



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

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

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE CONTROL INDUSTRIAL PARA DETERMINAR VARIABLES ELÉCTRICAS EN EL ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTROMECÁNICA

Autores

Guanoluisa Amaya Jorge Abelardo

Licto Robayo Ángel Xavier

Tutor:

Ing. Byron Paul Corrales Bastidas; Ms.C

Latacunga – Ecuador

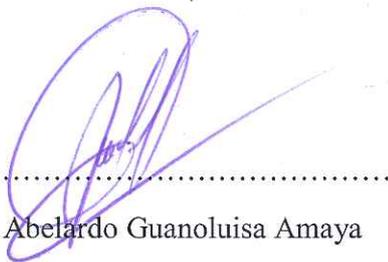
Agosto - 2018



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros: **Guanoluisa Amaya Jorge Abelardo** y **Licto Robayo Ángel Xavier**, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE CONTROL INDUSTRIAL PARA DETERMINAR VARIABLES ELÉCTRICAS EN ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS”** siendo el **Ing. Byron Paul Corrales Bastidas; Ms.C. Tutor** del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.



.....

Jorge Abelardo Guanoluisa Amaya

CI: 050218617-4



.....

Ángel Xavier Licto Robayo

CI: 050316486-5



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN UN MÓDULO DE CONTROL INDUSTRIAL PARA DETERMINAR VARIABLES ELÉCTRICAS EN ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS”** de **Guanoluisa Amaya Jorge Abelardo y Licto Robayo Ángel Xavier**, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto de Investigación que el Consejo Directivo de la FACULTAD de Ciencias dela Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Agosto, 2018

.....
Ing. Byron Paul Corrales Bastidas; Ms. C.

C.C. 050234776-8



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por el señor Egresado de la Carrera de **Ing. en Electromecánica** de la Unidad Académica de **CIYA**, **Guanoluisa Amaya Jorge Abelardo** y **Licto Robayo Ángel Xavier**, cuyo título versa **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODULO DE CONTROL INDUSTRIAL PARA DETERMINAR VARIABLES ELÉCTRICAS EN EL ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, julio 31 del 2018

Atentamente,

Lic: Bolívar Maximiliano Cevallos Galarza
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0910821669



CENTRO
DE IDIOMAS



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, los postulantes: **Guanoluisa Amaya Jorge Abelardo y Licto Robayo Ángel Xavier**, con el título de Proyecto de investigación: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE CONTROL INDUSTRIAL PARA DETERMINAR VARIABLES ELÉCTRICAS EN ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

Latacunga, 31 de julio de 2018

Para constancia firman:

Lector 1

Nombre: Ing. Edwin Homero
Moreano Martínez; Ms. C.

CI: 0502607500

Lector 2

Nombre: Ing. Verónica Paulina Freire
Andrade; Ms. C.

CI: 0502056229

Lector 3

Nombre: Ing. Luis Rolando Cruz Panchi; Ms. C.

CI: 0502595176



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Con el presente documento hago constar que los estudiantes: **Guanoluisa Amaya Jorge Abelardo** y **Licto Robayo Ángel Xavier** de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, implementaron en el laboratorio de Control Industrial y Máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi un proyecto cuyo título versa: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE CONTROL INDUSTRIAL PARA DETERMINAR VARIABLES ELÉCTRICAS EN ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS”**, ubicada en la Avenida Simón Rodríguez, de la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi.

Latacunga, Agosto del 2018

Ing. Mauro Darío Albarracín Álvarez Ms. C.

CI: 0503113730



AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por darnos la fortaleza y sabiduría necesaria para poder culminar uno de los objetivos que nos hemos planteado.

Agrade de una manera muy especial a mis padres, mi esposa e hijas quienes me han apoyado de una forma incondicional en mi vida personal y académica, que siempre confiaron en mí y supieron darme palabras de aliento para seguir adelante y un apoyo incondicional siempre.

Mi más grato agradecimiento al Ing. Byron Paul Corrales Bastidas; Ms.C director de tesis, por su orientación, enseñanzas, constante apoyo y guía. Para la culminación del presente trabajo de titulación.

A todos ellos mi eterna consideración y gratitud.

Jorge

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la oportunidad de vivir y darme un espíritu de lucha para poder llegar a alcanzar mis metas ya que sin su voluntad no podría alcanzar los objetivos planteados.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por ser una gran institución que me abrió las puertas y oportunidades para adquirir los conocimientos necesarios, a los docentes de la carrera, por ser uno de los motores de la Universidad para transmitir el conocimiento y haber sido un apoyo en mis estudios y en la culminación del proyecto.

Ángel



DEDICATORIA

Con todo el amor de mi corazón se lo dedico a mis queridos padres, esposa e hijas que han estado en todo momento y lugar siempre apoyándome incondicionalmente sin importar los malos y bellos momentos, quienes que con amor y sacrificio, supieron motivarme.

Jorge

Dedico el presente proyecto de grado a mis padres y hermanos, fuente fundamental de fortaleza en todos los momentos de mi carrera, por haberme brindado su apoyo incondicional y contingente moral, siendo ellos el pilar fundamental en mi vida, quienes han estado siempre a mi lado. Por haberme impulsado día a día a seguir adelante y ser un profesional.

A cada uno de mis familiares que han estado presentes en cada etapa de mi vida, brindándome su apoyo y confianza.

Ángel



ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA.....	i.
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
INDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
RESEUMEN	xvii
ABSTRACT T	xx
AVAL DE TRADUCCIÓN	xxii
INTRODUCCIÓN	xxiii
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
1.1.Título del Proyecto:	1



2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	3
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
6. OBJETIVOS:	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	6
8.1. CONTROL.....	6
8.1.1. Objetivos del Control.....	7
8.1.2. Control Industrial.....	7
8.2. MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL INDUSTRIAL.....	8
8.2.1. Fundamentos Básicos de un Módulo Didáctico	8
8.3. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN.....	10
8.3.1. Interruptor Automático Magnetotérmico	10
8.3. PORTAFUSIBLE Y FUSIBLE	11
8.4.ELEMENTOS ELÉCTRICOS, APARATOS DE MANDO, REGULACIÓN Y CONTROL DE SISTEMAS ELÉCTRICOS.....	12
8.4.1. Elementos Eléctricos	12
8.4.2. Alambre eléctrico.	13



8.4.3. Canaletas	14
8.4.4. Riel DIN	14
8.4.5. Placa Perforada.....	15
8.4.6. Terminales, Plugs Bananas y Jacks.....	15
8.5. ELEMENTOS AUXILIARES DE CONTROL.....	16
8.5.1. Pulsador marcha (verde)	16
8.5.2. Pulsador paro rojo	17
8.5.3. Luces piloto LED (rojo verde)	18
8.5.4. Pilotos de Señalización y Zumbadores	19
8.5.5. Selectores 3 posiciones	20
8.6. ELEMENTOS ELECTROMECAÑICOS	21
8.6.1. Contactor Electromagnético	21
8.6.2. El Relé	23
8.7. MOTORES ELÉCTRICOS	24
8.7.1. Clasificación de los motores según tipo de corriente utilizada en su alimentación.....	24
8.7.2. Motores Asíncronos de rotor bobinado	26
8.7.3. Motores Asíncronos tipo Jaula de ardilla	27
8.8. CIRCUITOS ELÉCTRICOS.....	27
8.8.1. Circuitos Eléctricos en una Instalación de un Automatismo	27
8.9. ARRANQUES DEL MOTOR DE INDUCCIÓN JAULA DE ARDILLA.....	30



8.9.1. Arranque Directo.....	30
8.9.2. Arranque estrella - triángulo de motores trifásicos de jaula.....	32
8.93. MEDIDORES DE VARIABLES ELÉCTRICAS	33
8.9.3. Amperímetros.....	33
8.9.4. Voltímetros.....	33
9. VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	34
10. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	34
10.1. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	34
10.2. MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	34
10.3. DESCRIPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE ARRANQUE DE MOTORES	36
10.3.1. INTRODUCCIÓN	36
10.3.2. CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO	37
10.3.3. Selección de elementos de control.....	38
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	44
11.1. Evaluación cualitativa de las alternativas de Diseño	44
11.3.1. Arranque de motor directo.....	45
11.3.2. Arranque estrella-triángulo.....	45
11.2. VALORES DE LAS VARIABLES EN EL ARRANQUE	46
12. IMPACTOS	48



12.1. Económicos.....	48
12.2. Ambientales	48
12.3. Sociales	48
13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO:	49
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
14.1. CONCLUSIONES	50
14.2. RECOMENDACIONES:.....	50
15. BIBLIOGRAFÍA BIBLIOGRAFÍA CITADA	52
ANEXOS	54
ANEXO 2. PLANO ELÉCTRICO DEL MÓDULO DIDÁCTICO.....	56
ANEXO 3. IMAGEN DEL MONTAJE DE LOS ELEMENTOS EN EL MÓDULO	57
ANEXO 3. IMAGEN DE EJECUCIÓN DE LAS PRÁCTICAS	61
ANEXO 4. GUÍAS DE LABORATORIO PARA EL ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS.....	62

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios del proyecto	4
Tabla 2. Sistema de tareas en relación con los objetivos planteados.....	6
Tabla 3. Interruptores magnetotérmicos	11
Tabla 4. Porta fusible y fusibles.....	12
Tabla 5. Codificación conductores	13
Tabla 6. Código de colores de cables.....	14
Tabla 7. Características técnicas pulsadores	16
Tabla 8. Características pulsador CANSCO	18
Tabla 9. Luces piloto.....	19
Tabla 10. Especificaciones técnicas Contactores.....	21
Tabla 11. Contactos auxiliares	22
Tabla 12. Relé 12 V DC y 110 V AC	24
Tabla 14. Selección de contactor	39
Tabla 15. Evaluación cualitativa de las alternativas de diseño	44
Tabla 16. Valores de corriente /tiempo conexiones estrella - triángulo.....	47
Tabla 17. Presupuesto del proyecto	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Interruptor magnetotérmico.....	10
Figura 2. Portafusible y fusible.....	11
Figura 3. Conductores eléctricos	13
Figura 5. Canaletas	14
Figura 6. Riel DIN	15
Figura 7. Placas perforadas.....	15
Figura 8. Terminales, plugs bananas y jacks	16
Figura 9. Funcionamiento del interruptor.....	17
Figura 10. Simbología pulsador CANSCO	17
Figura 11. Pulsador Momoblock	18
Figura 12. Luz, piloto zumbadores	19
Figura 13. Conexión de Selector 3 Posiciones	20
Figura 15. Contactor electromagnético.....	21
Figura 16. Contactos auxiliares	23
Figura 17. El relé	23
Figura 18. Motor Asíncrono.	25
Figura 22. Estator y rotor de motor eléctrico asíncronico.	26
Figura 23. Despiece del motor de rotor bobinado.	26

Figura 24. Sección de motor eléctrico asíncrono Jaula ardilla.	27
Figura 25. Circuito de potencia elementos estado sólido	28
Figura 26. Circuito de mando o funcional y de conexión.....	29
Figura 27. Circuito de conexión de motores.....	30
Figura 28. Arranque directo de motor trifásico.....	31
Figura 29. Curvas características arranque directo y estrella - triángulo.....	31
Figura 30. Circuito de potencia y mando para el arranque estrella-triángulo.....	32
Figura 31. Curvas Arranque estrella - triángulo	32
Figura 32.. Conexión del amperímetro en el circuito	33
Figura 33. Conexión del voltímetro en el circuito	33
Figura 34. Placa del motor.....	38
Figura 35. Tabla A.52-1 BIS (UNE 20.460 -5-523:2004).....	41
Figura 36. Tabla 52-1B (UNE 20.460 -5-523:2004.....	42
Figura 41. Arranque estrella-triángulo, sentido de rotación horario, ejemplo de un SDAINL	46
Figura 42. Curva de Intensidad/tiempo arranque estrella – triángulo.....	47



ÍNDICE DE ECUACIONES

EC 1. Cálculo de la corriente	35
EC 2. Cálculo de la potencia.....	35
EC 3. Intensidad plena carga	36
EC 4. Cálculo de la caída de tensión	36
EC 5. Cálculo de la corriente	40

ÍNDICE DE ANEXOS

Ilustración 1. Vista del panel de control en AUTOCAD	54
Ilustración 2. Diagrama del panel de control en AUTOCAD	55
Ilustración 3. Tablero de doble fondo (1.20x0.80x0.40)cm.....	57
Ilustración 4. Lamina de tool 1.1mm	57
Ilustración 5. Cortado y doblado de la lamina de tool 1.1mm	58
Ilustración 6. Resultado del doblado de la lamina de tool 1.1mm	58
Ilustración 7. Trazado y perforado de la lamina de tool 1.1mm	58
Ilustración 8. Resultado final perforación de la lámina de tool 1.1mm	59
Ilustración 9. Colocación de pulsadores y luces pilotos.....	59
Ilustración 10. Inicio de armado del tablero de control.....	59
Ilustración 11. Colocación del riel DIN	60
Ilustración 12. Colocación de pulsadores, amperímetros y voltímetros	60
Ilustración 13. Colocación de contactores.....	60
Ilustración 16. Vista frontal del tablero.....	61
Ilustración 17. Conexión de cables para el arranque directo.....	61



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

TITULO: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE CONTROL INDUSTRIAL PARA DETERMINAR VARIABLES ELÉCTRICAS EN ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS”.

Autores:

Guanoluisa Amaya Jorge Abelardo

Licto Robayo Ángel Xavier

RESUMEN

En la actualidad la utilización de motores de inducción en todas las industrias es una de las tareas más comunes y sin estas máquinas eléctricas no se podría ejecutar procesos productivos los cuales dinamizan la industrialización de bienes y servicios, por ello este proyecto busca incentivar su práctica, mediante la implementación de un módulo destinado al control de los motores y el conocimiento necesario para poder analizar las variables de tensión e intensidad que se presentan en el momento del arranque de los motores trifásicos, para esto se dará al estudiante una herramienta, que ayudara de forma práctica en su formación profesional, se trata de un módulo didáctico en el cual los estudiantes puedan realizar las diferentes conexiones mediante procesos manuales con elementos de control de estado sólido muy comunes en pequeñas y medianas industrias y de esta forma desarrollen sus conocimientos teóricos de control industrial y lo apliquen en la práctica, reforzando de esta manera su profesionalismo que lo podrán aplicar en los diferentes trabajos que les toque desempeñar en el ámbito laboral.

Entre sus partes principales están: el acoplamiento de contactores, relés térmicos, fusibles de protección, pulsantes de marcha y paro, pilotos de señalización, motor trifásico para ser controlado y los instrumentos de medida que son la base para determinar las variables que varían con las diferentes conexiones para el arranque de los motores trifásicos, mismas que deben ser controladas para evitar el daño de los equipos y lo que es más el consumo



innecesario de energía que repercute en los costos de producción y la disminución de la economía de la empresa.

Para el dimensionamiento de los equipos se tomó en cuentas las especificaciones técnicas como el tamaño, la forma y la estructura de cada uno de ellos, de esta forma se obtuvo las dimensiones de los paneles hasta dar cabida a todos sus componentes.

Palabras clave: Motores trifásicos, contactores, control de variables manipulación de equipos



TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES FACULTY

TITLE: "DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN INDUSTRIAL CONTROL MODULE TO DETERMINE ELECTRICAL VARIABLES IN THREE-PHASE MOTORS START".

Authors:

Guanoluisa Amaya Jorge Abelardo

Licto Robayo Ángel Xavier

ABSTRACT

Currently the use of induction motors in all industries is one of the most common tasks and without these electrical machines could not run productive processes which boost the industrialization of goods and services, so this project seeks to encourage their practice, by means of the implementation of a module for the control of the motors and the necessary knowledge to be able to analyze the variables of voltage and intensity that appear at the moment of the start of the three-phases motors, for this the student will be given a tool, which will help them in a practical form in their professional training, it is a didactic module in which students can make the different connections through manual processes with elements of solid state control very common in small and medium industries and in this way develop their theoretical knowledge of control and apply it in practice, reinforcing In this way, they will be able to apply their professionalism in the different jobs they have to perform in the workplace. Among its main parts are: the coupling of contactors, thermal relays, protection fuses, start and stop pulses, signaling pilots, three-phases motors to be controlled and the measuring instruments that are the basis to determine the variables that vary with the different connections for starting three-phase motors, which must be controlled to avoid



damages to the equipment and what is more the unnecessary consumption of energy that has an impact on production costs and the reduction of the economy of the company. For the sizing of the equipment, the technical specifications were taken into account such as the size, shape and

structure of each of them, thus obtaining the dimensions of the panels to accommodate all its components.

Keywords: Three-phase motors, contactors, variable control equipment manipulation.



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por el señores Egresados de la Carrera de **Ing. en Electromecánica** de la Unidad Académica de **CIYA, Guanoluisa Amaya Jorge Abelardo y Licto Robayo Ángel Xavier.**, cuyo título versa “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE CONTROL INDUSTRIAL PARA DETERMINAR VARIABLES ELÉCTRICAS EN ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS**”, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, 2 agosto del 2018

Atentamente,

.....
Lic: Bolívar Maximiliano Cevallos Galarza
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
CI: 050210421-9

INTRODUCCIÓN

La implementación de un módulo didáctico, de control eléctrico para el arranque de motores trifásicos ayuda a variar de diferente manera el conocimiento en sistemas electromecánicos en donde se controlará las variables de tensión e intensidad.

En la Carrera de Ingeniería en Electromecánica se recibe la asignatura de Máquinas Eléctricas en la cual se enfoca el arranque de motores de inducción trifásicos mediante elementos de control, los mismos que se desarrollan en módulos de control industrial, para lo cual se ha diseñado y construido un módulo para el control de un motor, el cual consta de instrumentos de medición que permitan obtener los datos de estas variables y el comportamiento de los parámetros de intensidad y tensión en este tipo de máquinas eléctricas.

