



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

CARRERA EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN DE MOTORES TRIFÁSICOS MEDIANTE EL DISEÑO  
E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO EN EL LABORATORIO DE  
ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI - LA MANÁ

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título Ingeniera  
Electromecánica

**AUTOR:**

Judith Liliana Chacha Yugcha

**TUTOR:**

Ing. M.Sc. Alex Darwin Paredes Anchatipán

LA MANÁ-ECUADOR  
FEBRERO-2020

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Chacha Yugcha Judith Liliana, declaro ser autora del presente proyecto de investigación: “ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN DE MOTORES TRIFÁSICOS MEDIANTE EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO EN EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI - LA MANÁ”, siendo el Ing. M.Sc. Paredes Anchatipán Alex Darwin, tutor del presente trabajo investigativo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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



Chacha Yugcha Judith Liliana  
C.I: 0504096256

## **AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: “ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN DE MOTORES TRIFÁSICOS MEDIANTE EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO EN EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI - LA MANÁ” de la estudiante Chacha Yugcha Judith Liliana, de la Carrera Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, 12 de febrero 2020



Ing. M.Sc. Paredes Anchatipán Alex Darwin  
C.I: 0503614935

**TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**


## 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, la postulante: Chacha Yugcha Judith Liliana con el título de Proyecto de Investigación: “ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN DE MOTORES TRIFÁSICOS MEDIANTE EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO EN EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI - LA MANÁ” ha 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.

La Maná, 19 febrero del 2020


Para constancia firman:



Ing. William Armando Hidalgo Osorio M.Sc  
C.I: 0502657885  
**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**



Ing. Danilo Fabricio Trujillo Ronquillo M.Sc.  
C.I: 1803547320  
**LECTOR 2**



Ing. Guido Gabriel Carrillo Velarde M.Sc.  
C.I: 0604243303  
**LECTOR 3 (SECRETARIO)**

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios por su infinito amor y por darme esa fuerza para seguir adelante, por guiarme, y por permitir que a mi vida hayan llegado tantas personas buenas, que me han apoyado.*

*A mi esposo, a mi hijo por ser mi más grande motivo de superación, mi razón de luchar, de esforzarme día a día para lograr esta meta.*

*A mi hermano Wilmer y mi cuñada Johana por ayudar a sustentar mi estudio, de una u otra manera estuvieron pendientes de mí.*

*A mi tutor de tesis Ing. Alex Paredes por brindarme la enseñanza y transmitir sus conocimientos para mi desarrollo de tesis.*

*A mi mejor amiga Sonia gracias por tu cariño y estar pendiente de mi cuando lo necesitaba.*

*A mis profesores que estuvieron impartiendo sus conocimientos a lo largo de mi carrera.*

*A mis amigos y compañeros gracias por estar conmigo en todos estos años donde he vivido y compartido momentos de alegría y tristeza.*

**Liliana**

## DEDICATORIA

*Mi trabajo de Titulación se lo dedico especialmente a mi esposo José Macías y a mi hijo Ariel Macías por su amor incondicional, su confianza, su apoyo, su paciencia, su lealtad.*

*A mi madre María Yugcha por su amor y cariño.*

*A mis hermanos Wilmer, Diana, Mesías, John, Santiago y a mi cuñada Johana por estar pendientes de mí, por su apoyo, por su cariño; para que este logro que hoy compartimos les sirva de ejemplo para su superación aun con las adversidades de la vida.*

***Liliana***

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. RESUMEN DEL PROYECTO.....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	2
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	3
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	3
6. OBJETIVOS .....	3
7. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	4
8.1. Motores trifásicos o de inducción.....	5
8.1.1. Principios de funcionamiento de las máquinas asíncronas.....	6
8.1.2. Características básicas del motor asíncrono o de inducción.....	7
8.1.3. Características de los motores trifásicos de inducción jaula de ardilla Marca SIEMENS, 1 HP, 4 polos 220/440V 1LE0142. ....	7
8.2. El PLC SIEMENS S7-1200.....	8
8.2.1. Características del PLC Siemens S7-1200 ac/dc/relay (Tabla 3).....	9
8.3. Guardamotor.....	9



