiona. Existen tres tipos de interruptores” (Tabla 4-3)

**Tabla 4-3: Tipos de interruptores**

Pulsador	Símbolo
Pulsador de marcha	
Pulsador de parada	
Pulsador de doble cámara	

Fuente: Autor

### 4.3.6 Temporizados

El tablero con el que contaba los laboratorios de la Universidad Antonio Nariño contaba con un temporizador análogo, el cual al momento del desmonte no presento mal funcionamiento, se conservó y adicional se incorporaron dos nuevos relés temporizados que nos facilitarán las pruebas de arranque de motores en cascada estrella-triangulo, inversor de giro entre otros, que permitirán a los estudiantes fortalecer sus conocimientos (Ver Figura 4-67).

**Figura 4-67:** Relé temporizado



Fuente: RS. Obtenido de <https://es.rs-online.com/web/p/reles-temporizadores/8577094/>





## **5. Conclusiones y recomendaciones**

### **5.1 Conclusiones**

Debido a que los motores eléctricos son altamente utilizados en la industria, el conocimiento práctico de su control debe ser una competencia del tecnólogo en mantenimiento electromecánico industrial que está en continuo contacto con ellos, pero que complementa con la parte teórica, la cual se adquiere en el estudio para así adquirir un dominio y control del mantenimiento y operación en motores eléctricos.

Una de las limitaciones en la elaboración del proyecto consistió en el tiempo y en los costos, especialmente en la parte relacionada con la potencia, ya que se hizo necesaria una actualización de conocimientos en esa parte, para así saber qué elementos y materiales eran necesarios para el banco y así poder hacer la inversión.

Al proyecto del banco de pruebas se le puede implementar a futuro un variador de velocidad para hacer las medidas de voltajes, consumo, rpm y temperatura del motor el cual será manejado por dicho variador.

### **5.2 Recomendaciones**

El banco didáctico para un adecuado uso por parte de los estudiantes debe estar en el laboratorio con las condiciones climáticas adecuadas (ventilación e iluminación adecuada, libre de humedad y temperatura ambiente), lo que permitirá una protección de los equipos y el perfecto funcionamiento de estos.

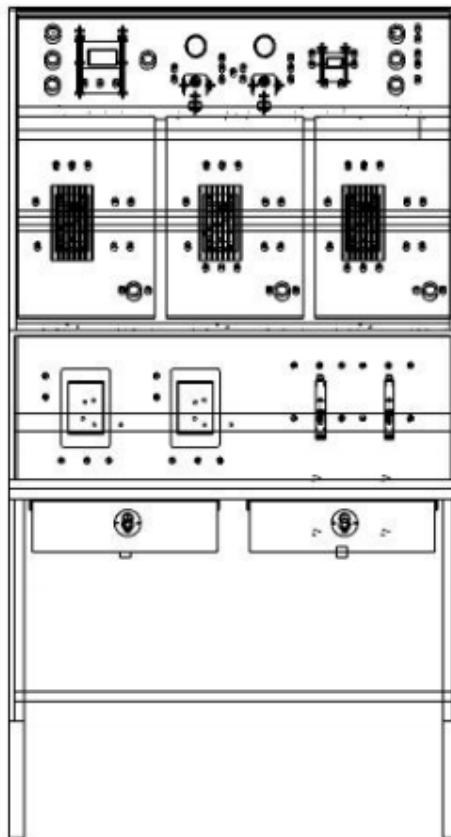
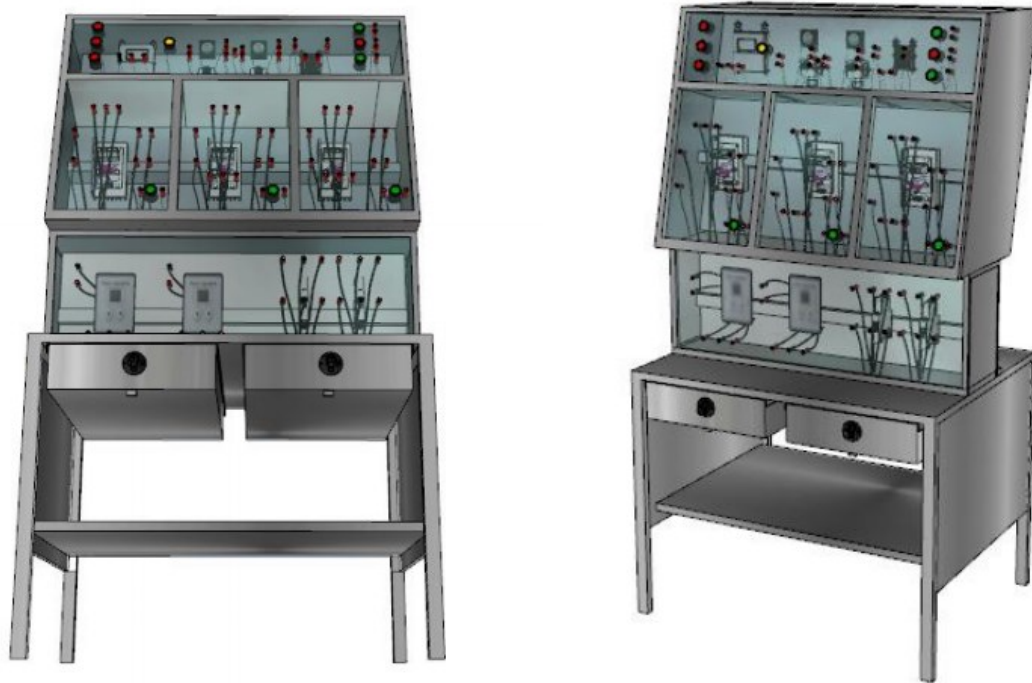
En caso de que haya alguna duda o inquietud por parte de los estudiantes, se debe consultar al docente por lo que se hace necesario leer las instrucciones de prácticas detenidamente antes de utilizar el banco de pruebas.