El módulo didáctico tiene la facilidad de realizar varias conexiones en el motor, con lo cual se va adiestrando a los usuarios de este equipo para que se familiaricen con los parámetros de las variables investigadas, para sacar conclusiones de las ventajas y desventajas de los arranques.

Existen equipos que facilitan la puesta en funcionamiento de los motores trifásicos de manera manual, además de instrumentos que miden las variables de tensión e intensidad como son los voltímetros y amperímetros, cuya función básica es la de comparar las variables eléctricas en el momento que entran a funcionar los motores sea en vacío o con carga. En el módulo objeto del trabajo las variables pueden ser visualizados en los instrumentos de medida, así como simular mediante los elementos de control arranque con diversas conexiones por lo que el módulo es ideal para las prácticas en el laboratorio.

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Título del Proyecto:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE CONTROL INDUSTRIAL PARA DETERMINAR VARIABLES ELÉCTRICAS EN ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS”.

Fecha de inicio:

Abril del 2018

Fecha de finalización:

Agosto del 2018

Lugar de ejecución:

San Felipe – Latacunga – Latacunga – Cotopaxi – Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que auspicia

Ciencias de la ingeniería y Aplicadas (CIYA)

Carrera que auspicia:

Ingeniería Electromecánica

Coordinadores.

Datos personales

Nombres y Apellidos

Guanoluisa Amaya Jorge Abelardo

Cédula de identidad

050218617-4

Ciudad

Cotopaxi, Latacunga

Teléfono	0999811193
E-mail	aguilmetal@hotmail.com
Datos personales	
Nombres y Apellidos	Licto Robayo Ángel Xavier
Cédula de identidad	050316486-5
Ciudad	Cotopaxi, Latacunga
Teléfono	0995822373
E-mail	axlr86@hotmail.com

Área de Conocimiento:

- Ingeniería, Industria y Construcción

Línea de Investigación

El proyecto a realizarse este sujeto según los lineamientos de investigación de la institución al - punto “procesos industriales” de acuerdo a las diferentes características técnicas. Así como la implementación de sistemas eléctricos de control que reemplace la intervención directa del humano en actividades mecánicas.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

- Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto se refiere al diseño, construcción e implementación de un módulo didáctico de control industrial para arranque del motor trifásico que permite visualizar las magnitudes eléctricas como: tensión e intensidad de uso frecuente por parte de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi. El principio fundamental es poner en práctica la determinación de las variables

eléctricas en arranques de motores trifásicos, así como el comportamiento de las magnitudes eléctricas de tensión e intensidad en conexión estrella-triángulo y arranque directo.

La determinación de variables eléctricas en arranque de máquinas trifásicas tiene la finalidad de relacionar la parte teórica con la práctica comprobando las variables como: intensidad y voltaje en el arranque del motor.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto consiste en diseñar y construir un módulo de control industrial para determinar variables eléctricas, en este caso: la intensidad y el voltaje, en el arranque de un motor trifásico poniéndolo a disposición del laboratorio que permita obtener un conocimiento práctico.

El sistema a emplearse en el proyecto está orientado a facilitar la visualización de las magnitudes de tensión e intensidad por parte de los estudiantes con la ayuda del docente cuando el motor arranque en vacío, mediante la observación de los instrumentos de medición acoplados al módulo como el amperímetro utilizado en la medición de la corriente y el voltímetro para medir la tensión.

Me permite la facilidad de realizar las prácticas de laboratorios, así como son:

- Arranque directo
- Arranque estrella – triángulo

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

En este apartado se puede identificar dos tipos de beneficiarios.

Tabla 1. Beneficiarios del proyecto

Beneficiarios Directos	Beneficiarios Indirectos
Los beneficiarios directos de este proyecto son los postulantes de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Postulantes: Guanoluisa Jorge Licto Ángel.	Serán 240 estudiantes en el período 2018 -2019 de la Carrera Ingeniería en Electromecánica y de las futuras generaciones que se preparen en la UTC.

Fuente: Los autores

5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la UTC se tiene en la malla curricular y pensum de estudio con las asignaturas de máquinas eléctricas y control industrial, conocimientos que son fundamentales para el profesionalismo de los ingenieros electromecánicos y a la necesidad de materiales para la ejecución de prácticas de control y funcionamiento de máquinas trifásicas para la determinación de las variables de intensidad y tensión, así como instrumentos que permitan visualizar su variación al momento del arranque en vacío.

Dada esta situación, se observa la necesidad de realizar prácticas de conexiones en el laboratorio para dar solución a las necesidades antes planteadas, como son las de visualizar las magnitudes mediante sus respectivas conexiones en un módulo que facilite estas operaciones, lo que serían el inicio para la ejecución de prácticas de arranque de motores mismas que tienen un diseño elemental para la iniciación de las destrezas que en lo posterior sería la base para el control eléctrico en los talleres e industrias donde se tenga que laborar, contribuyendo a desarrollar las prácticas de laboratorios mediante la implementación de este módulo.

Por lo expuesto anteriormente surge la necesidad del diseño y construcción de un módulo

didáctico para el control industrial que nos permita el equipamiento de los laboratorios de la UTC

6. OBJETIVOS:

Objetivo General

Diseñar y construir un módulo didáctico de control industrial para determinar las variables eléctricas en el arranque de un motor trifásico en conexión estrella-triángulo y arranque directo

Objetivos Específicos

- Investigar las principales características de funcionamiento de los diferentes dispositivos eléctricos para la implementación en un módulo didáctico
- Diseñar un módulo que tenga la facilidad de manipular sus distintos elementos de control y su respectiva conexión.
- Implementar el módulo didáctico.
- Realizar guías que faciliten la conexión del módulo en las prácticas de laboratorio.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

A continuación, se presenta un cuadro en el que se observa las actividades que se propone realizar para cumplir cada uno de los objetivos.

Tabla 2. Sistema de tareas en relación con los objetivos planteados

OBJETIVO	ACTIVIDAD	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
Investigar las principales características, funcionamientos de los diferentes dispositivos eléctricos para la implementación en un módulo didáctico	Consultar en fuentes bibliográficas los contenidos del marco teórico que se enfoca en el proyecto	Obtener conocimientos como base para el marco teórico del funcionamiento de los principales dispositivos eléctricos y electrónicos utilizados en el módulo didáctico.	Investigación bibliográfica documental, experimental, en medios de consulta que se disponga
Diseñar un módulo que tenga la facilidad de manipular sus distintos elementos de control y su respectiva conexión.	Ubicación de los equipos y materiales adecuadamente	Planos eléctricos y estructurales.	Diseño de los planos eléctricos y mecánicos.
Implementar el módulo didáctico.	Conexiones eléctricas, pruebas de funcionamiento.	Módulo didáctico	Instalación de los equipos y materiales.
Realizar guías que faciliten la conexión del módulo en las prácticas de laboratorio.	Elaboración de formatos de prácticas de laboratorio para el arranque de motores trifásicos. Proporcionar las guías a los estudiantes para que ejecuten sus prácticas	Guías elaboradas para ser entregadas a los estudiantes. Prácticas de laboratorio planteadas y ejecutadas por los estudiantes	Utilización del módulo siguiendo las instrucciones de conexión que constan en las guías de laboratorio

Fuente: Los autores

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. CONTROL

Para TIMOTHY J. (2010) al referirse al control “Con base en la comparación entre el sistema de información y la intervención humana, los circuitos de control toman decisiones, las cuales tendrán que ver con la subsiguiente acción del sistema en sí, como arrancar o detener un motor, acelerar o desacelerar un movimiento mecánico, abrir o cerrar

una válvula de control o incluso, detener completamente el sistema debido a una condición de inseguridad.”[1]

8.1.1. Objetivos del Control

- Mejorar la productividad de las empresas, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Integrar la gestión y producción.
- Control programable.

8.1.2. Control Industrial

Según TIMOTHY, J (2010) “Generalmente son los métodos y maneras de controlar el comportamiento de un aparato, máquina, o sistema eléctrico. El sistema que controla el arranque, parada, dirección de movimiento, aceleración, velocidad y retraso del miembro móvil.” [2]

8.1.2.1. Control Eléctrico

Un dispositivo o grupo de dispositivos que sirven para gobernar en alguna manera predeterminada el suministro de potencia eléctrica al aparato que se controla.

Partes y funcionamiento de los elementos principales que intervienen en el control eléctrico: contactores, relevadores, temporizadores, botoneras, diferentes tipos de interruptores, lámparas indicadoras, entre otros.

8.1.2.2. Control Manual

Se considera que se tiene un control manual cuando se asigna a un operador para que esté pendiente de los cambios que experimenta una variable y que él mismo sea el encargado de modificar las variables para que se tenga un comportamiento deseado. Es decir, que se hace funcionar a mano, se requiere la intervención de la mano del hombre para que actúe cualquier dispositivo. [3]

8.2. MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL INDUSTRIAL

8.2.1. Fundamentos Básicos de un Módulo Didáctico

El módulo didáctico de control industrial para el control de las variables en el arranque de motores trifásicos está diseñado y construido para que los estudiantes puedan realizar prácticas de laboratorio, permitiendo al estudiante adiestrarse progresivamente desde aplicaciones muy simples como encender una lámpara hasta sistemas complejos de control industrial.

Para elaborar un módulo didáctico de control industrial para determinar variables eléctricas de voltaje e intensidad en arranque de motores trifásicos se debe considerar los siguientes aspectos:

- Estudiar las nuevas tendencias para la adquisición de variables mediante instrumentos de medición actuales.
- Diseñar la estructura del módulo.
- Seleccionar adecuadamente los materiales para la estructura del módulo.
- Elegir los elementos, dispositivos y materiales eléctricos de acuerdo a las características y función que van a desempeñar.
- Dimensionar en el módulo cada uno de los elementos, dispositivos y materiales eléctricos previo al montaje.
- Elaborar el módulo didáctico.

- Instalar adecuadamente los elementos, dispositivos y materiales para garantizar un correcto funcionamiento.
- Acoplar cada uno de los instrumentos de medición con la codificación de sus terminales para evitar errores y daños en los equipos.
- Disponer de elementos de contacto para la conexión y desconexión sin tener que atornillar a cada momento.

El módulo didáctico se compone por los elementos de mando, control y señalización así como elementos de control de estado sólido como contactores, relés y fusibles que controlan los motores en forma manual.

En la Universidad Técnica de Cotopaxi en años anteriores se ha venido ejecutando varios proyectos de tesis con el fin de implementar los laboratorios de las distintas carreras que oferta la Universidad. Así tomando como referencia en la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas en la Carrera de Ingeniería Electromecánica se viene implementando módulos didácticos, tableros de prácticas, prototipos de varios temas así por ejemplo: control neumático, bandas transportadoras, control nivel de líquidos respectivamente, los mismos que se incorporan a los laboratorios para llegar con el conocimiento y relacionar la teoría con la práctica esencial para la formación integral de sus egresados en las diferentes ingeniería que oferta la UTC.

Teniendo en cuenta las anteriores referencias es evidente la necesidad de diseñar y construir un módulo didáctico que facilite el proceso de aprendizaje y entrenamiento de los estudiantes en el campo de control industrial con el objetivo de mejorar los conocimientos, habilidades y destrezas; de tal manera que permita el desarrollo de la creatividad, la innovación en cada una de sus aplicaciones prácticas de control industrial mediante la utilización de elementos de estado sólido como los contactores y relés que permiten controlar y monitorear sus variables para visualizarlos y de esta manera dimensionarlos y colocar las protecciones necesarias en el funcionamiento de los motores trifásicos.

8.3. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

8.3.1. Interruptor Automático Magnetotérmico

Según SCHNEIDER (2010) es un “Aparato mecánico que protege los circuitos contra corto circuitos dentro de unos límites de corte asignados con la característica que la apertura de uno solo de los polos es suficiente para abrir todos los demás. Adicionalmente permite protección por sobrecargas.”[4]

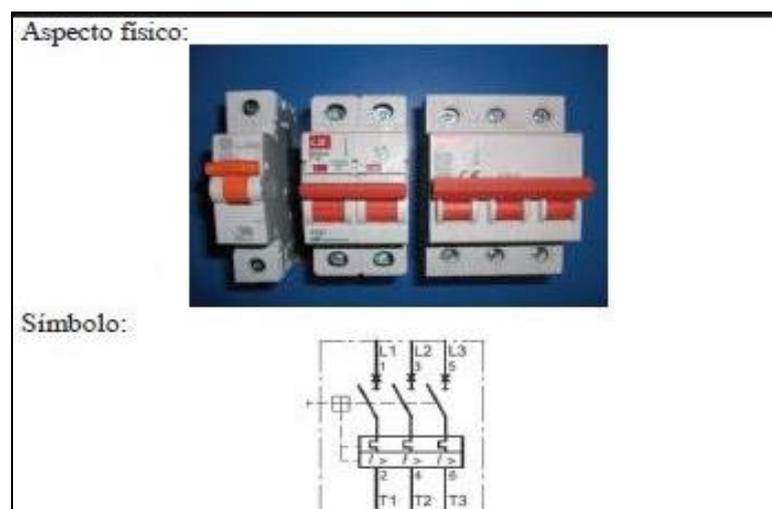
Su misión es la de proteger a la instalación y al motor, abriendo el circuito en los siguientes casos:

- Cortocircuito: En cualquier punto de la instalación.
- Sobrecarga: Cuando la intensidad consumida en un instante, supera la intensidad a la que está calibrada el magnetotérmico.

Para la elección del interruptor magnetotérmico se deberán seguir los siguientes pasos:

1. Hay que seleccionar el tipo de curva de disparo.
2. Elegir el calibre o intensidad nominal, cuyo valor será inferior o igual a la que consume el receptor de forma permanente.

Figura 1. Interruptor magnetotérmico



Fuente: MEDINA JONATHAN, “Control Industriales” , Pág. 8, 2010.

Elaborado por: Investigadores

En la siguiente Tabla 3., se describe las especificaciones técnicas de los interruptores magnetotérmicos:

Tabla 3. Interruptores magnetotérmicos

MARCA	LS Industrial Systems LG BKN
Mando y protección contra sobrecargas y cortocircuitos:	Instalaciones domésticas, distribución terminal, sector terciario, sector industrial.
Tipo	Monopolar, bipolar y tripolar
Calibre	1 a 63 ^a a 30° C
Tensión de empleo	120/230 VCA
Poder de corte (Icu)	Según IEC 60898, 3P 16 A, 2 16 A y 1P 10 A 1
Maniobras	(A-C) 20000
Conexión Bornes para cables rígidos de hasta:	-25 mm ² para calibre ≤25 A -35 mm ² para calibres 32 a 63 A
Homologación	Producto certificado AENOR conforme a la norma IEC 60898

Fuente: Manual distribuidor

Elaborado por: Investigadora

8.3. PORTAFUSIBLE Y FUSIBLE

Para GASPAR, Ángel (2010) es un “Elemento únicamente de protección frente a cortocircuitos. Se compone de un hilo delgado que se funde por efecto Joule al ser atravesado por la corriente de cortocircuito. En altas potencias, existen fusibles trifásicos que al fundirse alguno de los hilos, produce la apertura en las otras fases, evitando así una peligrosa (para motores) alimentación desequilibrada” [5]

Figura 2. Portafusible y fusible



Fuente: GASPAR Ángel, “Automatismos

Elaborado por: Investigadores

En Tabla 4, se describe las especificaciones técnicas de los Portafusibles y fusibles:

Tabla 4. Porta fusible y fusibles

Marca	SASSIN, CAMSCO FUSE LINK	
Voltaje	500V, 80 kA	
GI	Protección de cables y conductores Sobrecargas y cortocircuitos	
Tipo	RT14-20	
Normas	VDE 0636 y IEC 269	
Corriente	2 A, 4 A, 6 A, 10 A, 16 A, 20 A, 25 A, 32 A	
Material	Cerámica	
Porta fusible	Dispositivo mecánico	Acciona mediante el Percutor liberado.
Normas	IEC 63211	
Calibre	10 x 38 MM	

Fuente: Manual fabricante

Elaborado por: Investigadores

8.4. ELEMENTOS ELÉCTRICOS, APARATOS DE MANDO, REGULACIÓN Y CONTROL DE SISTEMAS ELÉCTRICOS

8.4.1. Elementos Eléctricos

Para realizar el montaje completo de un tablero didáctico de control de motores trifásicos en una instalación de eléctrica industria, es necesario utilizar una serie de accesorios. A continuación, se detallan los elementos que se han utilizado en la práctica:

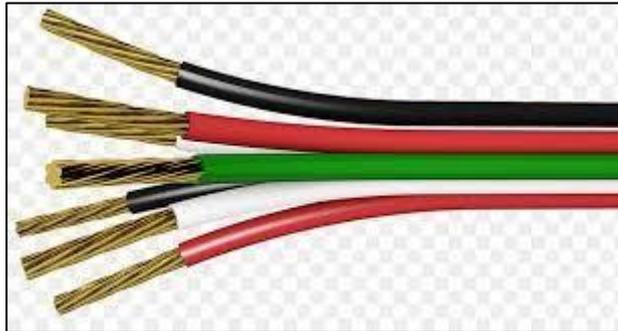
- Alambre eléctrico.
- Cable eléctrico.
- Canaletas.
- Riel DIN.
- Placas perforadas.
- Terminales.

8.4.2. Alambre eléctrico.

Según SANCHEZ, O. y otros (2011) “Es un conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por un solo elemento o hilo conductor. Se emplea en líneas aéreas como conductor desnudo o aislado tal como se indica en la figura 3, en instalaciones eléctricas a la intemperie, en ductos o directamente sobre aisladores.”