8.4.	Variador de frecuencia.....	10
8.4.1.	Características del Variador de velocidad .....	11
8.5.	Contactores .....	12
8.5.1.	Características.....	12
8.6.	Pulsadores .....	12
8.7.	Fusibles.....	13
8.8.	Breaker o disyuntor .....	14
8.9.	Luz piloto.....	14
8.10.	Construcción del módulo didáctico .....	15
8.10.1.	Diseño de la estructura y láminas del módulo didáctico .....	15
8.10.2.	Láminas didácticas y sus respectivas medidas .....	16
8.11.	Láminas finales.....	19
8.11.1.	Lámina de conexión para el sistema de distribución.....	19
8.11.2.	Lámina de conexión para los fusibles.....	20
8.11.3.	Lámina de conexión para los contactores.....	20
8.11.4.	Lámina de conexión para los pulsadores.....	20
8.11.5.	Lámina de conexión para el guardamotor .....	21
8.11.6.	Lámina de conexión para la luz piloto.....	22
8.12.7.	Lámina de conexión para el variador de frecuencia .....	22
8.11.8.	Lámina de conexión para el PLC .....	22
9.	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS .....	23
10.	METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL .....	23
10.1.	Tipos de investigación.....	24
10.2.	Métodos de la investigación .....	24
10.3.	Técnicas de Investigación.....	24
10.3.	La encuesta .....	24





10.4. Población .....	25
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	25
11.1. Análisis de la encuesta.....	25
11.2. Selección de los elementos .....	34
11.3. Prácticas.....	35
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS) .....	46
13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO .....	47
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	48
14.1. Conclusiones.....	48
14.2. Recomendaciones .....	49
15. BIBLIOGRAFIA .....	50
16. ANEXOS .....	53

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Actividades planteadas para los objetivos.....	4
Tabla 2: Características del motor.....	7
Tabla 3: Características del PLC S7 1200.....	9
Tabla 4: Características de Guardamotor. Marca SIRIUS.....	10
Tabla 5: Características del Variador de velocidad.....	11
Tabla 6: Características del contactor.....	12
Tabla 7: Listado de láminas con sus respectivas medidas en centímetros.....	17
Tabla 8: Datos obtenidos en la primera pregunta de la encuesta.....	26
Tabla 9: Datos obtenidos en la segunda pregunta de la encuesta.....	27
Tabla 10: Datos obtenidos en la tercera pregunta de la encuesta.....	28
Tabla 11: Datos obtenidos en la cuarta pregunta de la encuesta.....	29
Tabla 12: Datos obtenidos en la quinta pregunta de la encuesta.....	30
Tabla 13: Datos obtenidos en la sexta pregunta de la encuesta.....	31
Tabla 14: Datos obtenidos en la séptima pregunta de la encuesta.....	32
Tabla 15: Datos obtenidos en la octava pregunta de la encuesta.....	33
Tabla 16: Factores físicos de los elementos a seleccionar.....	34
Tabla 17: Factores físicos y de costo del motor trifásico jaula de ardilla.....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Motor trifásico. Marca SIEMENS .....	5
Figura 2: Principio de funcionamiento motor trifásico de inducción .....	6
Figura 3: PLC S7 1200 .....	8
Figura 4: Guardamotor. Marca SIRIUS .....	10
Figura 5: Variador de Velocidad SINAMICS V20 .....	11
Figura 6: Contactor SIRIUS .....	12
Figura 7: Pulsadores .....	13
Figura 8: fusibles .....	13
Figura 9: Breaker o disyuntor trifásico.....	14
Figura 10: Luces piloto.....	14
Figura 11: Diseño de módulo didáctico en el Programa Inventor.....	15
Figura 12: Diseño de componentes eléctricos en AutoCAD Electrical, Versión 2019.....	16
Figura 13: Impresión en Vinil adhesivo. Medida de Vinil 1 m de largo x 0.90 m de ancho ...	17
Figura 14: Lámina de tol. Medidas 28cm ancho x 32cm largo .....	17
Figura 15: Láminas después del pegado adhesivo vinil .....	18
Figura 16: Perforación de láminas con taladro.....	18
Figura 17: Láminas con sus respectivos jacks.....	19
Figura 18: Lámina de conexión del sistema de distribución .....	19
Figura 19: Lámina de conexión para los fusibles .....	20
Figura 20: Lámina de conexión para los contactores .....	20
Figura 21: Lámina de conexión para los pulsadores .....	21
Figura 22: Lámina de conexión para el guardamotor.....	21
Figura 23: Lámina de conexión para la luz piloto .....	22
Figura 24: Lámina de conexión para el variador de frecuencia .....	22
Figura 25: Lámina de conexión para el PLC.....	23
Figura 26: Datos obtenidos en la primera pregunta de la encuesta .....	26
Figura 27: Datos obtenidos en la segunda pregunta de la encuesta.....	27
Figura 28: Datos obtenidos en la tercera pregunta de la encuesta.....	28
Figura 29: Datos obtenidos en la cuarta pregunta de la encuesta.....	29
Figura 30: Datos obtenidos en la quinta pregunta de la encuesta.....	30