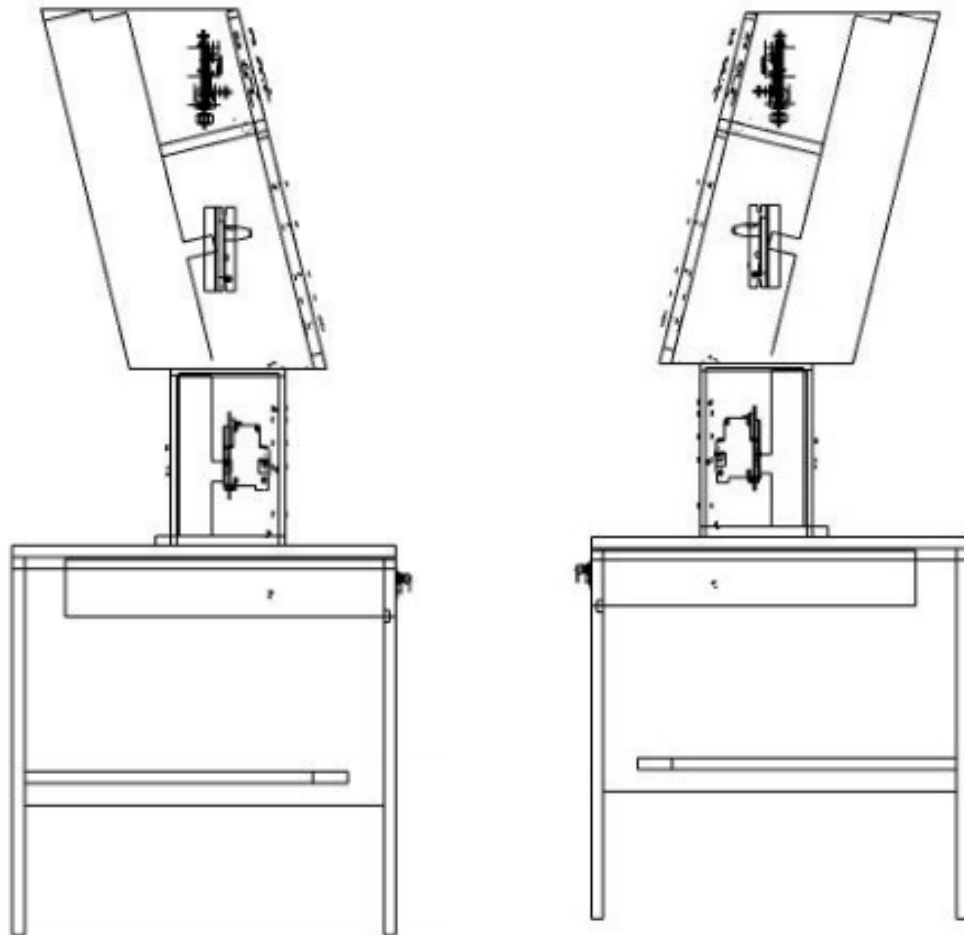
Toda práctica debe realizarse utilizando las protecciones adecuadas para los equipos con los que se trabajará. En caso de que los estudiantes observen algún equipo está operando incorrectamente se debe comunicar al docente.