Para la construcción de los conductores se utilizan metales como: cobre, aluminio o aluminio cubierto con una capa delgada de cobre. Los alambres de cobre sólido son los mejores conductores de electricidad y son los más comúnmente utilizados.

Figura 3. Conductores eléctricos



Fuente: Sánchez Orto. (2011)

Elaborado por: Investigadores

La tabla 5, indica las características y especificaciones técnicas de los conductores eléctricos

Tabla 5. Codificación conductores

Marca	Conel S.A
Resistencia	600 v
Código	AWG
Fabricado en	Ecuador
Numeración	# 16
Colores	Blanco, negro, rojo, verde

Elaborado por: Investigadores

En las normativas internacionales para instalaciones eléctricas los cables tienen un color de codificación para identificar su función, en la Tabla 6 se puede apreciar el código de colores y su función.

Tabla 6. Código de colores de cables

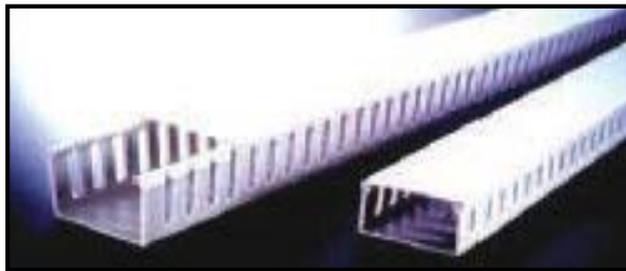
Color de cable	Función
Blanco (Exclusivo)	Cable neutral con corriente sin voltaje.
Negro, Rojo, Azul, Café	Cable caliente. Corriente alto voltaje.
Blanco, marcas negras	Cable caliente. Corriente alto voltaje.
Verde (Exclusivo)	Sirve como ruta a tierra.
Alambre de cobre sin cubierta	Sirve como ruta a tierra.

Fuente: Black & Decker, Instalaciones Eléctricas, Pág. 26, 2009

Elaborado por: Investigadores

8.4.3. Canaletas

Las canaletas sirven para realizar el cableado en su interior deben ser de material aislante. Las canales y conducciones deben prever un espacio libre para reserva del 20% del total de su volumen y en ningún caso superarán un llenado total superior al 90% del volumen útil de la canaleta.

Figura 4. Canaletas

Fuente: R@OKI, "Control eléctrico con contactores", Pag.40, 2007. **Elaborado por:** Investigadores

8.4.4. Riel DIN

El riel DIN es una platina doblada que se utiliza para la fijación de elementos como: Interruptores de protección, de maniobra, aparatos de medida, regletas, etc. Se fija en el fondo del armario, o en el chasis, con remaches, tornillos o piezas especiales.

Figura 5. Riel DIN

Fuente: MEDINA JONATHAN, “Control Industrial”, Pág. 6, 2010.

Elaborado por: Investigadores

8.4.5. Placa Perforada

Es una placa soporte, de una sola pieza, que no necesita mecanizado. Permite el montaje rápido de los aparatos eléctricos, con unos accesorios llamados tuercas-clip, pernos de sujeción como se indica en la figura 6.

Figura 6. Placas perforadas

Fuente: MEDINA JONATHAN, “Control Industriales”, Pág. 6, 2010.

Elaborado por: Investigadores

8.4.6. Terminales, Plugs Bananas y Jacks

Los conductores que se encuentran en el cuadro eléctrico, deben tener una buena terminación que evite las desconexiones o falsos contactos. Para esto se utilizan piezas de terminales de ojal Tipo OJO VF2-4 y horquilla Tipo U 2-3YS, plugs bananas y jacks rojos y negros que permiten realizar una correcta conexión de los cables, en los bornes o aparatos de embarrados.

En la Figura 7., se muestra dos de terminales utilizados en los cuadros eléctricos.

Figura 7. Terminales, plugs bananas y jacks



Fuente: MEDINA JONATHAN, “Control Industrial”, Pág. 7, 2010.

Elaborado por: Investigadores

8.5. ELEMENTOS AUXILIARES DE CONTROL

8.5.1. Pulsador marcha (verde)

Este pulsador está destinado al encendido o paso de corriente mediante el cierre o apertura de sus contactos al recibir una presión en su muelle de resortes. Las características de este elemento se detallan a continuación según las especificaciones del fabricante:

8.5.1.1. Características

Tabla 7. Características técnicas pulsadores

Material del Panel	Aleación de aluminio, superficie negro espejo
Grueso del panel	2,5 mm
Rango del interruptor	250VAC, 5 Amp. Máximo
Vida mecánica	Supera 1 millón de ciclos
Resistencia de los contactos	60mΩ
Resistencia al aislamiento	1000mΩ
Color del LED	Blanco
Voltaje de actuación del LED	12VDC
Consumo del LED	0,22W
Rango de temperatura funcionamiento	-20°C a +60°C
Dimensiones externa	1,90 x W40 x D2,5mm

Fuente: Manual fabricante CANSCO

Elaborado por: Investigadores

Figura 8. Funcionamiento del interruptor



Fuente: GASPAR Ángel, “Control Eléctrico”

Elaborado por: Investigadores

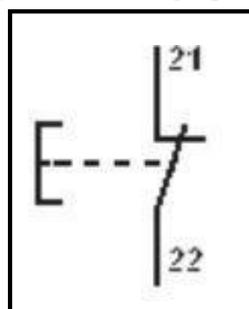
8.5.2. Pulsador paro rojo

Son interruptores de alta capacidad de conducción y de corte.- Los distinguís porque tienen un actuador manual simple (y no dos, tres o cuatro unipolares unidos como en las termo magnéticas domiciliarias). Se utilizan preferentemente en la Industria.

Pulsador metálico color rojo con un contacto cerrado (NC).

El suministro incluye el pulsador completo con un contacto cerrado.

Figura 9. Simbología pulsador CANSCO



Fuente: investigadores

Pulsador metálico enrasado color rojo con un contacto cerrado (NC) diámetro 22 mm. Posibilidad de añadir contactos adicionales.

El suministro incluye el pulsador completo con un contacto cerrado.

8.5.2.1. Características pulsador

Las características y especificaciones se detallan en la siguiente tabla 8

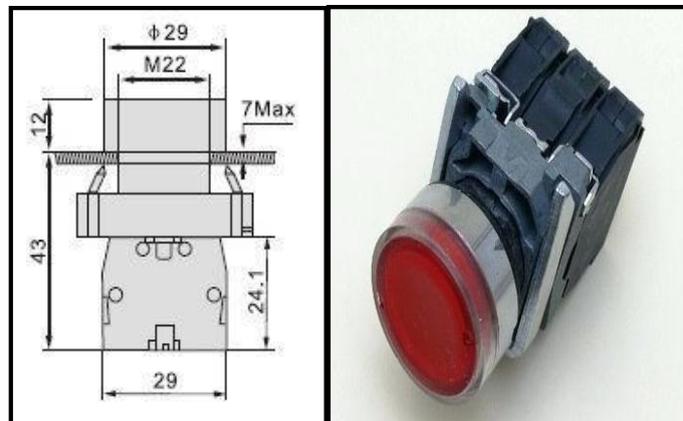
Tabla 8. Características pulsador CANSCO

Color	Rojo
Inscripción	Ninguna
Contacto	1 cerrado NC.
Material	Metálico
Intensidad Nominal de trabajo	10A
Intensidad de Trabajo	220VAC 6A
Tensión máxima de trabajo	415V
Resistencia de contactos	25mΩ
Grado de protección	IP40.

Fuente: Manual fabricante CANSCO

Elaborado por: Investigadores

Figura 10. Pulsador Momoblock



Fuente: Manual fabricante CANSCO

Elaborado por: Investigadores

8.5.3. Luces piloto LED (rojo verde)

Las luces de piloto son un elemento óptico que indica la presencia de electricidad en el tablero mediante los siguientes colores.

El verde para funcionamiento normal, el rojo para la alarma y el amarillo para alguna alerta. Esta luz piloto de baja potencia tiene como propósito dar un aviso visual de que se tiene encendido un equipo electrónico. Mientras el equipo electrónico esté funcionando la luz piloto está encendida demostrando que hay consumo de energía.

El circuito que se propone se puede conectar a cualquier circuito electrónico existente, utiliza un LED consume muy poca corriente.

8.5.4. Pilotos de Señalización y Zumbadores

Para SCHNEIDER (2010) “Son elementos que van ubicados en el lado de control cumpliendo propósitos de información, seguridad o detección de estado actual de otros elementos de mando y/o control. Pueden ser luces indicadoras alarmas visuales o sonoras y demás elementos informativos.” [6]

Figura 11. Luz, piloto zumbadores



Fuente: GASPAR Ángel, “Control Eléctrico”

Elaborado por: Investigadores

En la siguiente Tabla 9, se describe las especificaciones de las luces piloto.

Tabla 9. Luces piloto

Características específicas de las funciones luminosas	
Marca	STECK
Modelo	S-LDS220
Límites de tensión	(V) 24 V: 19,2 a 30 en cc; 21,6 a 26,4 en CA 120 V: 102 a 132 230 V: 195 a 264

Consumo (para todos los colores) Ma:	24 V: 18 mA 120 V: 14 mA 240 V: 14 Ma
Material	Plástico e/y Ligas y Aleaciones Metálicas
Colores	Verde, Rojo, Amarillo
Norma	IEC 60947-5-1
ZUMBADOR SEL IP-65	130V AC/DC \leq 20mA

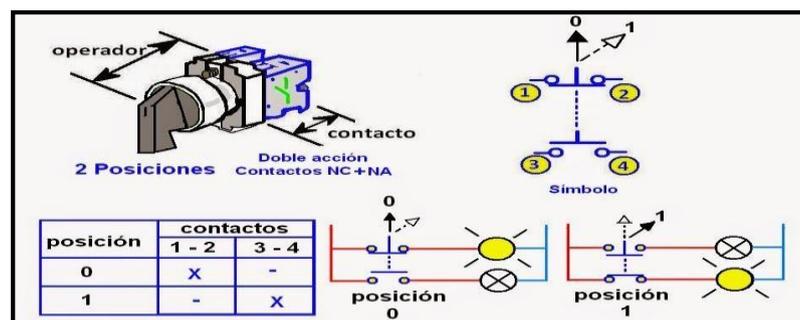
Fuente: manual fabricante STECK

Elaborado por: Investigadores

8.5.5. Selectores 3 posiciones

Los interruptores giratorios proporcionan un método conveniente para la selección de una conexión de circuito exclusiva entre varios simplemente girando un mando giratorio a una posición discreta. También se llaman selectores.

Figura 12. Conexión de Selector 3 Posiciones



Fuente: GASPAR Ángel, "Control Eléctrico"

Elaborado por: Investigadores

En las siguientes figuras se detallan los tipos de selectores que se disponen en el mercado

Los tipos de operadores de los selectores son:

1. Manecilla con palanca,
2. Manecilla simétrica, y
3. Selector con llave

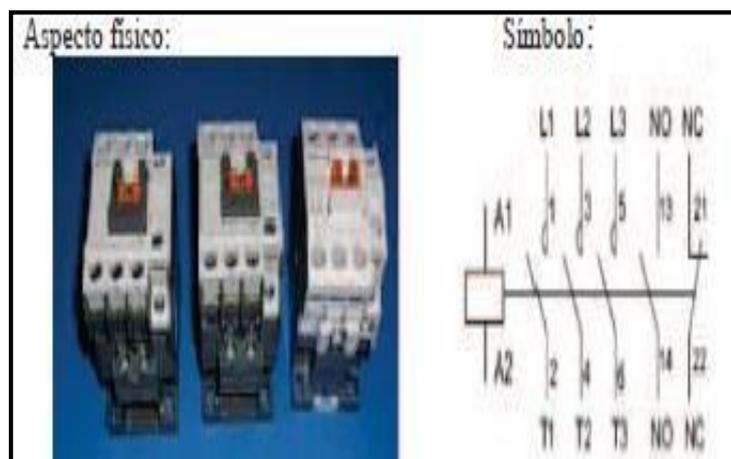
8.6. ELEMENTOS ELECTROMECA'NICOS

8.6.1. Contactor Electromagnético

Según Gonzáles (2012) “Un contactor es un dispositivo de conexión capaz de establecer, soportar e interrumpir la corriente en un circuito. Es un dispositivo de maniobra indicado para la conexión de dispositivos de cierta potencia, como pueden ser motores eléctricos.”

[7]

Figura 13. Contactor electromagnético



Fuente: GONZÁLES Santiago, “Esquema eléctricos (II)”

Elaborado por: Investigadores

Es un dispositivo designado a cerrar o interrumpir la corriente en uno o más circuitos eléctricos, que normalmente funciona con mando a distancia, en lugar de ser operados manualmente. Está diseñado para maniobras frecuentes bajo carga y sobrecargas normales.

En la siguiente Tabla 10., se describe las especificaciones del contactor.

Tabla 10.Especificaciones técnicas Contactores

Marca	LS INDUSTRIAL SYSTEMS
Tipo	GMC 110/220 V
Temperatura ambiente	- 60...+ 80 oC, almacenamiento, - 25... + 60 oC, funcionamiento
Posiciones de funcionamiento.	30° ocasionales, respecto de la posición vertical normal de montaje.
Corriente asignada de empleo (Ie)	9 A, en AC-3 25 A, en AC-1

Corriente térmica convencional (Ith)	25 A, 40 A con q 55 °C.
Corriente temporal admisible (si la corriente era previamente cero tras 15 min. con q 440 °C)	210 A, durante 1 s, 105 A, durante 10 s, 61 A, durante 1 min, 30, durante 10 min.
Protección mediante fusible contra los cortocircuitos	25 A, con fusible gG, tipo 1 20 A, con fusible gG, tipo 2
Bobina 50 ó 60 Hz	0,8 a 1,1 Uc a 55 °C (funcionamiento) 0,3...0,6 Uc a 55 oC (recaída)
Tiempo de funcionamiento	Cierre "NA": 12...22 ms Apertura "NC": 4...19 ms
Conformidad de las normas	Conformidad con las normas IEC 947-1; 947-4-4; NFC 63-110; VDE0660; BS 5424; JEM 10385; EN 60947-1; IEC 947-4.

Fuente: datos técnico fabricante LS INDUSTRIAL SYSTEMS

Elaborado por: Investigadora

8.6.1.1. Contactos auxiliares.

En la siguiente Tabla 11, se describe las especificaciones del contactor, y en la Figura 14, se ilustra una gráfica del mismo:

Tabla 11. Contactos auxiliares

Marca	SASSIN
Tipo	GMC 110/220 V
Tensión de Aislación (Ui): (U i):	660 V 500 V
Máxima frecuencia operativa:	60HZ
Vida Eléctrica en maniobras:	500V
Altitud respecto al mar:	Máx. 2000 m.
Temperatura ambiente:	-5 a + 40 C
Intensidad	6 A
Humedad relativa ambiente	45 - 85%
Conformidad de las normas	Conformidad con las normas IEC 947 VDE 0660

Fuente Manual fabricante SASI

Elaborado por: Investigadora

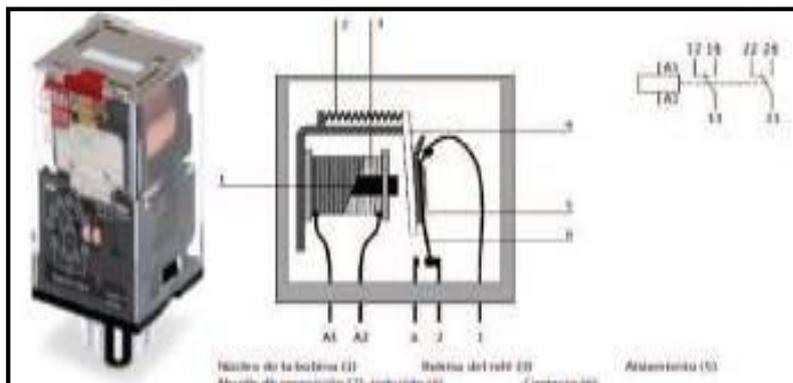
Figura 14. Contactos auxiliares

Fuente: GONZÁLES Santiago, “Esquema eléctricos (II)”

Elaborado por: Investigadora

8.6.2. El Relé

Para OROZCO, A. (2010) “Su operación, constitución y finalidad es igual a las ya descritas para un contactor. Su diferencia principal radica en que el relé sólo posee contactos auxiliares, por lo que no se emplea para controlar los accionamientos de los receptores. Debido a que sus contactos son todos auxiliares, se emplea en la sección de control de un circuito con el fin de actuar como elemento de automantenimiento, esclavización, enclavamiento de contactos, señalización y protección.” [8]

Figura 15. El relé

Fuente: F. Ebel, S. Idler, G. Prede, D. Scholz.,

Elaborado por: Investigadora

En la siguiente Tabla 1.12, se describe las especificaciones de los relés.

Tabla 12.Relé 12 V DC y 110 V AC

Marca	CAMSCO
Tipo	MK2P-I
Grado de protección	Protección contra el contacto directo, IP 2X
Contactos:	250V AC~/28V DC 10 A (N.O.) 5 A (N.C.) 250V AC~7A GEN. COS ϕ = 0.4
N° de Pines	8

Fuente: Manual fabricante CAMSCO

Elaborado por: Investigadora

8.7. MOTORES ELÉCTRICOS

Según CHAPMAN (2008) acerca del motor eléctrico indica que es un dispositivo que puede convertir energía eléctrica en energía mecánica. Todos los motores eléctricos convierten la energía de una u otro forma a través de la acción de campos magnéticos tanto los generadores, transformadores y los motores son dispositivos que se encuentran en cualquier campo de la vida cotidiana moderna.