Figura 31: Datos obtenidos en la sexta pregunta de la encuesta .....	31
Figura 32: Datos obtenidos en la séptima pregunta de la encuesta .....	32
Figura 33: Datos obtenidos en la octava pregunta de la encuesta .....	33
Figura 34: Arranque directo de motores trifásicos en el Programa CADe-SIMU .....	36
Figura 35: Arranque directo con inversión de giro en el Programa CADe-SIMU.....	39
Figura 36: Arranque con variador de velocidad .....	41
Figura 37: Arranque estrella triangulo con PLC .....	44

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS**

“ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN DE MOTORES TRIFÁSICOS MEDIANTE EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO EN EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI - LA MANÁ”

**AUTORA:** Chacha Yugcha Judith Liliana

**RESUMEN**

El presente Proyecto “Análisis de la operación de motores trifásicos mediante el diseño e implementación de un módulo didáctico en el Laboratorio de Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi - La Maná” tiene como objetivo implementar un módulo didáctico para que los estudiantes de la Carrera puedan realizar prácticas de métodos de arranque; para el control manual y automático de motores trifásicos de inducción jaula de ardilla de baja tensión 1LE0142.

Este proyecto se ha desarrollado en cuatro etapas. En primera instancia, se tomará en cuenta la parte analítica donde se realizará la selección de los elementos que integrará el módulo didáctico. En segundo lugar, se realizará el diseño de las láminas didácticas en el programa AutoCAD Electrical, versión 2019. Como tercer punto, se realizará el diseño de la estructura del módulo en el Programa Inventor con medidas de 1500 mm de ancho y 1600 mm de largo. Y como última etapa, el ensamblado con cada uno de los elementos que conforma el módulo.

El módulo didáctico está formado por 10 láminas empernadas en las cuales se encuentran los dispositivos de protección (fusibles, Guardamotor, Breaker), maniobra (pulsadores), control (contactores, PLC S7 1200), y de fuerza (variador de velocidad).

Las prácticas se basan en métodos de arranque: arranque directo, arranque directo con inversión de giro, arranque con variador de velocidad, arranque estrella triángulo con PLC. Las mismas cuentan con una guía de prácticas en las cuales se explica los pasos a seguir para su realización.

**Palabras Clave:** Motores trifásicos, voltaje, corriente, fusibles y PLC.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**

"ANALYSIS OF THE OPERATION OF THREE-PHASE MOTORS THROUGH THE DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A DIDACTIC MODULE IN THE ELECTROMECHANICS LABORATORY OF THE TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI - LA MANÁ"

**Author:** Chacha Yugcha Judith Liliana

**SUMMARY**

This Project "Analysis of the operation of three-phase motors through the design and implementation of a didactic module in the Electromechanics Laboratory of the Technical University of Cotopaxi - La Maná" aims to implement a didactic module for students of can perform practices of starting methods; for manual and automatic control of three-phase low voltage motors. This Project has been developed in four stages. In the first instance, it was taken into account the analytical part where it was done the selection of the elements that integrated the didactic module. In second place, the design of the didactic slides was done in the program Auto CAD Electrical, 2019 version. As a third point, the design of the module structure in the Inventor Program will be carried out with measurements of 1500 mm wide and 1600 mm long. And as a last stage, the assembly with each of the elements that make up the module. As the last stage, the assembly was done with every elements that are part of the module. The didactic module was formed by 10 bolded blades in which are the protection devices (fusible, motor-guard, breaker) maneuver (pushbuttons), control (contactors, PLC S7 1200), and force (speed variator).The practices were based on ignition methods: direct ignition, direct ignition with turn inversion, direct ignition with speed variator, triangle star ignition with PCL. They have a practice guide in which it is explained the steps to follow for its development.

**Keywords:** Three-phase motors, voltage, current, fuses and PLC.



## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Título del Proyecto:**

ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN DE MOTORES TRIFÁSICOS MEDIANTE EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO EN EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI - LA MANÁ

**Fecha de inicio:** Octubre del 2018

**Fecha de finalización:** Febrero del 2020

**Lugar de ejecución:** Barrio Virgen del cisne, Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi, Universidad Técnica de Cotopaxi

**Unidad Académica que auspicia:** Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas-CIYA

**Carrera que auspicia:** Ingeniería Electromecánica

**Equipo de Trabajo:****Tutor de titulación:**

**Apellidos y Nombres:** Ing. M.Sc. Alex Darwin Paredes Anchatipán

**Cédula:** 0503614935

**Correo:** alex.paredes4935@utc.edu.ec

**Estudiante del proyecto:**

**Apellidos y Nombres:** Judith Liliana Chacha Yugcha

**Cédula:** 0504096256

**Correo:** liliana\_chacha@hotmail.com

**Área de Conocimiento:** UNESCO: Ingeniería, Industria y Construcción.

**Línea de investigación:** Procesos industriales

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Diseño, Construcción y Mantenimiento de Elementos, Prototipos y Sistemas Electromecánicos.