## A. Anexo: Planos de diseño del banco









## Bibliografía

- Alvarado, E., Proaño, R., & Vera, C. (2010). *Diseño e implementación de un banco de pruebas para control industrial programable*. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Barreto, J. (2007). *Folleto para el aprendizaje de los contenidos de la unidad “Control y maniobra de motores trifásicos” en los estudiantes de tercer año de Eléctrica del Instituto Politécnico Industrial “Estanislao Gutiérrez Fleites*. Universidad de Ciencias Pedagógicas .
- Cabezas, V., & Lozano, J. (2013). *Montaje de un banco de pruebas para arranque de motores*. Soacha: Corporación Universitaria Minuto de Dios.
- Contreras, E., & Sánchez, R. (2010). *Diseño y construcción de un banco de prácticas de motores eléctricos, como apoyo a la asignatura de diseño de máquinas II* . Bucaramanga: Universidad Industrial Santander.
- Córdova, E. (2009). *Módulo de electricidad básica*. Machala (Ecuador): Instituto Tecnológico EL Oro.
- Cortes, J., Guevara, H., & Rodríguez, J. (2014). *Banco de pruebas para máquina asíncrona*. Perú: Banco de pruebas para maquina asíncrona.
- Cruz, F. (2019). *Banco didáctico para prueba de motores eléctricos bifásicos y trifásicos en laboratorio de electrónica de la Universidad Católica de Colombia*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Farina, A. (2018). *Motores eléctricos trifásicos: Usos, componentes y funcionamiento. Suplemento instaladores, 68-72*.
- Fraile , J. (2008). *Máquinas eléctricas*. Mc Graw Hill.
- Metas & Metrólogos Asociados. (2010). *La Guía metas*. Obtenido de ¿Que es el factor potencia?: [http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-10-02-factor\\_de\\_potencia.pdf](http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-10-02-factor_de_potencia.pdf)

- Ministerio de Minas y Energía. (2013). *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIÉ)*. Bogotá: Unidad de Planeación Minero Energética – UPME. Obtenido de [http://www.upme.gov.co/Docs/Cartilla\\_Retie.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Cartilla_Retie.pdf)
- Norma Técnica Colombiana (NTC) 2050. (1998). *Código eléctrico Colombiano*. Colombia. Obtenido de <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/ntc%2020500.pdf>
- Pamias, A. (2014). *Design of modules for a star-triangle starter based on intensity*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya .
- Quintero, E. (2015). *Banco de prueba para motores asíncronos trifásicos de baja potencia*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Rodríguez, J. (2014). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para caracterización de motores eléctricos monofásicos*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- RS. (s.f.). *Relé temporizador, Único, 0,1 s* . Obtenido de <https://es.rs-online.com/web/p/reles-temporizadores/8577094/>
- Schneider , E. (2009). *Guía soluciones de automatización y control industrial*. Obtenido de <http://www.schneiderelectric.es/sites/spain/es/soporte/libreria-automatizacioncontrol/descarga/guia-soluciones.page>
- Vilches, E. (s.f.). *El Contactor*. Obtenido de [https://www.academia.edu/14243590/EL\\_CONTACTOR\\_-  
\\_Autor\\_Enrique\\_Vilches](https://www.academia.edu/14243590/EL_CONTACTOR_-_Autor_Enrique_Vilches)