8.7.1. Clasificación de los motores según tipo de corriente utilizada en su alimentación

Motores de corriente continúa

- De excitación independiente.
- De excitación serie.
- De excitación o derivación.
- De excitación compuesta.

Motores de corriente alterna.

- Motores síncronos.
- Motores asíncronos.

Monofásicos.

- De bobinado auxiliar.
- De espira en corto circuito.
- Universal.

Trifásicos.

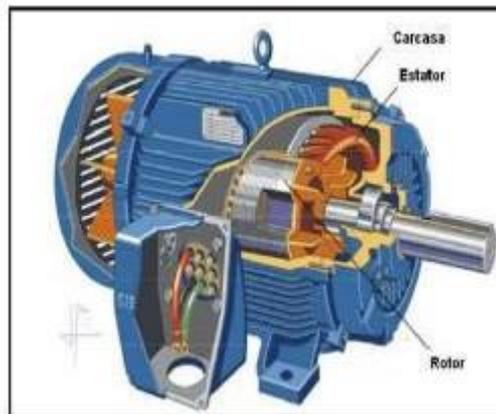
- De rotor bobinado.
- De rotor en corto circuito.

8.7.1.1. Motores Asíncronos

Los motores asíncronos tienen una aplicación más generalizada gracias a su facilidad de utilización, corto mantenimiento y bajo coste de fabricación.

A continuación, en la figura 16 se puede observar un motor asíncrono, la carcasa, estator y rotor.

Figura 16. Motor Asíncrono.



Fuente: Motores Eléctricos, Tecnología eléctrica, Hernández Juan Luis.

Elaborado por: Investigadores

El nombre de motor asíncrono se da a aquellos cuya parte móvil gira a una velocidad distinta a la de sincronismo. Estas máquinas asíncronas tienen su fundamento en el principio de la acción de un campo magnético giratorio sobre un arrollamiento en cortocircuito.

Un motor eléctrico asíncrono está formado por un circuito magnético y dos eléctricos, uno colocado en la parte fija (estator) y otro en la parte móvil (rotor). El circuito magnético está formado por chapas apiladas en forma de cilindro en el rotor y en forma de anillo en el estator.

Figura 17. Estator y rotor de motor eléctrico asíncrono.



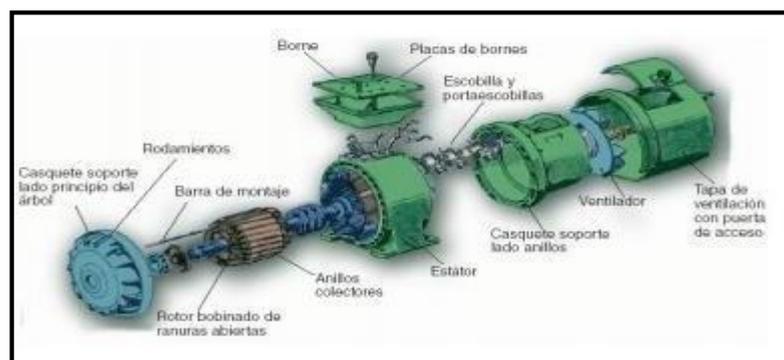
Fuente: Universidad Simón Bolívar, Valle de Sartenejas - Baruta - Edo. Miranda, Caracas Venezuela, Prof. José Manuel Aller.

Elaborado por: Investigadores.

8.7.2. Motores Asíncronos de rotor bobinado

Los devanados son similares a los del estator con el que está asociado. El número de fases del rotor no tiene que ser el mismo del estator, lo que si tiene que ser igual es el número de polos.

Figura 18. Despiece del motor de rotor bobinado.



Fuente: Universidad Simón Bolívar, Valle de Sartenejas - Baruta - Edo. Miranda, Caracas – Venezuela, Prof. José Manuel Aller

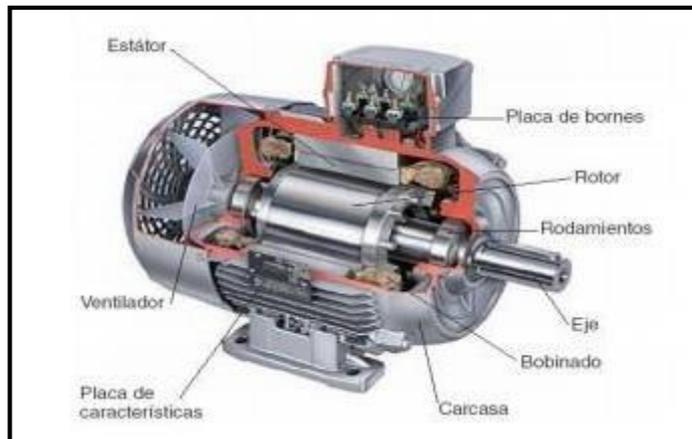
Elaborado por: Investigadores.

La gran ventaja que presentan estos motores es su par de arranque, ya que puede alcanzar hasta 2.5 veces el par nominal, mientras que la intensidad en el arranque es similar a la del par nominal.

8.7.3. Motores Asíncronos tipo Jaula de ardilla

En estos motores los conductores del rotor están distribuidos igualmente por la periferia del rotor. Los extremos de estos conductores están cortocircuitados, por lo tanto no hay posibilidad de conexión del devanado del rotor con el exterior. La posición inclinada de las ranuras mejora las propiedades de arranque y disminuye los ruidos.

Figura 19. Sección de motor eléctrico asíncrono Jaula ardilla.



Fuente: Máquinas eléctricas, Chapman Stephen J. 4ed.

Elaborado por: Investigadores.

8.8. CIRCUITOS ELÉCTRICOS

8.8.1. Circuitos Eléctricos en una Instalación de un Automatismo

En automatismo eléctrico se distinguen tres tipos de circuitos:

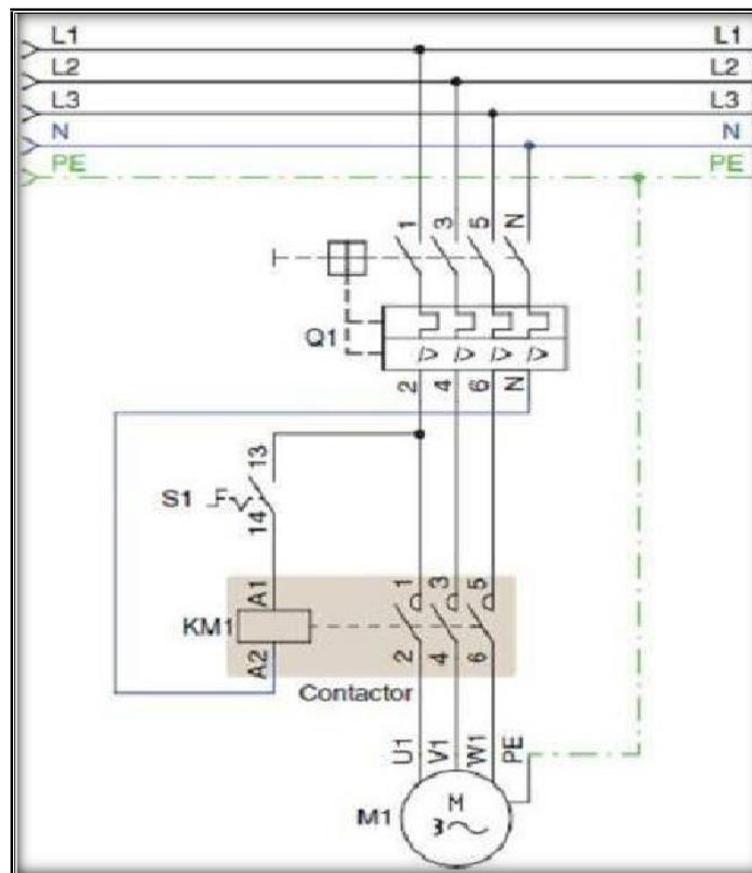
- Circuito de potencia.
- Circuito de maniobras o funcional.
- Circuito de conexiones.

8.8.1.1.Circuito de potencia.

Está constituido por las líneas: L1, L2, L3 que corresponden con las tres fases R, S, T de la corriente alterna trifásica que alimenta el circuito, un interruptor magnetotérmico, uno o más contactores con sus respectivos relés térmicos y finalmente un motor que puede tratarse de un motor asíncrono trifásico, que deberá estar conectado en estrella o triángulo, según sea necesario.

Para este proceso se utiliza la nomenclatura de letras y números los mismos que indican el diagrama cómo y en donde se debe conectar las líneas de alimentación y bornes de los elementos, como se indica en la figura 20.

Figura 20. Circuito de potencia elementos estado sólido



Fuente: VILCHES ENRIQUE, “Automatismos”, Pág. 12, 2009

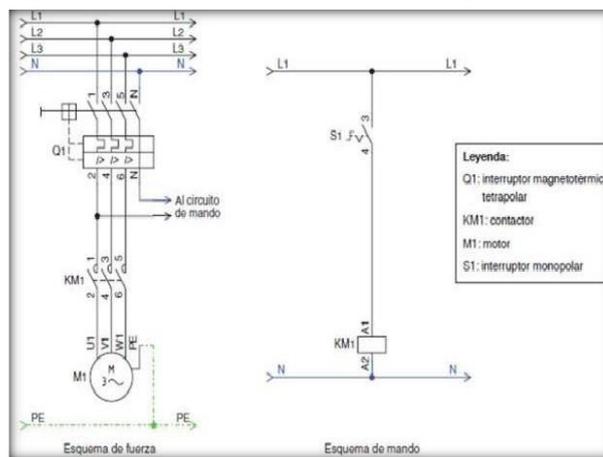
Elaborado por: Investigadores

8.8.1.2. Circuito de mando o funcional.

Es el circuito de control y de señalización, más los símbolos correspondientes a los mandos de control de contactores, relés y otros aparatos controlados eléctricamente, se sitúan unos junto a otros, en el orden correspondiente a su alimentación durante el funcionamiento normal.

Es el que estará sometido a la menor tensión posible, teniendo en cuenta que el receptor de este circuito es la bobina (A1-A2) del contactor, la intensidad que circulará por él será muy inferior a la del circuito de fuerza, por lo tanto, la sección de los conductores puede ser inferior a la del circuito de potencia. El circuito de mando se representa en la Figura 21.

Figura 21. Circuito de mando o funcional y de conexión



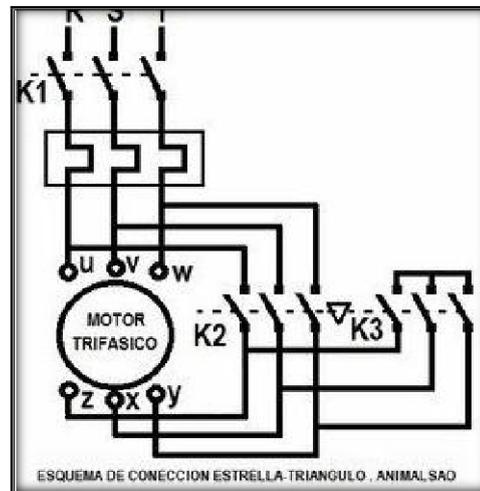
Fuente: VILCHES ENRIQUE, “Automatismos”, Pág. 13, 2009

Elaborado por: Investigadores

8.8.1.3. Circuito de conexiones.

Este circuito es la unión en un solo esquema el circuito de fuerza y el de maniobras, se obtiene el circuito de conexiones. En la Figura 22, se puede ver con claridad cómo se conectan todos los elementos de la instalación.

Figura 22. Circuito de conexión de motores



Fuente: VILCHES ENRIQUE, "Automatismos", Pág. 13, 2009

Elaborado por: Investigadores

8.9. ARRANQUES DEL MOTOR DE INDUCCIÓN JAULA DE ARDILLA

Los motores jaula ardilla al ser conectados absorben una gran intensidad de la red y puede, sobre todo si la sección de la línea de alimentación es insuficiente, provocar una caída de tensión susceptible que afectará a otros abonados o a otros receptores de la misma instalación. Para evitar y limitar estos inconvenientes, la normativa exige a usar sistemas de arranque con los que se límite la corriente de arranque protegiendo así el motor y la integridad de los receptores.

8.9.1. Arranque Directo.

- Consiste en conectar el motor directamente a la red en un único tiempo. El motor arranca con sus características naturales.

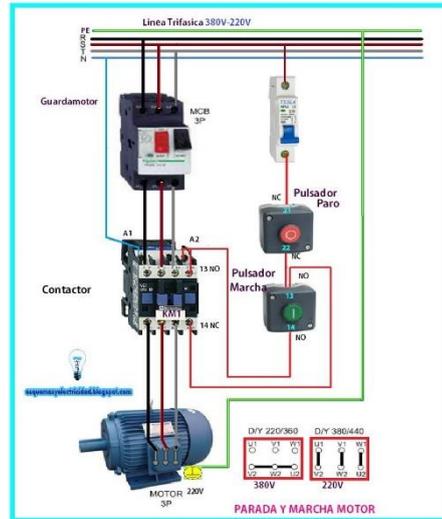
Ventajas:

- Arrancador simple.

Inconvenientes:

- Punta de corriente muy importante.

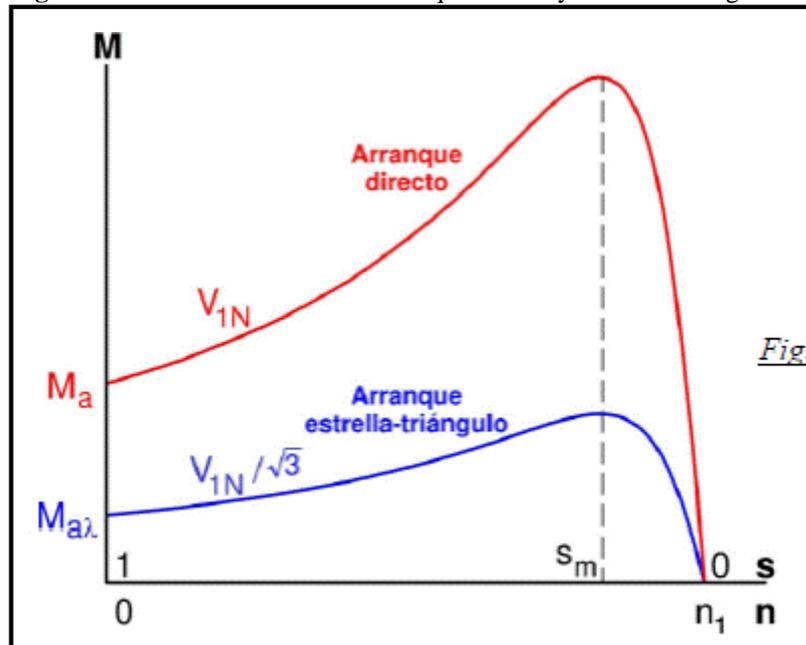
Figura 23. Arranque directo de motor trifásico



Fuente: Máquinas eléctricas, Chapman Stephen J. 4ed.

Elaborado por: Investigadores.

Figura 24. Curvas características arranque directo y estrella - triángulo



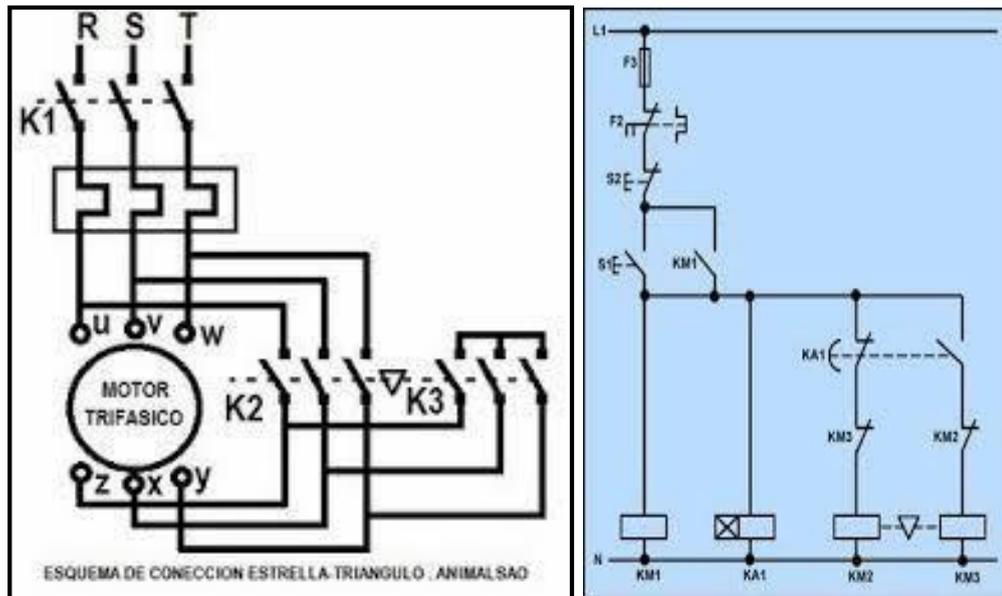
Fuente: <http://www.areatecnologia.com/electricidad/motor-trifasico.html>

Elaborado por: Investigadores

8.9.2. Arranque estrella - triángulo de motores trifásicos de jaula.

Consiste en conectar las bobinas del motor primero en estrella y después en triángulo.