## **2. RESUMEN DEL PROYECTO**

El presente trabajo de investigación comprende el diseño e implementación de un módulo didáctico de ensayos en motores trifásicos para la realización de prácticas en el Laboratorio de Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, ayudando a complementar los conocimientos adquiridos en el aula, en las materias de eléctrica y electrónica a los 296 estudiantes matriculados en la carrera.

Con la implementación de este módulo se puede realizar prácticas referentes a métodos de arranque y control en motores trifásicos.

Los elementos que conforman el módulo didáctico son: fusibles, guardamotor, contactores, luces piloto, variador de frecuencia, pulsadores, disyuntor, motor trifásico de 1HP, PLC S7 1200.

## **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Debido a la necesidad de completar el aprendizaje del estudiante se han creado laboratorios de prácticas en las distintas IES. Puesto que la operación de motores trifásicos constituye un proceso industrial muy utilizado en la toda la industria se busca que el estudiante tenga contacto directo con procesos reales.

Con el fin de que los estudiantes de la Carrera de Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná puedan realizar prácticas de Laboratorio con instrumentos reales para fortalecer sus conocimientos teóricos con las prácticas, se considera importante el diseño e implementación de un módulo didáctico para realizar prácticas de métodos de arranque de motores trifásicos.

Las prácticas se enfocan en métodos de arranque de motores trifásicos asíncronos: arranque directo de motor, arranque directo con inversión de giro, arranque con variador de velocidad, arranque estrella-triángulo con PLC S7 1200 ya que los estudiantes necesitan conocer directamente el funcionamiento del motor trifásico y sus aplicaciones en la industria.



#### **4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

Los beneficiarios directos son los estudiantes legalmente matriculados en la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná y sus docentes; entre los beneficiarios indirectos están las otras instituciones circundantes que imparten clases de eléctrica, mecánica y electromecánica. Por otra parte, las distintas empresas que acogerán a profesionales graduados en la Universidad Técnica de Cotopaxi, los cuales se desenvolverán de mejor manera previo a conocer procesos relacionados con las industrias mediante las prácticas realizadas en los laboratorios.

#### **5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

La implementación de laboratorios en las IES y de formación secundaria, se consideran prioritarios, para la formación profesional de los estudiantes, a través del cual se puede experimentar un trabajo real con los equipos que se encuentran en la industria, asimilando los conocimientos teóricos y aplicarlos directamente con ensayos de laboratorio. En las Instituciones de Educación Superior se pretende complementar la enseñanza teórica con la práctica, para incorporar conocimientos referentes a equipos de industria, tales como: motores trifásicos, en las cuales se puedan ofrecer aplicaciones necesarias a los conceptos teóricos transmitidos por los docentes, para darle un mejor entendimiento al estudiante [Yc1]. Por tal motivo se pretende el diseño e implementación de un módulo didáctico que permita realizar ensayos de motores trifásicos.

#### **6. OBJETIVOS**

##### **Objetivo General**

- Implementar el módulo didáctico para realizar ensayos de operación de motores trifásicos.

##### **Objetivos Específicos**

- Definir los componentes que intervienen en el diseño del módulo didáctico.
- Diseñar el módulo didáctico, mediante el uso de herramientas CAD.
- Construir el módulo didáctico.

- Elaborar una guía de prácticas para los estudiantes de la carrera, que comprenda diagramas de arranque de motores trifásicos, con sus conexiones simuladas en el programa CADe-SIMU.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

**Tabla 1:** Actividades planteadas para los objetivos

OBJETIVOS	ACTIVIDAD (TAREAS)	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD (TÉCNICAS E INSTRUMENTOS)
*Definir los componentes que intervienen en el diseño del módulo didáctico.	Consultas bibliográficas	Adquirir conocimientos teóricos de los componentes que conforman el módulo didáctico. Lista de elementos: fusibles, Guardamotor, <i>breaker</i> , pulsadores, contactores, variador de frecuencia, PLC S7 1200	Investigaciones en páginas web, revistas, libros.
*Diseñar el módulo didáctico, mediante el uso de herramientas CAD	Diseño de la estructura física del módulo didáctico. Diseño de las láminas didácticas.	Obtención de un diseño confiable, seguro y didáctico.	Se utilizará el programa AutoCAD Electrical versión 2019, como herramienta de diseño de las láminas didácticas. Para la estructura del módulo didáctico el programa Inventor.
*Construir el módulo didáctico.	Adquisición de los elementos del módulo didáctico. Ensamblaje de los elementos.	Módulo didáctico	Se procederá a cortar las láminas y pegar el adhesivo. Para la estructura se usará 3 tubos cuadrados de 2,54 cm de ancho y 6 de largo.
*Elaborar una guía de prácticas para los estudiantes, que comprenda diagramas de arranque de motores trifásicos, con sus conexiones.	Diseño de las conexiones de las prácticas en CADe-SIMU.	Módulo para prácticas de arranque en motores trifásicos de inducción jaula de ardilla.	Las prácticas serán simuladas en CADe SIMU. Se realizará una guía de prácticas donde constaran los siguientes puntos: fundamento de la práctica, objetivos, láminas, conexión en CADe-SIMU, datos y cálculo.

## 8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

### 8.1. Motores trifásicos o de inducción

Es una maquina eléctrica rotativa de corriente alterna, capaz de convertir energía eléctrica que toma de la red en energía mecánica útil (Figura 1).

Compuesta por dos partes principales: el estator que es la parte fija del circuito electromagnético del motor y el rotor que es la parte móvil (Vandelvira, Motores de Corriente Alterna, 2011).

Las bobinas son separadas  $120^\circ$  en el espacio, al ser alimentadas por el sistema trifásico de corriente en el estator se originará un campo magnético giratorio que induce corriente en las barras del rotor. (Carrasco, 2011).

Dicha corriente da origen a un flujo que, al reaccionar con el flujo del campo magnético del estator, originará un par motor que pondrá en movimiento al rotor.

La velocidad de sincronismo es la velocidad de giro del campo magnético giratorio. Esta dada por la relación  $n = \frac{120xf}{p}$

Dónde:  $n =$  es la velocidad de giro del campo magnético en r.p.m

$f =$  Frecuencia del motor

$p =$  Número de polos

$$n = \frac{120 \times 60\text{Hz}}{4} = \frac{7200}{4} = 1800\text{rpm}$$

La velocidad a la que gira el rotor es inferior a la de sincronismo.

**Figura 1:** Motor trifásico. Marca [SIEMENS/ADPA2](#)



**Fuente:** (Chacha Judith, 2019)

### 8.1.1. Principios de funcionamiento de las máquinas asíncronas

El motor asíncrono, o de inducción, funciona por la corriente que se induce en el rotor del motor por la acción del campo magnético, el principio de funcionamiento de los motores de inducción o motores asíncronos sigue los siguientes pasos:

A través de la red trifásica al ser alimentadas las bobinas se conecta el estator originando un campo giratorio de velocidad (velocidad de sincronismo).

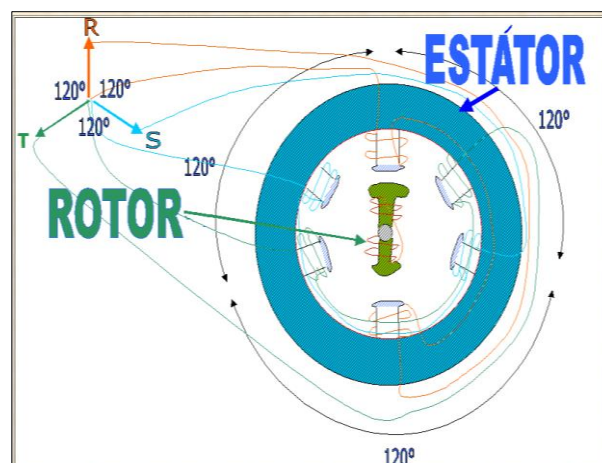
Los conductores del rotor “ven” un flujo variable puesto que el campo magnético está girando, por tanto, se induce en ellos una f.e.m.

Si los conductores del rotor forman un circuito cerrado, se inducen corrientes rotóricas.

La interacción entre el campo magnético y las corrientes rotóricas produce el par de fuerzas responsable del giro, con lo cual el rotor comienza a girar a una velocidad inferior a la del campo magnético (Puco & Sánchez, 2017).

Cuando la máquina asíncrona actúa como motor, su funcionamiento más habitual, la velocidad del rotor es inferior a la del sincronismo y se genera un par motor (Rodríguez, Principios Generales de las Máquinas Eléctricas, 2016). En la figura 2 se muestra el principio de los motores de inducción.

**Figura 2:** Principio de funcionamiento motor trifásico de inducción



Fuente: (Tecnología, 2019)[ADPA3]

### 8.1.2. Características básicas del motor asincrónico o de inducción

Como se ha descrito anteriormente, en una máquina a la que se induce electricidad en el rotor por medio de un campo magnético, permitiendo al rotor del motor generar potencia mecánica.

Un motor de inducción es del tipo monofásico y trifásico siendo este último el más común.

La característica del motor asíncrono radica en la forma en que se suministra potencia al rotor por el estator primero para posteriormente convertirse en torque producto de la fuerza magnética del estator (Puco & Sánchez, 2017).