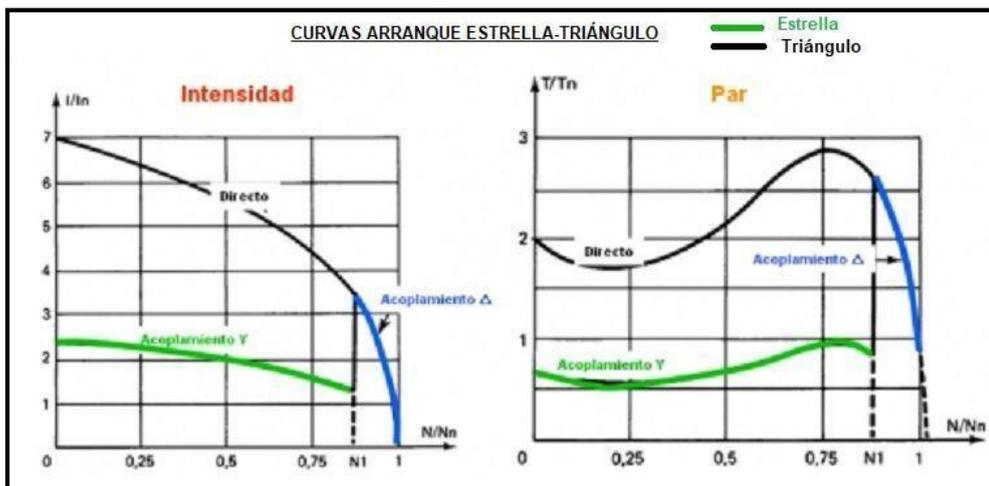
Figura 25. Circuito de potencia y mando para el arranque estrella-triángulo.



Fuente: Control Eléctrico Industrial, Ing. Jorge León Llerena

Elaborado por: Investigadores

Figura 26. Curvas Arranque estrella - triángulo



Fuente: <http://www.areatecnologia.com/electricidad/motor-trifasico.html>

Elaborado por: Investigadores

8.93. MEDIDORES DE VARIABLES ELÉCTRICAS

8.9.3. Amperímetros

Un amperímetro es un dispositivo capaz de medir corriente eléctrica que pasa por él. Como la corriente a medir debe pasar directamente por el amperímetro, este debe ser conectado en serie con los otros elementos del circuito. La corriente debe entrar al instrumento por el terminal positivo y debe salir por el terminal negativo.

Figura 27.. Conexión del amperímetro en el circuito



Fuente: Sanchez.O. Tesis Banco de prácticas motores (2010)

Elaborado por: Investigadores

8.9.4. Voltímetros.

Mide la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito, este instrumento siempre se lo conecta en paralelo, para la medición se debe conectar el terminal positivo del instrumento con el que tiene mayor potencial y el negativo con el que tiene menor potencial.

Figura 28. Conexión del voltímetro en el circuito



Fuente: Sanchez.O. Tesis Banco de prácticas motores (2010)

Elaborado por: Investigadores

9. VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

En la presente investigación se plantea la hipótesis general del proyecto la cual es:

Con la implementación del módulo didáctico de control industrial para el arranque del motor trifásico mejorará la visualización de las variables eléctricas.

VARIABLE DEPENDIENTE: Visualización de las variables eléctricas de voltaje e intensidad.

VARIABLE INDEPENDIENTE: Módulo didáctico de control industrial.

10. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

El tipo de Investigación a utilizar es mediante el método científico, ya que tiene como propósito aplicar el conocimiento empírico para solucionar los problemas visualización de las variables eléctricas que se presentan en el momento de arrancar el motor trifásico en las diferentes conexiones que se realicen en las prácticas de laboratorio de control industrial.

La presente investigación está enmarcada en el tipo de investigación experimental. Para el desarrollo se ha manipulado las dos variables dependientes e independientes y se han comparado los resultados por lo que nos lleva a un tipo de investigación experimental pura.

10.1.NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación a utilizar es el experimental comparativo porque tiene como propósito manipular los componentes de la variable independiente que es el conocimiento del control industrial para de esta manera mejorar la visualización práctica de los estudiantes de la carrera en ingeniería electromecánica.

10.2.MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El método de investigación es sistémico porque se considera la relación entre los componentes del tablero para lograr el arranque de diferentes conexiones del motor de inducción y estas sean registradas en los instrumentos de medición para obtener sus valores

y compararlos, así determinar el rendimiento, consumo de energía en las máquinas eléctricas.

El diseño es aplicativo, experimental. Este diseño nos permite observar los fenómenos tal y como se dieron en su contexto, para después analizarlos buscando determinar si existe relación o no entre la variable independiente y dependiente haciendo uso de instrumentos como registro de datos. El diseño efectuado es en base a las observaciones sistemáticas de la realidad, dentro del propósito a investigar entre las relaciones de las variables en el problema planteado dentro el marco de una investigación.

El diseño de investigación aplicado es experimental, pues se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente dos variables independientes (Variables eléctricas en el arranque), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una variable dependiente (Mejoramiento del conocimiento teórico – práctico) para los investigadores.

Las fórmulas que emplearse son:

- Para el cálculo de la corriente:

$$I_L = \frac{P_{3\phi}}{\sqrt{3} V_L \cdot fp \cdot r} \quad \text{EC 1.}$$

donde

I_L : corriente de línea

$P_{3\phi}$: potencia trifásica

V_L : voltaje de línea

fp : factor de potencia

r : rendimiento

- Calculo para cables

$$P = V * I \quad \text{EC 2.}$$

Donde

P: Potencia

V: Voltaje

I: Corriente

- Calculo de la intensidad a plena carga del motor

$$I_C = I * 125\% \quad \text{EC 3.}$$

Donde

I_C : corriente en plena carga

- Calculo de la caída de tensión

$$\delta = \frac{P}{V_L} * \rho * \frac{L}{S} \quad \text{EC 4.}$$

Donde

δ : Caída de tensión

P: Potencia

V_L : Voltaje de línea

ρ : conductividad del cobre

L : La longitud del circuito

S: diámetro del cable

- Calculo de las protecciones

Se realizó a base de tablas

10.3. DESCRIPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE ARRANQUE DE MOTORES

10.3.1. INTRODUCCIÓN

Los módulos didácticos tienen la propiedad que se construyen con equipos de última

generación, los cuales se incorporan en un solo panel, colocados convenientemente para que se puedan conectar sin la necesidad de atornillarlos a cables permanentemente, lo cual causaría daños en sus bornes y terminales, es por ello que se incorpora una serie de borneras, regletas y plugs machos – hembras para la conexión de las bobinas del motor en arranques directos, estrella – triángulo, acoplamiento de resistencias variables, capacitores entre otros arranques. Este tipo de módulos didácticos se los diseña y construye con materiales resistentes a esfuerzos mecánico y se incorporan también elementos de protección para fallos y errores de conexión por parte de las personas que no tienen mucha pericia en el control industrial, son versátiles y se los puede transportar de un lugar a otro porque poseen un tamaño que puede caber en espacios reducidos, acondicionados con una alimentación trifásica de 220V.

10.3.2. CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO

- Para la construcción del módulo se seleccionó el material del que se construyó la estructura, el mismo que está elaborado con tol de 1,1 mm para la ubicación de los elementos en la parte frontal del módulo, con medidas de 30cm, 15cm, y de 8 cm de acuerdo al tamaño de los elementos eléctricos respectivamente en un número de cinco, en el tablero se sobredimensionó los elementos eléctricos para que en lo posterior se pueda ampliar el número de prácticas que se desee ejecutar.
- Los elementos están empotrados en un riel DIN, tres pedazos de 70 cm, la misma que se ha sujetado con pernos en el tablero principal $\frac{1}{4}$ por $\frac{1}{2}$ pulgada, arandelas y tuercas.
- Se practicaron orificios en el tablero principal el cual es de material tol de 1,1mm, revestido de pintura de poliuretano, una vez realizados los orificios se colocó los elementos de control como botoneras, pulsantes de marcha y paro, interruptores de posiciones, jacks, elementos que facilitan la conexión y desconexión a voluntad según los diagramas a ejecutar.
- Tomando en cuenta que el módulo está destinado para el control de motores mediante control eléctrico con elementos de estado sólido como contactores, relés, temporizadores, pulsantes marcha y paro, emergencia, luces de señalización mostrado

en el (Anexo 2).

10.3.3. Selección de elementos de control

- **Contactores**

Se diseñó los elementos tomando en cuenta los valores de las características del motor, tomando en consideración la placa del motor tal como se indica en la figura 29.

Cabe señalar que al momento de diseño se consideró un motor de 5HP, pero por motivos de disponibilidad se cambió a un motor de 2HP, por tal razón los cálculos se consideraron con un motor de 5HP.

Figura 29. Placa del motor

V	Hz	HP	A	EFF	cos φ	r/min	EFF C
220/380	60	2	6.2/3.95	81.5%	0.78	1725	IE1
440 D	60	2	3.1	81.5%	0.78	1725	IE1

Other visible text on the nameplate includes: SIEMENS, Hecho en China, 3-MOT...Z:JEB46-4AA-Z 90L IM B3 IP55, LMH-1705/800015175519/008, ROD LA 6205 2Z C3, ROD LN 6205 2Z C3, and Peso neto: 21.5 kg.

Elaborado por: Investigadores

De la ecuación 1

$$I_L = \frac{P_{3\phi}}{\sqrt{3} V_L \cdot f \cdot P \cdot r}$$

$$I_L = \frac{5HP \times 746}{\sqrt{3} * 220V * 0.78 * 0.8}$$

$$I_L = \frac{3730 W}{\sqrt{3} * 220V * 0.78 * 0.8} = 15.68 A$$

De acuerdo a los datos calculados se procedió a elegir el contactor y adecuarlo a las necesidades del mercado y requerimientos de diseño

Tabla 13. Selección de contactor

ARRANQUE DIRECTO						
POTENCIA		CONSUMO	BREAKER	FUSIBLE	FUERZA	
HP	KW	AMP.	3 POLOS	AMP	CONTACTOR	RELE TÉRMICO
1	0.8	3.6	10	10	9 AMP	2.5 -4 AMP
1.5	1.1	5.2	16	16	9 AMP	4 – 6 AMP
2	1.5	6.8	16	20	9 AMP	5.5 – 8 AMP
3	2.2	9.6	20	20	12 AMP	7 – 10 AMP
5	3.7	15.2	32	32	18 AMP	16 – 24 AMP
7.5	5.5	21	40	50	25 AMP	16 – 24 AMP
10	7.5	28	50	63	32 AMP	23 – 32 AMP
15	11	42	75	100	50 AMP	37 – 50 AMP
20	15	54	100	100	65 AMP	48 -65 AMP
25	19	68	125	100	80 AMP	63 – 80 AMP
30	22	80	150	125	95 AMP	63- 80 AMP
40	30	104	200	200	115 AMP	95 – 120 AMP
50	37	130	250	250	150 AMP	110 – 140 AMP
60	45	154	300	250	185 AMP	132 -220 AMP
75	55	182	350	315	185 AMP	132 -220 AMP
100	75	248	500	500	265 AMP	

Fuente: Fabricante

Elaborado por: Investigadores

Por esta razón se le selecciono un contactor para una potencia de 5HP con un consumo de corriente de 25 A, y voltaje de excitación de la bobina de 220 VAC número total de 5 contactores.

- **Relé térmico**

Para la selección del Relé térmico, se considero los voltajes de alimentación y la corriente de consumo ajustándose a la tabla 13 se considera un 2 relé térmicos de 16 -24 A de corriente alterna y se considera 2 relés térmicos.

- **Relé auxiliar**

Al igual que el contactor específicamente la tabla 13, se considera la corriente de 16 - 24 A y el voltaje de 220VAC y se consideran 3 relés auxiliares

- **Temporizadores**

Se colocó 5 temporizadores ONDELAY, multirango en tiempos variables y multivoltaje

para poder ser alimentados con 24 – 220V en AC y DC.

- **Botones y pulsadores**
- Se colocó 5 pulsadores de marcha normalmente abiertos y 5 pulsadores paro normalmente cerrado.
- Se colocó pulsadores de emergencia con contacto normalmente cerrado al momento de girar se activa y al momento de realizar la presión en el muelle se desactiva el circuito.
- Se acondicionó también seccionadores de tres posiciones para la ejecución de inversiones y arranques de motores con un punto muerto y dos contactos normalmente abiertos, terminales 13 y 14 para conexión.
- **Selección del cable.**

$$P = V * I$$

$$P = 220 * 6.2$$

$$P = 1364 \text{ W}$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos \varphi} \text{ EC 5}$$

$P = 1364 \text{ W} \approx 1500 \text{ W}$ (potencia del MOTOR).

$v = 220 \text{ V}$.

$\cos \varphi = 0,78$

por tanto,

$$I = \frac{1364}{\sqrt{3} * 220 * 0.78} = 4.58 \text{ A}$$

$$I = \frac{1500}{\sqrt{3} * 220 * 0.78} = 5 \text{ A}$$

$$I = 4.58 \approx 5.0 \text{ A}$$

Según la instrucción ITC-BT-47 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT), los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor.

Por tanto, la intensidad obtenida tendremos que multiplicarla por 1,25, quedando:

$$I = I * 1.25$$

$$I = 5 * 1.25$$

$$I = 6.25 A$$

Esta será nuestra intensidad de cálculo para seleccionar los conductores de fase.

Selección de la sección del conductor de fase empleando la Tabla A.52-1 BIS (UNE 20.460 - 5-523:2004), mostrada en la figura

Figura 30. Tabla A.52-1 BIS (UNE 20.460 -5-523:2004)

Instalación de referencia			Tabla y columna			
			Intensidad admisible para los circuitos simples			
			Aislamiento PVC		Aislamiento XLPE-EPR	
			Número de conductores			
			2	3	2	3
	Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante	A1	columna 4	columna 3	columna 7	columna 6
	Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante	A2	columna 3	columna 2	columna 6	columna 5
	Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera/map.	B1	columna 6	columna 5	columna 10	columna 8
	Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera/map.	B2	columna 5	columna 4	columna 8	columna 7
	Cables unipolares, o multipolares sobre una pared de madera/manp.	C	columna 8	columna 6	columna 11	columna 9
	Cable multiconductor en conductos enterrados	D	columna 3	columna 4	columna 5	columna 6
	Cable multiconductor al aire libre. Distancia al muro \geq a 0,3 veces ϕ del cable	E	columna 9	columna 7	columna 12	columna 10
	Cables unipolares en contacto al aire libre. Distancia al muro \geq ϕ del cable	F	columna 10	columna 8	columna 13	columna 11
	Cables unipolares espaciados al aire libre. Distancia entre ellos \geq el ϕ del cable	G	—	Ver UNE 20460-5-523	—	Ver UNE 20460-5-523

XLPE: Polietileno reticulado (90 °) • EPR: Etileno-propileno (90 °) • PVC: Policloruro de vinilo (70 °)

www.tuveras.com

Fuente: A.52-1 BIS (UNE 20.460 -5-523:2004)

Elaborado por: Investigadores

Para utilizar correctamente la tabla seguimos los siguientes pasos:

método de instalación B1 (Tabla 52-1B (UNE 20.460 -5-523:2004)).

Figura 31. Tabla 52-1B (UNE 20.460 -5-523:2004

Método de instalación	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento												
A1		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2								
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2				
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2			
E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
F							PVC3	PVC2	XLPE3		XLPE2		XLPE2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
S (mm ²)													
Cobre													
1.5			13	13.5	15	16	16.5	19	20	21	24	-	
2.5	15	16	17.5	18.5	21	22	23	26	26.5	29	33	-	
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	-	
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	-	
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	-	
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	-	
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	
35	-	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	
50	-	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	
70	-	-	-	149	160	171	185	199	214	224	244	269	
95	-	-	-	180	194	207	224	241	259	271	296	327	
120	-	-	-	208	225	240	260	280	301	314	348	380	
150	-	-	-	236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185	-	-	-	268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240	-	-	-	315	350	374	401	435	468	490	552	590	
Aluminio													
2.5	11.5	12	13.5	14	16	17	18	20	20	22	25		
4	15	16	18.5	19	22	24	24	26.5	27.5	29	35		
6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-	
10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-	
16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	-	
25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105	
35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130	
50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160	
70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206	
95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251	
120	-	-	-	162	171	193	196.5	213	228	239	269	293	
150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338	
185	-	-	-	212	225	236	259	281	301	316	359	388	
240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461	
Cu: $\rho_{20^\circ} = 1/56$	Al: $\rho_{20^\circ} = 1/35$			$\rho_{70^\circ} = 1,2 \cdot \rho_{20^\circ}$					$\rho_{90^\circ} = 1,28 \cdot \rho_{20^\circ}$				
B: 5 · I _n	C: 10 · I _n	D: 20 · I _n	K = I_n / S		Cu: 115 / 103		Al: 76 / 68		Cu: 143		Al: 94		

Fuente: A.52-1 BIS (UNE 20.460 -5-523:2004)

Elaborado por: Investigadores

Teniendo en cuenta que la intensidad de la línea calculada es 5 A y que vamos a emplear conductores de cobre, obtenemos un conductor de fase de 1,5 mm², cuya intensidad admisible es de 13,5 A y, por tanto, superior a la intensidad de cálculo (5 A).

Sin embargo, debemos de tener en cuenta que la sección mínima para cualquier circuito de fuerza es de 2,5 mm², por tanto, en este caso, la sección obtenida será de 2,5 mm².