### 8.1.3. Características de los motores trifásicos de inducción jaula de ardilla Marca SIEMENS, 1 HP, 4 polos 220/440V 1LE0142.

Las siguientes condiciones estándar de operación:

Altitud de instalación 1000 msnm.

Temperatura ambiente máxima + 40°C.

Rango de temperatura de funcionamiento -20°C hasta +40°C

Las principales características del motor trifásico de un se pueden observar en la Tabla 2.

**Tabla 2:** Características del motor

<b>MARCA</b>	<b>SIEMENS</b>
Potencia	1 HP
Número de Polos	4
Rango de tensión	220/380/440
Frecuencia	60 HZ
Velocidad nominal	1720 RPM
Código IE	IE1
Aislamiento	F
Factor de potencia $\cos \varphi$	0.77
Eficiencia	77.0%
Norma de fabricación	IEC 60034
Corriente nominal	3.30/1.91

**Fuente:** (SIEMENS, 1LE0142 Motores de baja tensión, 2015)

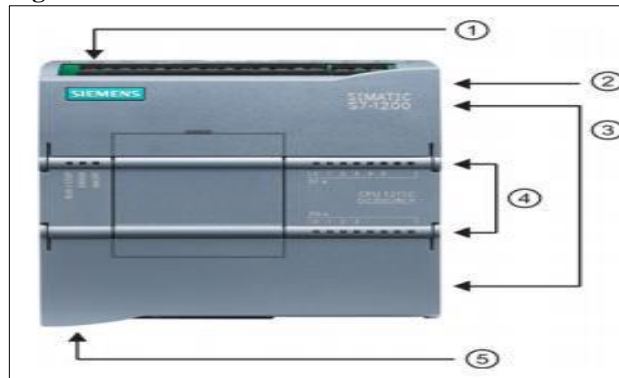
## 8.2. El PLC SIEMENS S7-1200

El controlador lógico compacto S7-1200 es el modelo para pequeños sistemas de automatización que requieren funciones simples o avanzadas para lógica, HMI o redes (Aguinsaca & Ortega, 2013).

Una vez descargado el programa, la CPU contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes. Para comunicarse con una programadora, la CPU incorpora un puerto PROFINET integrado. La CPU puede comunicarse con paneles HMI o una CPU diferente en la red PROFINET.

Gracias a su diseño compacto, su bajo coste y sus potentes funciones, los sistemas de automatización S7-1200 (Figura 3), resultan idóneos para controlar procesos que no requieren mucha complejidad (Mera, 2017).

**Figura 3:** PLC S7 1200



Fuente: (Mera, 2017)

### Partes del PLC S7 1200

- 1 Conector de corriente
2. Ranura para Memory Card
3. Conectores extraíbles para el cableado de usuario (detrás de las tapas)
4. LEDs de estado para las E/S integradas
5. Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU)

### 8.2.1. Características del PLC Siemens S7-1200 ac/dc/relay (Tabla 3)

**Tabla 3:** Características del PLC S7 1200

<b>DIMENSIONES</b>	<b>A X A X P (MM) 90 X 100 X 75</b>
Peso	425 gramos, 385 gramos 370 gramos
Disipación de potencia	11 W, 9 W
CPU	1212C
Intensidad disponible (SM y bus CM)	1000 mA máx. (5 V DC)
Intensidad disponible (24 V DC)	300 mA máx. (alimentación de sensores)
Área de marcas (M)	4096 bytes
Número de entradas	8 entradas
Número de salidas digitales	6 salidas
Número de entradas analógicas	2 entradas
Consumo de corriente de las entradas digitales (24 V DC):	4 mA/entrada utilizada

**Fuente:** (SIEMENS, SIMATIC S7 Controlador Programable S7 1200, 2012)

### 8.3. Guardamotor

Son interruptores (Figura 4), que se usan para maniobrar simultáneamente los polos de un motor, están diseñados para ejercer hasta cuatro funciones: protección de sobrecargas, protección cortocircuitos, maniobras de cierre y apertura, y señalización. Además, en combinación con un contactor, constituye una excelente solución para maniobra de motores sin necesidad de fusibles.

Los guardamotors poseen protección térmica consistente en un disparador térmico bimetálico de sobrecarga por fase, por el cual circula la corriente del motor, produciéndose el disparo en un tiempo definido por la curva característica. Normalmente, la intensidad de disparo térmico es regulable dentro de ciertos límites (Casa & Virachoca, 2017).

El caso de la protección magnética de cortocircuito consiste en un electroimán por cuyo enrollado circula la corriente del motor, haciendo que para un valor predeterminado se accione un percutor que dispara el equipo (normalmente en tiempos inferiores a 1 ms). Normalmente se diseñan con poderes de corte que pueden llegar a 100 kA (Gárate, 2016).