- Se seleccionó el cable de 12 que tiene capacidad de 31 A; porque en el arranque la corriente es 3 veces más que lo nominal.
- Cable de acometida cable sucre 3x12, porque motor tiene un consumo máximo de 15.2 A y siempre debe estar por el mencionado por la distancia ya que pueden presentar caídas de tensión y corriente.
- El cable número 16 AWG se utilizó en la parte de control, el consumo de esa parte es baja de aproximadamente 1 A.
- Se realizó las conexiones de los elementos en la parte posterior tablero principal con un conductor flexible # 16, de acuerdo con la normativa vigente y el código de colores estipulado para efecto. En los extremos de los conductores se colocó terminales tipo ojal con suelda blanda para su correcta fijación y se colocó espagueti térmico para evitar sobre calentamiento de los conductores. Además se colocaron todos los cables en canaletas para mejorar su apariencia en una dimensión de 40 x 40 en una cantidad de 2m, sujetas con pernos autoroscables 5/32.
- **Fusibles**
- Se ha dispuesto de fusibles de 2A con sus respectivos Portafusibles, y un breakers trifásico de 40 A para la protección de los contactores, equipos de medición y en general de todos los elementos que se emplean para una práctica de control de motores.
- Para la alimentación del tablero de puso una toma central con cable sucre 3 x #12, tensión de 220/110V, directamente a los elementos de protección, el mismo que alimenta a los contactores, motores y todos los elementos que requieren de la corriente eléctrica para su funcionamiento.

- **Equipos de medición**
 - Se dispuso de terminales directamente a los terminales de los instrumentos de medición como amperímetro y voltímetro, para que estos sean conectados correctamente al momento de la práctica.

Accesorio

- Se adquirió cables de 1 metro con jacks tipo banana para las conexiones del tablero en una cantidad de 40 jacks machos, además de 240 jacks hembra.
- Se realizó la pintura de la estructura con esmalte para dar una buena presentación del módulo.
- Se realizó la codificación y rotulado de los terminales y elementos para que facilite la conexión al momento de la ejecución de las prácticas por parte de los estudiantes.
- Se realizaron las pruebas correspondientes del funcionamiento y el control de los motores en vacío, las mismas que se detallan en el análisis de los resultados y discusión.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

11.1. Evaluación cualitativa de las alternativas de Diseño

La evaluación cualitativa de los resultados del diseño y construcción del módulo didáctico para el control de los motores con sus variables se los detalla en la tabla 14.

Tabla 14. Evaluación cualitativa de las alternativas de diseño

DISEÑO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
MODULAR	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño compacto • Facilidad de ampliación otros elementos • Resistente por sus materiales de construcción 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptabilidad de equipos • Diseño fijo • Mantenimiento complejo

COMPACTO	<ul style="list-style-type: none"> • Realización de cambios más fácil y rápida • Fácil desplazamiento • Buena disposición de elementos • Fácil mantenimiento • Amplia área de reserva 	<ul style="list-style-type: none"> • Manipulación de equipos • Conexión complejo • Mayor cantidad de protecciones • Seguridad
HÍBRIDO	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor integración de equipos • Fácil mantenimiento 	<p>Mayor espacio Menor Seguridad Conexión Complejo Mayor cantidad de protecciones</p>

Elaborado por: Investigadores

11.3.1. Arranque de motor directo

El arranque de motor directo es el método más sencillo para arrancar un motor trifásico asíncrono. Los devanados del estator están conectados directamente a la red eléctrica por un proceso de conmutación simple.

Como resultado de esta aplicación obtendremos altas corrientes de arranque (corriente de sobrecarga) que a su vez causan molestas caídas en la tensión de red. Por este motivo, las compañías eléctricas suelen limitar la potencia nominal de los motores conectados a la red. Este valor límite puede variar de una red a otra.

La selección de un interruptor protector adecuado es decisiva para la seguridad del funcionamiento y de la vida útil del motor

11.3.2. Arranque estrella-triángulo

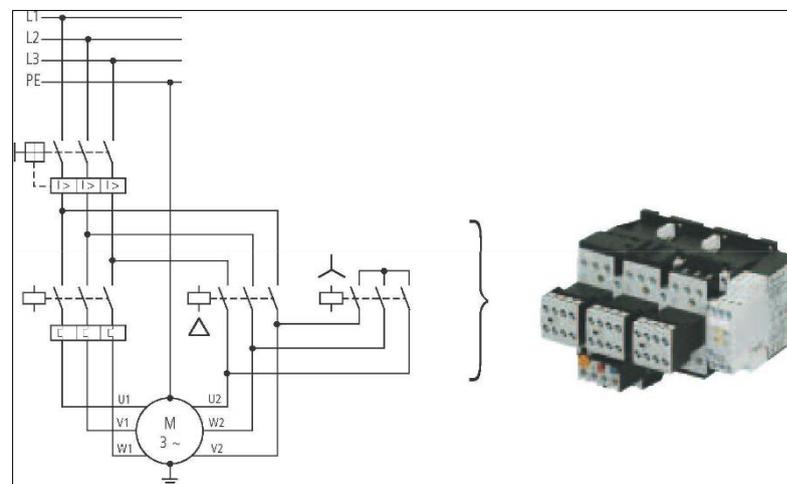
Con un arranque de motor estrella-triángulo, la puesta en marcha del motor trifásico asíncrono se realiza mediante una transición entre los devanados. Los puentes en el cajetín de bornes del motor se omiten, y las 6 conexiones de los devanados se conectarán a la red eléctrica mediante una conmutación llamada estrella-triángulo (conmutación manual o automática de los contactores).

Durante el funcionamiento, los devanados del motor están conectados en triángulo. El voltaje del devanado (UW), por lo tanto, debe ser igual a la tensión de fase (LSN) del sistema trifásico.

La transición automática de estrella a triángulo generalmente se realiza mediante un relé temporizador en el contactor de línea. El tiempo requerido para el arranque en estrella depende de la carga del motor y debe continuar hasta que el motor haya alcanzado cerca del 75 al 80% de su velocidad de funcionamiento (nN) para garantizar la post-aceleración necesaria para el cambio a triángulo.

Al mismo tiempo, la velocidad de la unidad se debe reducir lo menos posible. Existen relés temporizadores especiales para cumplir con la transición estrella-triángulo.

Figura 32. Arranque estrella-triángulo, sentido de rotación horario, ejemplo de un SDAINL



Fuente: ZANERO, Carlos E. Máquinas Eléctricas

Elaborado por: Investigadores

La secuencia de fases correcta (ver figura 41) para el paso de estrella a triángulo se debe tener en cuenta al conectar los conductores del motor y el arrancador. Debe considerarse la dirección de funcionamiento del motor. Una conexión incorrecta de las fases puede provocar altas corrientes de pico en el arranque, a causa de la ligera disminución en la velocidad durante el intervalo del cambio. Los picos de corriente ponen en peligro los bobinados del motor y los contactos de conmutación innecesariamente.

11.2. VALORES DE LAS VARIABLES EN EL ARRANQUE

Realizadas las mediciones con un motor trifásico de 2HP, como ya se manifestó sus variables cambian al momento del arranque, para lo cual los instrumentos de medida,

voltímetro y amperímetro registran los datos en sus escalas, se lo puede observar en la gráfica correspondiente y la tabla que se ha preparado para mostrarlo. Cabe señalar que el sistema de arranque tiene un arranque de 4 segundos preestablecidos en el momento de arrancar en el relé de tiempo.

Tabla 15. Valores de corriente /tiempo conexiones estrella - triángulo

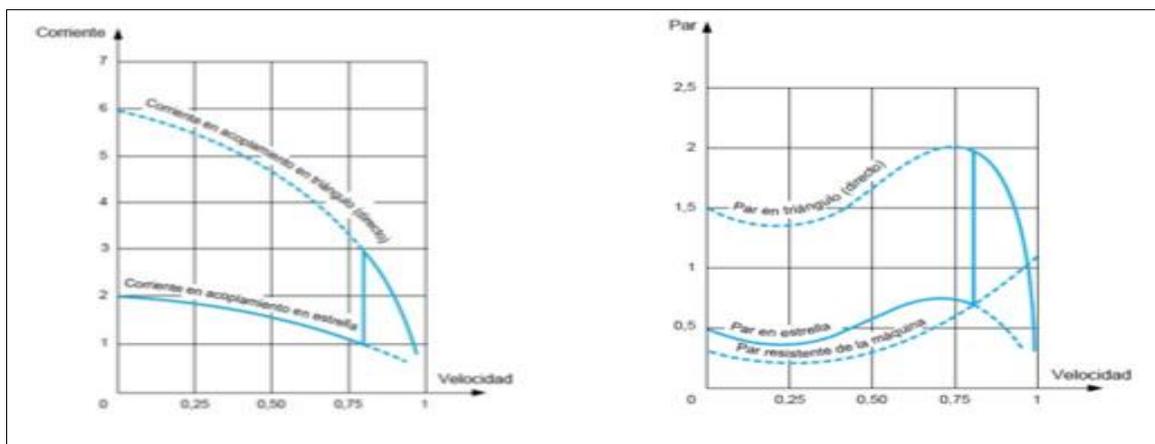
Arranque en Estrella		Arranque en Triángulo	
Corriente (A)	Tiempo (Seg)	Corriente (A)	Tiempo (Seg)
4,5	0	8,8	0
0,8	1	2,3	1
0,7	2	2,3	2
2,3	4	2,3	4

Fuente: Investigadores.

Como se puede observar en la tabla anterior el arranque en triángulo tiene un valor alto en su corriente y luego de transcurrido los 4 segundos que se ha calibrado el temporizador, la corriente disminuye estabilizándose en los 2,3 Amperios que registra el instrumento de medición.

Esto se lo puede visualizar en las curvas características de arranque con las siguientes gráficas.

Figura 33. Curva de Intensidad/tiempo arranque estrella – triángulo



Fuente: Investigadores

En conclusión, se puede manifestar que los motores trifásicos de inducción siempre deben arrancarlos en estrella, para en lo posterior mediante la automatización del control se lo debe transferir a triángulo, procedimiento que se lo hace en todo proceso de control automático en las industrias y talleres donde se trabaja con motores eléctricos.

12. IMPACTOS

Se analizó los impactos ambientales y económicos

12.1.Económicos

La implementación del módulo de control industrial para determinar las variables en los motores trifásicos contribuye enormemente en la economía del país ya que en la actualidad el país no dispone de los recursos suficientes para el equipamiento de los talleres y laboratorios de las instituciones educativas en todos los niveles. El factor económico es preponderante en el sistema Educativo y sí con este aporte de los investigadores contribuye al engrandecimiento de la UTC, se está dispuesto a dar este aporte como material didáctico para la Universidad.

12.2.Ambientales

Los impactos ambientales son mínimos puesto que su funcionamiento no representa daños al medio ambiente ni riesgos elevados para las personas siempre y cuando se cumplan con las normativas eléctricas y su conexión sea la adecuada.

12.3.Sociales

El módulo didáctico tendrá un impacto positivo, ya que aportara al conocimiento de las nuevas generaciones en el uso del control industrial, este prestará sus bondades para que se pueda realizar sus prácticas sin costo alguno e inversión porque éste queda completamente equipado para su conexión dando servicio a toda la comunidad educativa de la carrera de electromecánica.

13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO:

En la tabla 16, se puede observar el presupuesto que nos hemos planteado para la ejecución del presente proyecto, para lo cual al final se pone un 10% adicional por imprevistos que se presenten en la ejecución del proyecto.

Tabla 16. Presupuesto del proyecto

N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO U.S.D	VALOR TOTAL U.S.D
1	Breaker de 40A	1	11,98	11,98
2	Porta fusibles para riel	3	2,10	6,30
3	Fusibles 2A	10	0,45	4,50
4	Contactador 25A/220V	5	26,67	133,85
5	Bloque auxiliares frontales ³	3	5,59	16,77
6	Relés	3	6,20	18,60
7	Relé térmico de 12 – 18A	2	28,47	56,94
8	Timmer	5	22,31	115,55
9	Pulsador Verde	5	1,90	9,50
10	Pulsador Rojo	5	1,90	9,50
11	Luz Piloto LED Roja	5	2,99	14,95
12	Luz Piloto LED Verde	5	2,99	14,95
13	Selectores 3 posiciones	2	3,80	7,60
14	Paro de emergencia	2	2,56	5,12
15	Terminal Ojal	300	0,006	18,00
16	Jack Banana	230	0,38	87,40
17	Cable flexible N° 16	200m	0,26	52,00
18	Cable sucre 3x12 AWG	10m	1,88	18,80
19	Cable flexible N° 12	10m	0,65	6,50
20	Voltímetro 600VAC	3	14,00	42,00
21	Amperímetro	3	14,00	42,00
22	Etiquetadora Brady	1	168,80	168,80
23	Cinta para etiquetadora	1	32,87	32,87
24	Canaletas 40 x 40	2	6,73	13,46
25	Riel DIN	3	2,59	7,77
26	Cables Banana	40	1,10	44,00
27	Tablero doble fondo	1	340,00	340,00
28	Plancha de Tol 1,1mm	1	120,00	120,00
29	Pintura poliuretano	1 litros	20,00	20,00
30	Motor 2HP Siemens	1	210,00	210,00
	TOTAL			1966,37
	+ Gastos imprevistos 10%			250,00
	Gastos Totales			2216,37

Fuente: Los autores

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1. CONCLUSIONES

- Luego de la realización del proyecto se ha conseguido implementar un módulo de control eléctrico para determinar las variables eléctricas en arranque de motores trifásicos con fines didácticos y experimentales, el mismo que quedará en los laboratorios de control industrial de la Carrera de Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, para que sea utilizado por los estudiantes de la especialidad para las prácticas y se pueda mejorar el profesionalismo de los egresados
- Se ha llegado a construir un módulo que tenga la facilidad de manipular sus distintos elementos de control y verificar su funcionamiento en tiempo real, los mismos que son de fácil manipulación por su diseño que permite conectar los elementos mediante cables con plugs banana de conexión a los elementos siguiendo la simbología y nomenclatura que tienen rotulado en la parte frontal del módulo.
- Se ha conseguido determinar variables eléctricas en el arranque en vacío, las como son la tensión e intensidad medidas al momento del arranque del motor en vacío,
- Se pudo determinar que al arrancar el motor en triángulo la corriente es mayor 1,75 veces que la corriente en estrella, por lo que es lógico arrancar el motor en estrella para luego de instantes conectarlo en triángulo mediante el accionamiento de los contactores y el temporizador que conecta las bobinas del motor trifásico.

14.2. RECOMENDACIONES:

- Que los estudiantes de las diferentes carreras, especialmente las de Ingeniería en Electromecánica cada vez sigan aportando con sus conocimientos y que mediante sus proyectos sigan beneficiando a los laboratorios de la UTC., ya que estos serán ocupados con fines didácticos y experimentales contribuyendo para alcanzar la excelencia en educación superior.

- Que al momento de utilizar el módulo se tenga en cuenta la nomenclatura que está inscrita y se siga al pie de la letra el diagrama de conexión para evitar daños en los equipos.
- Que se ponga énfasis en las lecturas de las variables de tensión e intensidad al momento del arranque de los motores, ya que de estos parámetros depende el buen funcionamiento de los motores a más del consumo de energía que representan si los motores no son conectados correctamente con su consecuente daño de los mismos.
- Que se tenga en cuenta la corriente que se genera al arrancar los motores en triángulo que como ya se dijo es mayor 1,75 veces que la corriente en estrella, dato que permitirá dimensionar los elementos de protección para los motores.
- Tener en cuenta la selección de los fusibles para cada tipo de motor

15. BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- [1] THIMOTY J. Fundamentos de control Industrial (2010) Pág. 75
- [2] THIMOTY J. Fundamentos de control Industrial (2010) Pág. 75.
- [3] MOLINAJ. Fundamentos del Control Manual de motores (2010) Pág. 150
- [4] SCHNEIDER. Control Industrial y autómatas programables (2011) Pág. 200
- [5] GARPAZ. Ángel. Instalaciones Eléctricas Automáticas (2013) Pág. 127
- [6] SCHNEIDER. Control Industrial y autómatas programables (2011) Pág. 205.
- [7] GONZÁLES. G .C. Motores eléctrico de inducción. (2012) Pág. 135.
- [8] OROZCO A. Motores Eléctricos Asíncrónicos (2010) Pág. 90
- [9] HARPER. E, control de motores eléctricos, primera edición México. Editorial Limusa S.A. 2012 (2011) Pág. 125

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- ARTERO. F, Automatismos Eléctricos y electrónicos. Ed. Donostiarra. San Sebastián. 2012
- CHAPMAN, Stephen, MÁQUINAS ELÉCTRICAS, Tercera edición, Colombia, Editorial McGraw Hill, 2000.
- HARPER. E, Protecciones de instalaciones eléctricas industriales y comerciales. México. Editorial Limusa S.A. 2012
- HARPER. E, control de motores eléctricos, primera edición, México. Editorial Limusa S.A. 2002.
- ROLDÁN Vilora José. Motores Eléctricos Automatismo de control.

Editorial Paraninfo. España. 2012.