**Figura 4:** Guardamotor. Marca SIRIUS

Fuente: (Chacha Judith, 2019)

### 8.3.1. Características del guardamotor

Las principales características del guardamotor Marca SIRIUS se muestran en la tabla 4 a continuación:

**Tabla 4:** Características de Guardamotor. Marca SIRIUS

MARCA	SIRIUS
Tensión asignada de empleo	690V
Modelo	3RV2
Corriente a plena carga asignado a motor trifásico: Con 480V valor asignado	10A
Valor de respuesta de corriente ● del disparador instantáneo de cortocircuito	130A
Frecuencia	50/60 HZ

Fuente: (SIEMENS, Aparatos de Protección. Innovaciones SIRIUS. Interruptor Automático 3RV2, 2011)

### 8.4. Variador de frecuencia

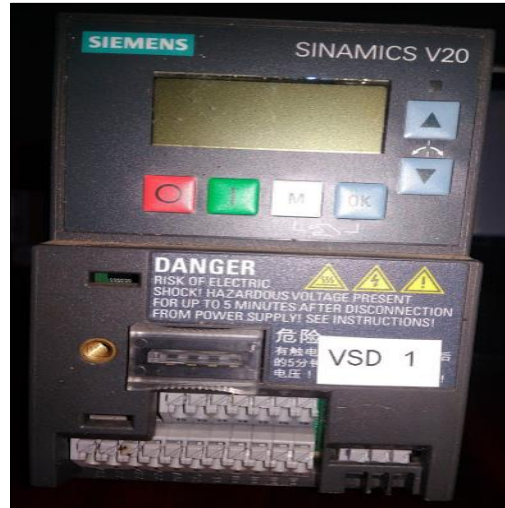
Un variador de frecuencia (Figura 5), es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor.

Los variadores son convertidores de energía encargados de modular la energía que recibe el motor. Otra definición sería, los variadores de velocidad son dispositivos que permiten variar



la velocidad, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables (Arana, 2017).

**Figura 5:** Variador de Velocidad SINAMICS V20



Fuente: (Chacha Judith, 2019)

#### 8.4.1. Características del Variador de velocidad

Las principales características del variador de velocidad se muestran en la Tabla 5:

**Tabla 5:** Características del Variador de velocidad

MARCA	V20
Voltaje de alimentación:	220 VAC monofásico o trifásico
Rango de voltaje de entrada:	200VAC a 240VAC
Voltaje de salida:	0-240VAC
Frecuencia de salida:	0.1-400HZ
Corriente de sobrecarga:	Potencia nominal 0,12 kW a 15 kW Potencia nominal 18,5 kW (HO)/22 kW (HO) Potencia nominal 22 kW (LO)/30 kW (LO)
Nivel de humedad:	95% sin condensación

Fuente: (SIEMENS, Convertidor SINAMICS V20, 2016)

## 8.5. Contactores

Elemento electromecánico capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito, comprendidas en ellas las de sobrecarga en servicio (Figura 6).

**Figura 6:** Contactor SIRIUS



**Fuente:** (Chacha Judith, 2019)

### 8.5.1. Características

Las características del contactor se detallan en la tabla 6.

**Tabla 6:** Características del contactor

MARCA	SIRIUS
Tensión de aislamiento	690 V
Frecuencia	50/60 HZ
Voltaje	230V
Número de contactos de cierre / para contactos principales	3
Potencia de pérdida real	4 W

**Fuente:** (SIEMENS, Hoja de datos 3RT2015-1AP01, 2015)

## 8.6. Pulsadores

Un pulsador es un interruptor o switch cuya función es permitir o interrumpir el paso de la corriente eléctrica de manera momentánea, a diferencia de un switch común, un pulsador solo realiza su trabajo mientras lo tenga presionado, es decir sin enclavamiento (Figura 7).

**Figura 7:** Pulsadores

Fuente: (Chacha Judith, 2019)

### 8.7. Fusibles

Son dispositivos de seguridad que abren el circuito en el que está instalado, cuando aumenta la tensión o intensidad de la corriente que circula por él, con el fin de proteger el circuito y los equipos que lo integren (Figura 8).

Están formados por un conductor diseñado y calculado para que cuando circule por él una corriente de valor superior a la intensidad nominal del mismo calibre ( $I_n$ ), se funda, interrumpiéndose el circuito.