- ZANERO, Carlos E. Máquinas Eléctricas. Editorial Paraninfo 3º Edición, Barcelona España (2010)

NETGRAFÍA

- Carmona, J., & Méndez, A. (7 de Nov de 2013). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Recuperado el 23 de junio de 2018, de <http://www.slideshare.net/odlaomar/motore>
- Escuela Politécnica Nacional. (2012). Lenguajes de programación de plc. Recuperado el 13 de mayo de 2018, de [http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9276/6/LENGUAJES%20DE%20PR](http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9276/6/LENGUAJES%20DE%20PROGRAMACION%20DE%20PLC.doc)
- OGRAMACION%20DE%20PLC.doc
Fuselco. (2010). Características eléctricas y mecánicas de los fusibles. Recuperado el 28 de Enero de 2018, de [http://www.arrobyte.cl/fuselco/files/memorias/mem_1_1252620101.p](http://www.arrobyte.cl/fuselco/files/memorias/mem_1_1252620101.pdf)
df
- García, & Rodríguez. (24 de Abril de 2012). Recuperado el 18 de Enero de 2018, de <http://garcia-rodriguez.blogspot.com/2012/05/24042012-clase-12.htm>
- Marrufo, J. (1 de Abril de 2010). McGraw-Hill. Recuperado el 10 de Enero de 2018, de <http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448173104.pdf>
- Rega, P., & Rontomé, R. (2011). Motores eléctricos. Recuperado el 12 de Enero de 2018, de <https://sites.google.com/site/279motoreselectricos/home/1-1-clasificación>
- Carrero M. Automatismos y cuadros eléctricos. Recuperado 15 de junio 2018. <http://www.directindustry.es/prod/tec-automatismes/reles-industriales>

ANEXOS

ANEXO 1. PLANOS MECÁNICO DEL MÓDULO DIDÁCTICO

Ilustración 1. Vista del panel de control en AUTOCAD

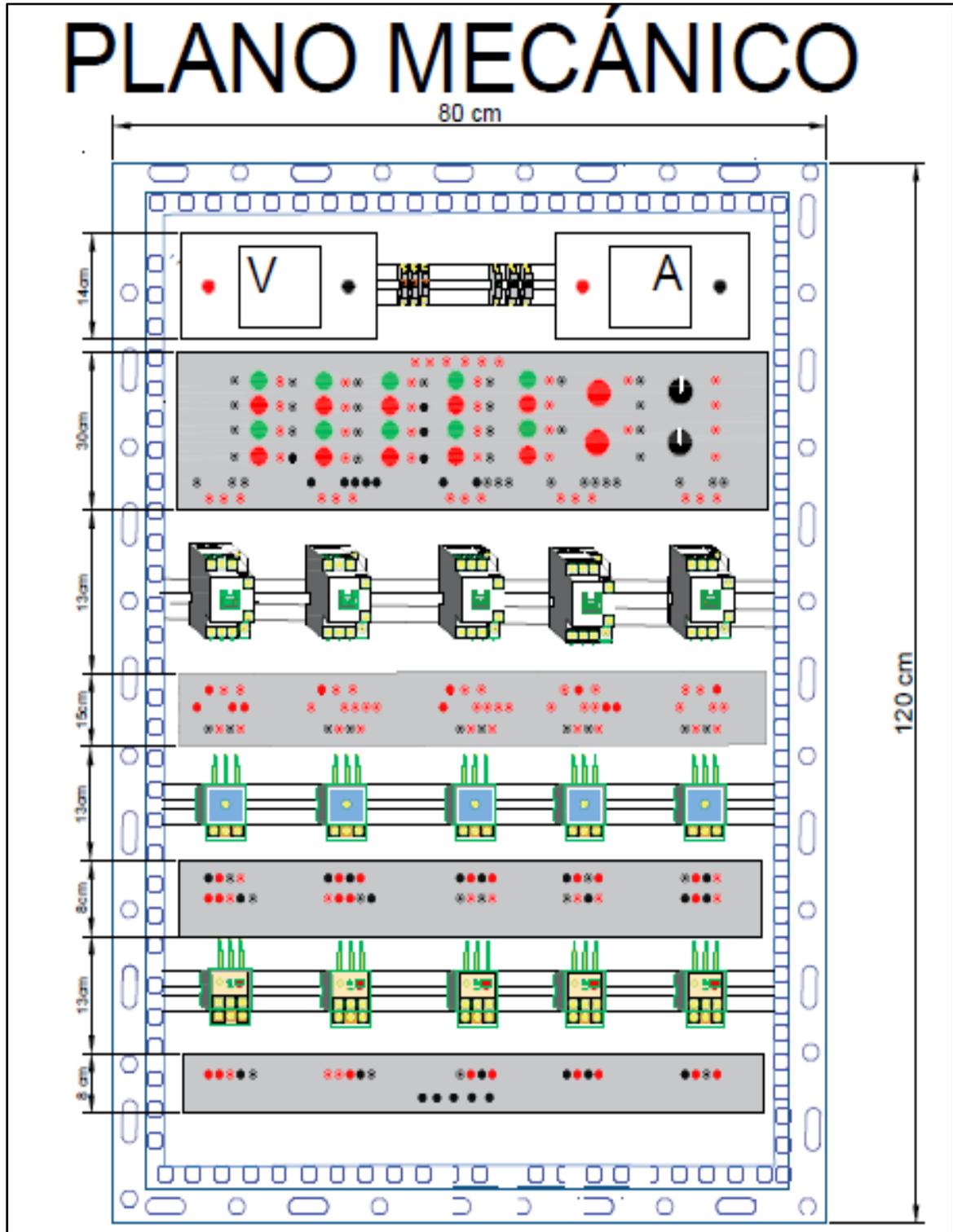
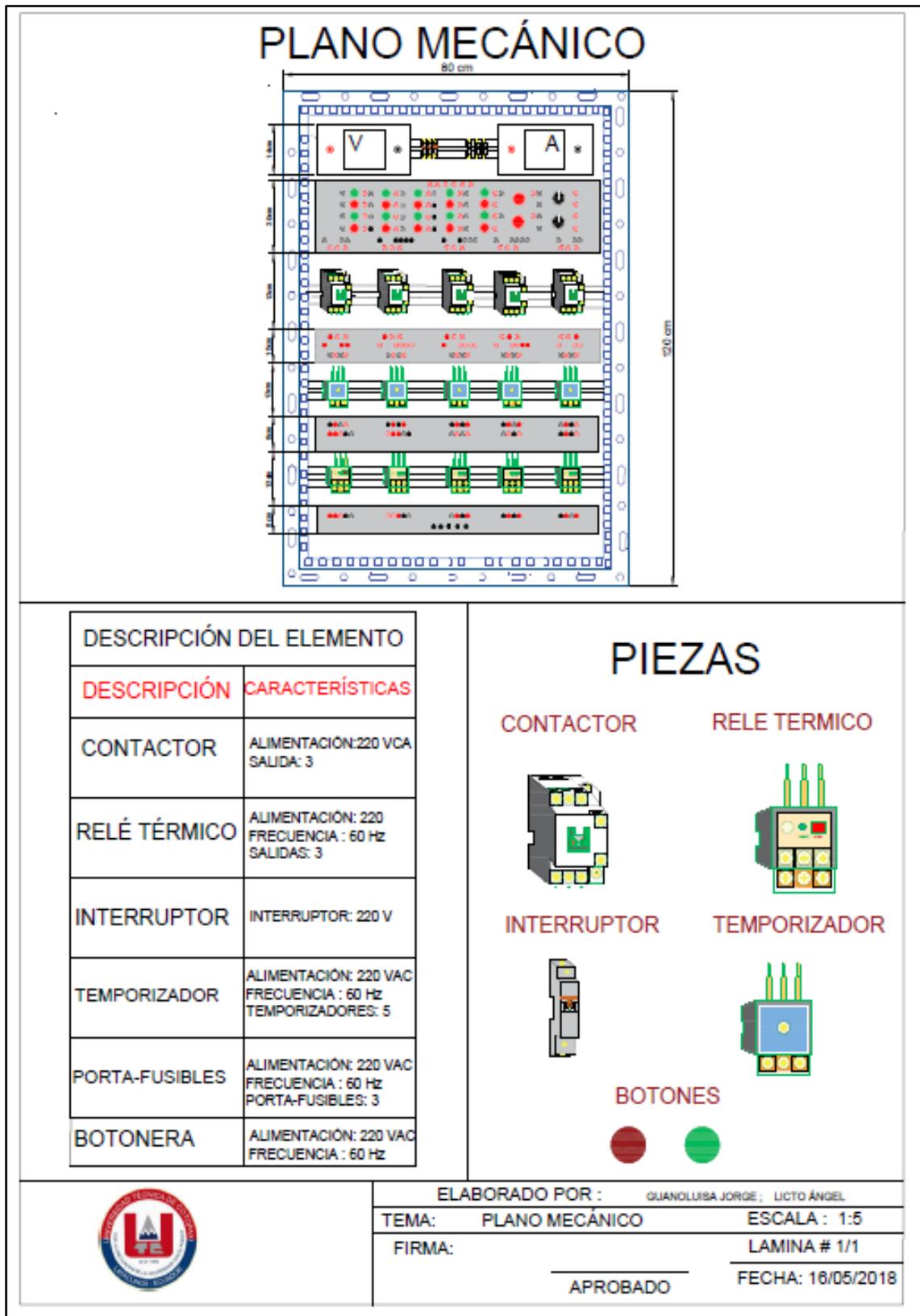
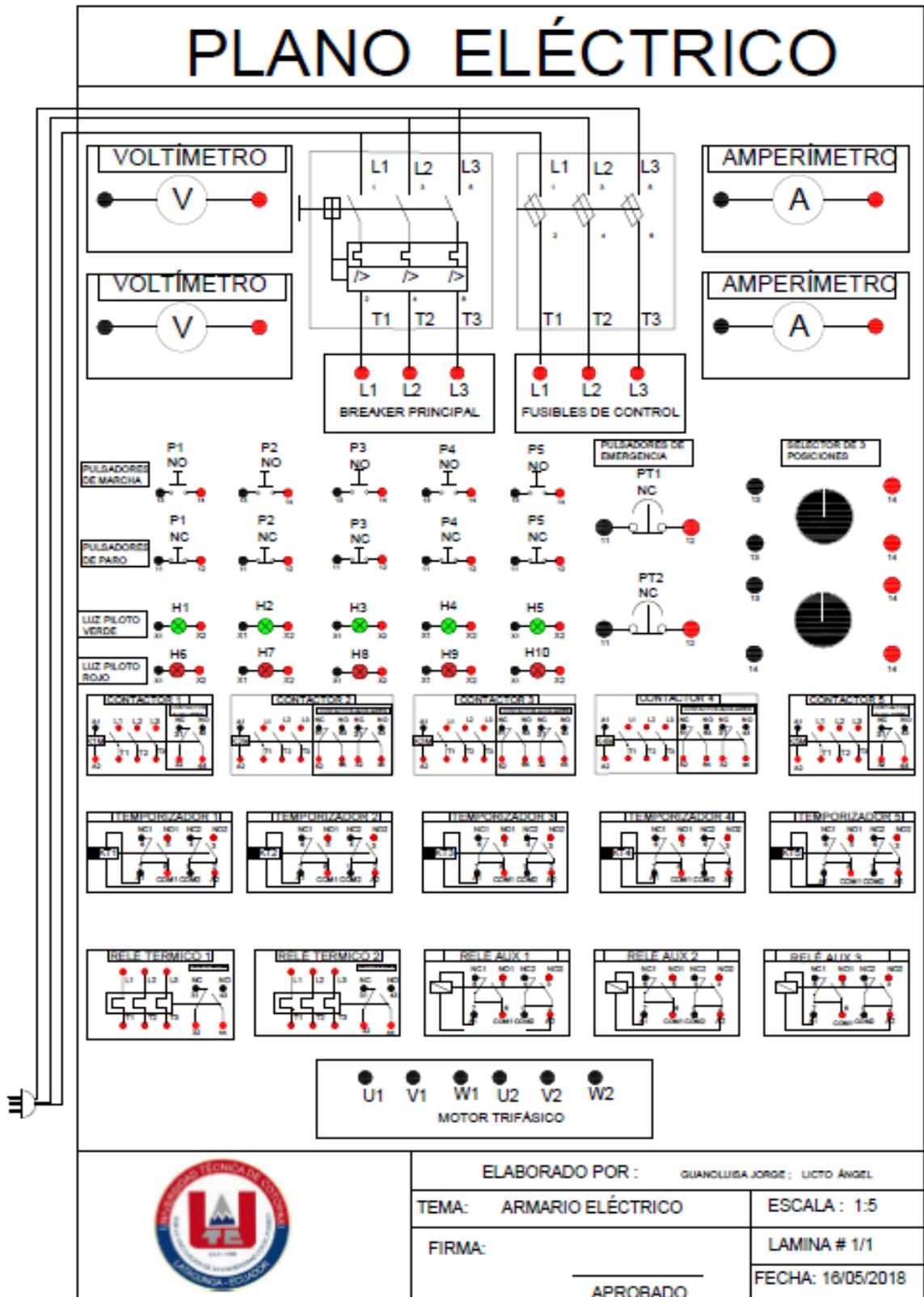


Ilustración 2. Diagrama del panel de control en AUTOCAD



ANEXO 2. PLANO ELÉCTRICO DEL MÓDULO DIDÁCTICO



ANEXO 3. IMAGEN DEL MONTAJE DE LOS ELEMENTOS EN EL MÓDULO**Ilustración 3.** Tablero de doble fondo (1.20x0.80x0.40)cm**Ilustración 4.** Lamina de tool 1.1mm

Ilustración 5. Cortado y doblado de la lamina de tool 1.1mm



Ilustración 6. Resultado del doblado de la lamina de tool 1.1mm



Ilustración 7. Trazado y perforado de la lamina de tool 1.1mm



Ilustración 8. Resultado final perforación de la lámina de tool 1.1mm

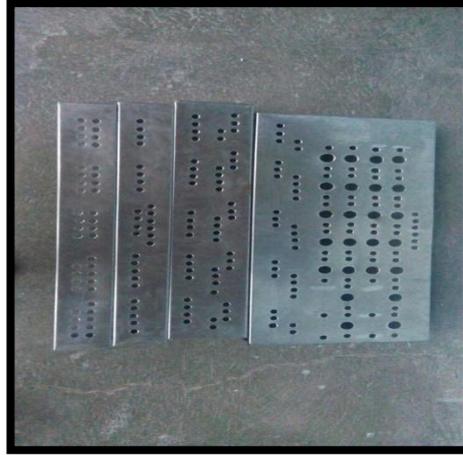


Ilustración 9. Colocación de pulsadores y luces pilotos



Ilustración 10. Inicio de armado del tablero de control



Ilustración 11. Colocación del riel DIN

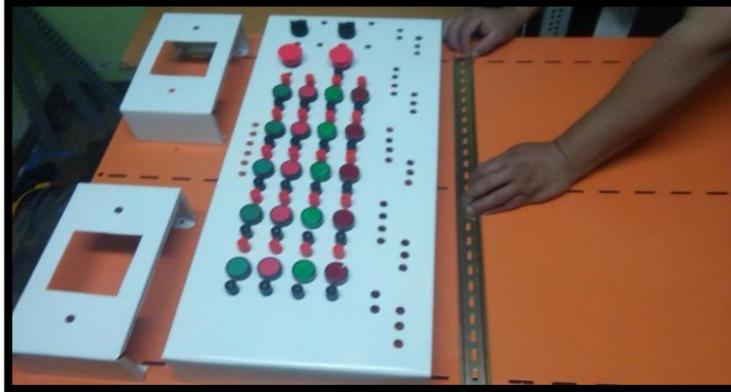


Ilustración 12. Colocación de pulsadores, amperímetros y voltímetros



Ilustración 13. Colocación de contactores



ANEXO 3. IMAGEN DE EJECUCIÓN DE LAS PRÁCTICAS

Ilustración 14. Vista frontal del tablero

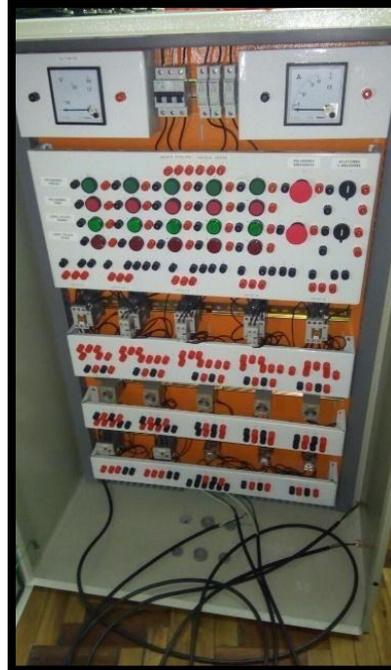


Ilustración 15. Conexión de cables para el arranque directo



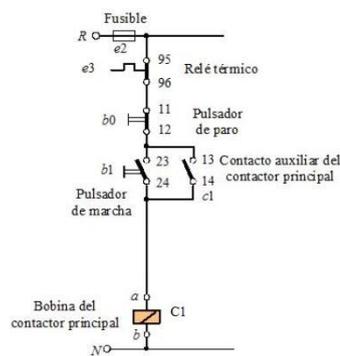
ANEXO 4. GUÍAS DE LABORATORIO PARA EL ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS.

 Universidad Técnica de Cotopaxi		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
PRÁCTICA DE LABORATORIO			
CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA:	
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA			
PRÁCTICA N°	LABORATORIO	MAQUINAS ELÉCTRICAS	DURACIÓN EN HORAS
1	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Control del arranque y paro de un motor trifásico (M 3F) por medio de un interruptor de presión que acciona un contactor magnético.	3
1. OBJETIVO DE LA PRÁCTICA	Ejecutar el control del arranque y paro de un motor trifásico (M 3F) por medio de un interruptor de presión que acciona un contactor magnético.		
2.- Fundamentación Teórica	Un pulsador es un interruptor de encendido o apagado que conectado a un componente eléctrico hace funcionar o apaga el mismo. Los pulsadores existen de diversas formas y tamaños que se encuentran en diferentes equipos electrónicos pero también muy usados en el campo de la electricidad industrial.		
2.2 equipo, instrumentos y materiales necesarios	1 Botonera marcha y paro 1 Motor de Inducción, 2hp. 1 Relé térmico 1 Juego de cables de conexión.		
2.3 medidas de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Realice las conexiones eléctricas antes de energizar el módulo. • Nunca realice conexiones eléctricas mientras el módulo está funcionando. • Utilice herramientas dieléctricas. 		
2.4 trabajo preparatorio	<ul style="list-style-type: none"> • Disponer de todos los elementos del módulo, incluidos los cables necesarios para las conexiones en el módulo. • Verificar el correcto funcionamiento de todos los elementos • Verificar la corriente de entrada con un multímetro • Comprobar con el óhmetro los contactos NC y NA de interruptor 		

2.4.1 Procedimiento

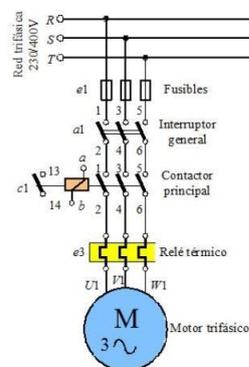
ARMADO CIRCUITO DE CONTROL ARRANQUE DIRECTO

1. Conectar la línea L1 con el RELÉ térmico al PIN 95
2. Del relé térmico, el PIN 96 al pulsador de paro PIN 11
3. pulsador de paro PIN 12, al pulsador de marcha PIN 13
4. del pulsador de marcha PIN 14, conectar a la bobina del contactor A1
5. Realizar un puente entre el pulsador de Marcha PIN 13, al contactor auxiliar del contactor principal PIN 63, y del PIN 14 al PIN64
6. De la bobina del contactor A2, conectar a la línea L2



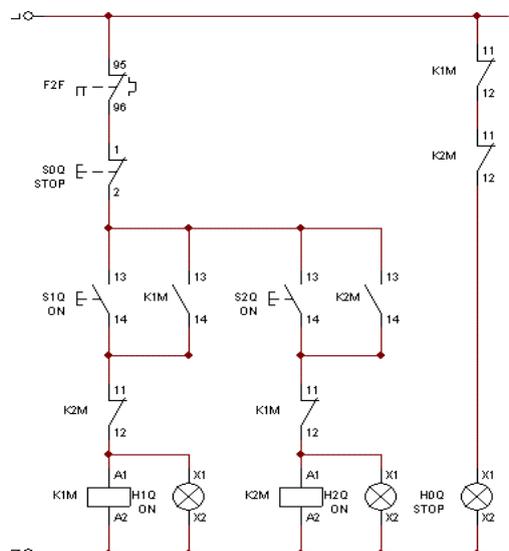
ARMADO CIRCUITO DE POTENCIA ARRANQUE DIRECTO

1. Contactar las líneas de tensión L1, L2 y L3
2. Conectar las líneas L1, L2, L3, a los fusibles de protección
3. De las salidas de los fusibles conectar a los interruptores generales L1, L2, L3
4. De las salidas de los interruptores conectar al contactor 1
5. De las salidas del contactor conectar al RELE térmico 1
6. De las salidas del RELÉ térmico 1 conectar al motor trifásico pines (U1,V1,W1)



 Universidad Técnica de Cotopaxi		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
PRÁCTICA DE LABORATORIO			
CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA:	
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA			
PRÁCTICA N°	LABORATORIO	MAQUINAS ELÉCTRICAS	DURACIÓN EN HORAS
2	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Arranque directo e inversión de giro de un motor asíncrono trifásico.	3
2. OBJETIVO DE LA PRÁCTICA	Ejecutar el control del arranque directo e inversión de giro de un motor asíncrono trifásico con elementos disponibles en el tablero control.		
2. Fundamentación Teórica	<p>La técnica que se desarrolla en esta práctica es de uso frecuente, por no decir obligado, en el diseño de una gran mayoría de esquemas de automatismos más complejos.</p> <p>Los motores trifásicos hasta determinadas potencias arrancan sin ningún sistema de arranque. Su funcionamiento se basa en la creación de un campo magnético giratorio, debido a la variación de las corrientes en las 3 fases. El sentido de giro del motor queda determinado por el orden en el que se produzcan esas variaciones de fases. Lógicamente si se invierte dicho orden, el sentido de giro también se invertirá. De acuerdo a lo anterior, prácticamente lo que se hace es intercambiar 2 cualquiera de las 3fases que alimentan el motor y eso bastará para que el sentido de giro cambie. Las secuencias dela figura siguiente, dan tres posibilidades para cambiar el sentido de giro de un motor trifásico.</p>		
2.2 equipo, instrumentos y materiales necesarios	<ol style="list-style-type: none"> 1. Interruptor seccionador Q1 1. Fusible F1 1. Motor de Inducción, 2Hp. M1 1. Relé térmico F2 1. Contactor Km1, Km2 Pulsadores S1, S2 o selectores 1. Luz Piloto (verde, rojo, amarillo) 1. Amperímetro 1. Voltímetro 1 Juego de cables de conexión. 		
2.3 medidas de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Realice las conexiones eléctricas antes de energizar el módulo. • Nunca realice conexiones eléctricas mientras el módulo está funcionando. • Utilice herramientas dieléctricas. 		
2.4 trabajo preparatorio	<ul style="list-style-type: none"> • Disponer de todos los elementos del módulo, incluidos los cables necesarios para las conexiones en el módulo. • Verificar el correcto funcionamiento de todos los elementos • Verificar la corriente de entrada con un multímetro • Comprobar con el óhmetro los contactos NC y NA de interruptor 		
2.4.1 Procedimiento	ARMADO CIRCUITO DE CONTROL ARRANQUE DIRECTO E INVERSIÓN DE GIRO		
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conectar la línea L1 con el RELÉ térmico al PIN 95 2. Del relé térmico, el PIN 96 al pulsador de paro PIN 11 		

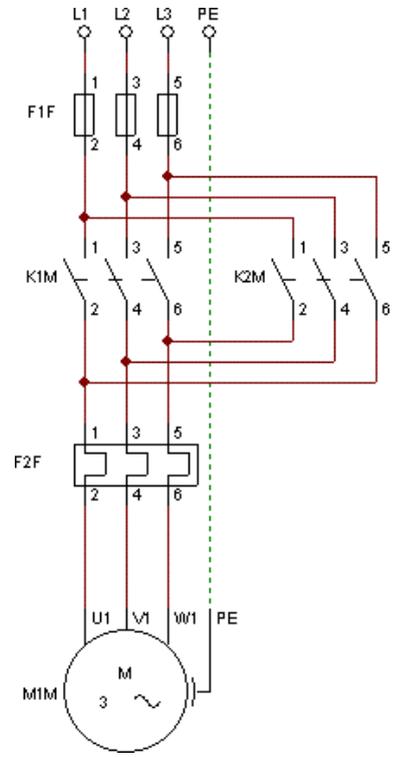
3. Pulsador de paro PIN 12, al pulsador de marcha PIN 13
4. del pulsador de marcha PIN 14, conectar al auxiliar de contactor principal Km2 PIN 31
5. De la salida del auxiliar de contactor principal Km2 PIN 32, conectar a la entrada de la bobina A1 del contactor principal Km1,
6. La salida de la bobina A2 del contactor principal Km1, conectar a L2
7. Realizar un puente entre el pulsador de Marcha S2, PIN 13, al contactor auxiliar del contactor principal PIN 63, y del PIN 14 al PIN64, del contactor Km1
8. Realizar un puente entre el pulsador de Inversión de giro S3, PIN 13, al contactor auxiliar del contactor principal PIN 63, y del PIN 14 al PIN64, del contactor Km2
9. De la salida del contacto auxiliar Km2, conectar a la entrada del contacto auxiliar Km1 PIN 11
10. La salida del contacto auxiliar Km1 PIN 12, conectar a la bobina A1 del contactor Km2
11. La salida de la bobina A2 del contactor principal Km2, conectar a L2
12. De la bobina del contactor A2, conectar a la línea L2



TUITO DE POTENCIA ARRANQUE DIRECTO E INVERSIÓN DE GIRO

1. Contactar las líneas de tensión L1, L2 y L3
2. Conectar las líneas L1, L2, L3, a los fusibles de protección
De las salidas de los fusibles conectar a los interruptores generales L1, L2, L3
De las salidas de los interruptores conectar al contactor 1

5. Conectar en paralelo las líneas L1, L2, L3 al contactor Km2
6. De las salidas del contactor conectar al RELÉ térmico 1
7. De las salidas del RELÉ térmico 1 conectar al motor trifásico pines (U1,V1,W1)



2.4.2. Resultados y Discusión

MEDIDAS	CORRIENTE	VOLTAJE
ENTRADA		
SALIDA		

2.4.3. Conclusiones

2.4.4. Recomendaciones

ANEXO: Circuito de Mando.

Competencia a desarrollar:
 Realiza el diagrama de conexión completo en el circuito de fuerza a través del esquema del circuito de mando alambrado de los siguientes dispositivos de control para el arranque directo de un motor trifásico (M 3F) por medio de un interruptor de presión que acciona un contactor magnético.

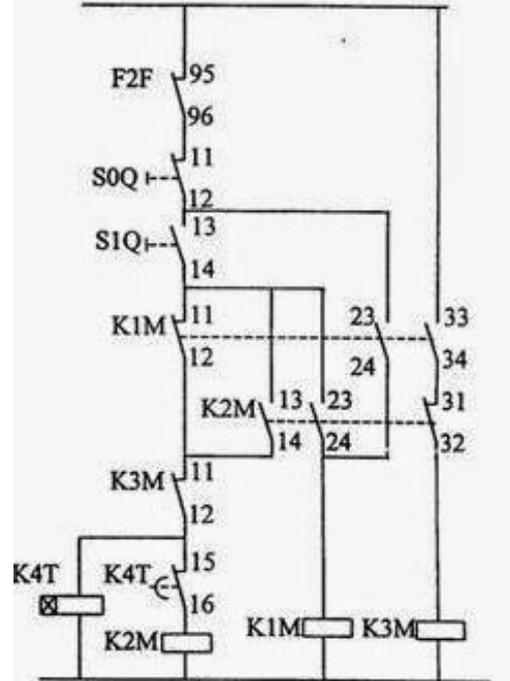
COMPLETA EL CIRCUITO DE FUERZA CON CONEXIÓN COMPLETA

CUESTIONARIO	<p>Cuestionario</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cuál es la tensión de alimentación del motor? 2. ¿Qué elementos intervienen en el circuito, describa cada uno? 3. Que función desempeña el interruptor termo magnético? 4. Que intensidad tiene al momento del arranque del motor? 5. Realiza una tabla de tensiones e intensidades al momento del arranque y funcionamiento en vacío del motor durante 5 min.

		Universidad Técnica de Cotopaxi		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
PRÁCTICA DE LABORATORIO					
CARRERA		CÓDIGO DE LA ASIGNATURA		NOMBRE DE LA ASIGNATURA:	
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA					
PRÁCTICA N°		LABORATORIO		MAQUINAS ELÉCTRICAS	
				DURACIÓN EN HORAS	
3		NOMBRE DE LA PRÁCTICA		Arranque estrella -triángulo de un motor asíncrono trifásico.	
2. OBJETIVO DE LA PRÁCTICA		Ejecutar el control del arranque estrella - triángulo de un motor asíncrono trifásico para visualizar las variables de tensión e intensidad al momento de arranque, con elementos disponibles en el tablero control.			
2.- Fundamentación Teórica		<p>Arranque estrella triángulo</p> <p>Sólo es posible utilizar este método de arranque en motores en los que las dos extremidades de cada uno de los tres devanados estáticos estén conectados en la placa de bornes. Por otra parte, el bobinado debe realizarse de manera que el acoplamiento en triángulo corresponda con la tensión de la red. En el caso de una red trifásica de 220 V, es preciso utilizar un motor bobinado a 220 V en triángulo y 330 V en estrella.</p> <p>El principio consiste en arrancar el motor acoplando los devanados en estrella a la tensión de la red, lo que equivale a dividir la tensión nominal del motor en estrella por $\sqrt{3}$. La punta de corriente durante el arranque se divide por 3. El par de arranque se divide igualmente por 3, ya que es proporcional al cuadrado de la tensión de alimentación.</p> <p>La punta de corriente en el arranque es: $I_{arr} = 1,5$ a $2,6 I_n$ El par de arranque es: $M_{arr} = 0,2$ a $0,5 M_n$</p> <p>En los motores industriales la relación entre el par de arranque y nominal, varía entre 1,2 y 2; en consecuencia el par de arranque resultante oscila entre 0,4 y 0,67 del par nominal, por ello este procedimiento solamente se aplica en aquellos casos en los que el par resistente de la carga, en el momento de la puesta en marcha no excede, como media, del 50% del par nominal, como sucede en determinadas aplicaciones como, bombas centrífugas y ventiladores. La velocidad del motor se estabiliza cuando se equilibran el par del motor y el par resistente, normalmente entre el 75 y 85% de la velocidad nominal. En ese momento, los devanados se acoplan en triángulo y el motor rinde según sus características. Mediante un temporizador se controla el tiempo de transición del acoplamiento en estrella al acoplamiento en triángulo. El cierre del contactor de triángulo se produce con un retardo de 30 a 50 milisegundos tras la apertura del contactor de estrella, lo que evita un cortocircuito entre fases al no poder encontrarse ambos cerrados al mismo tiempo.</p> <p>La corriente que recorre los devanados se interrumpe con la apertura del contactor de estrella y se restablece con el cierre del contactor de triángulo. En paso al acoplamiento en triángulo va acompañado de una punta de corriente transitoria, tan breve como importante, debida a la fuerza contra electromotriz del motor.</p>			

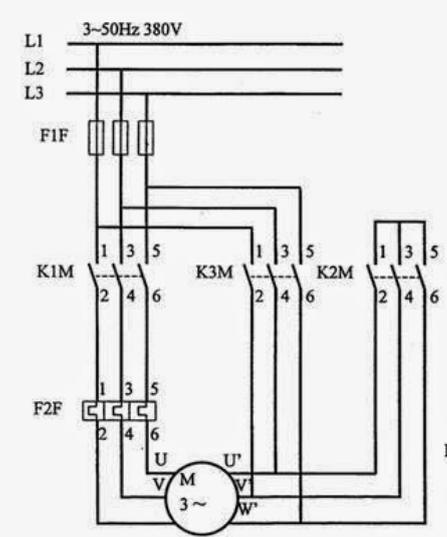
<p style="text-align: center;">2.2 equipo, instrumentos y materiales necesarios</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Un relé térmico de protección • Tres fusibles de protección • Un contactor principal o de línea • Un contactor de estrella • Un contactor de triángulo • Un temporizador • Un pulsador de paro • Un pulsador de marcha • Una lámpara de señalización que indique cuando el automatismo se encuentra en la situación de arranque en conexión estrella. • Una lámpara de señalización que indique cuando el automatismo se encuentra en la situación de arranque en conexión triángulo
<p>2.3 medidas de seguridad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realice las conexiones eléctricas antes de energizar el módulo. • Nunca realice conexiones eléctricas mientras el módulo está funcionando. • Utilice herramientas dieléctricas.
<p>2.4 trabajo preparatorio</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Disponer de todos los elementos del módulo, incluidos los cables necesarios para las conexiones en el módulo. • Verificar el correcto funcionamiento de todos los elementos • Verificar la corriente de entrada con un multímetro • Comprobar con el óhmetro los contactos NC y NA de interruptor
<p>2.4.1 Procedimiento</p>	<p style="text-align: center;">ARMADO CIRCUITO DE CONTROL ARRANQUE ESTRELLA-TRIANGULO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Conectar la línea L1 con el RELÉ térmico al PIN 95 2. Del relé térmico, el PIN 96 al pulsador de paro PIN 11 3. Pulsador de paro PIN 12, al pulsador de marcha PIN 13 del pulsador de marcha PIN 13, conectar al auxiliar de contactor principal Km1 PIN 63 4. De la salida del auxiliar de contactor principal Km1 PIN 64, conectar a la salida del pulsador de marcha PIN 14, 5. del pulsador de marcha PIN 14, conectar a la bobina A1 del contactor principal Km1. 6. La salida de la bobina A2 del contactor principal Km1, conectar a L2 7. conectar a la bobina A1 del contactor principal Km1, a la bobina del temporizador A1 8. La salida de la bobina A2 del temporizador KT1, conectar a L2 9. del pulsador de marcha PIN 14, realizar un puente al común del temporizador KT1 a través del PIN 1, y PIN8 10. Del PIN 2 común del temporizador KT1, conectar al auxiliar del contactor Km2 PIN 31. 11. De la salida del auxiliar del contactor Km2 PIN 32, conectar a la bobina A1, del contactor Km3. 12. De la salida de la bobina A2 del contactor Km3, conectar a la línea L2.

13. Del PIN 7 común del temporizador KT1, conectar en paralelo al auxiliar del contactor Km2 PIN 33.
14. De la salida del auxiliar del contactor Km2 PIN 34, conectar en paralelo al contacto auxiliar Km3 PIN 31
15. De la salida del auxiliar del contactor Km2 PIN 32, conectar a la bobina A1, del contactor Km2.
16. De la salida de la bobina A2 del contactor Km2, conectar a la línea L2.



ARMADO CIRCUITO DE POTENCIA ARRANQUE ESTRELLA-TRIANGULO

17. Contactar las líneas de tensión L1, L2 y L3
18. Conectar las líneas L1, L2, L3, a los fusibles de protección
19. De las salidas de los fusibles conectar a los interruptores generales L1, L2, L3
20. De las salidas de los interruptores conectar al contactor 1
21. Conectar en paralelo las líneas L1, L2, L3 al contactor Km3
22. Conectar en paralelo las líneas del motor U', V', W' al contactor Km2
23. De las salidas del contactor conectar al RELÉ térmico 1
24. De las salidas del RELÉ térmico 1 conectar al motor trifásico pines (U1, V1, W1)

	
<p>2.4.2. Resultados y Discusión</p>	
<p>2.4.3. Conclusiones</p>	
<p>2.4.4. Recomendaciones</p>	