**Figura 8:** fusibles

Fuente: (Chacha Judith, 2019)

## 8.8. Breaker o disyuntor

Es un dispositivo eléctrico capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuya intensidad de la corriente eléctrica que circula por él, excede a su corriente nominal ( $I_n$ ), es también un dispositivo de protección que puede interrumpir automáticamente las sobrecorrientes que generalmente se presentan después de fallos en las instalaciones (Figura 9) (LEGRAND GROUP ESPAÑA, S.L., 2011).

**Figura 9:** Breaker o disyuntor trifásico[ADPA4]



Fuente: (Chacha Judith, 2019)

## 8.9. Luz piloto

Es un indicador de existencia de corriente en algún punto específico del tablero, sirve para indicar a su vez cuando se ha accionado un pulsador o interruptor (Figura 10) (Cárdenas & Villacis, 2015).

**Figura 10:** Luces piloto[ADPA5]



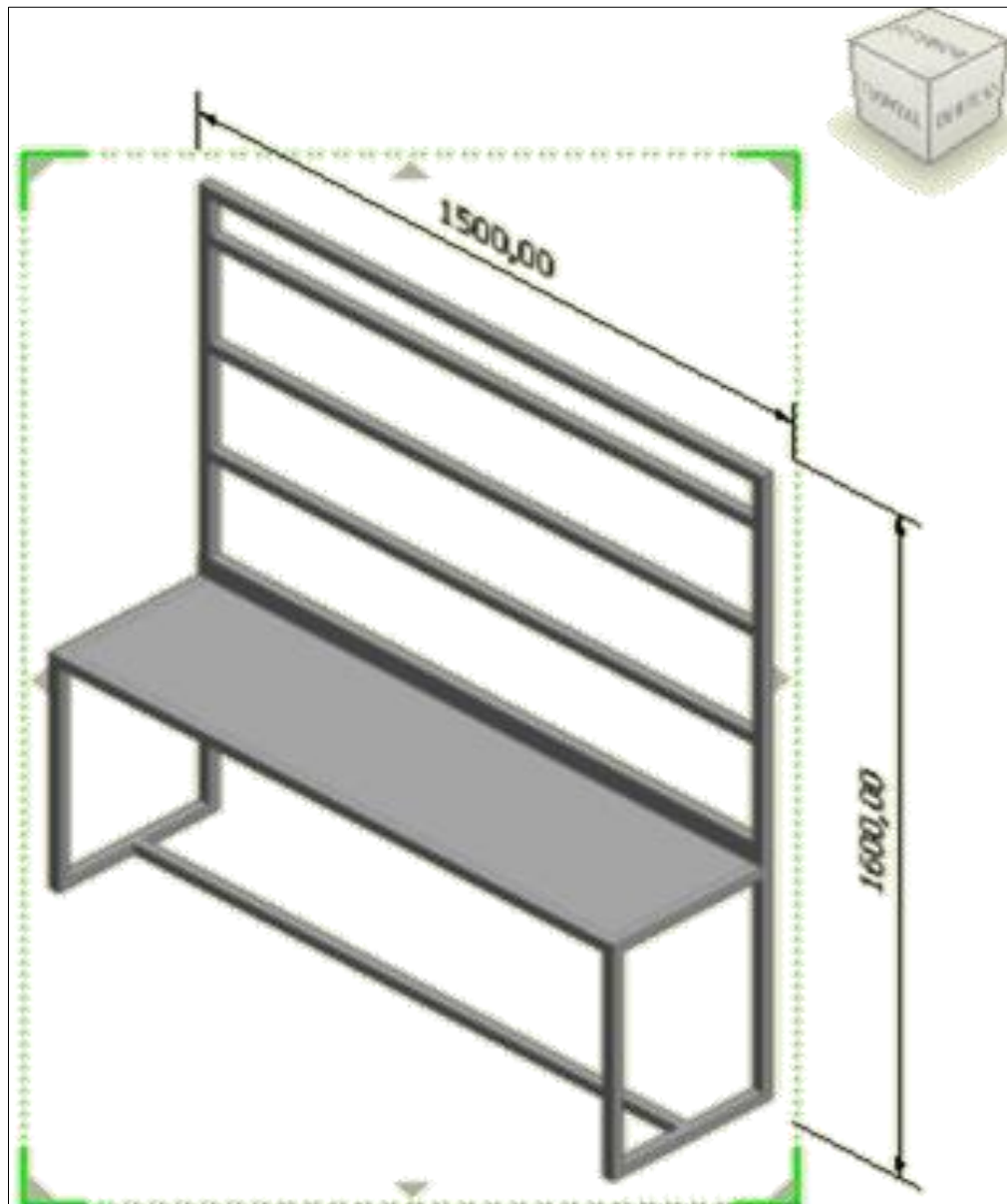
Fuente: (Chacha Judith, 2019)

## 8.10. Construcción del módulo didáctico

Previo a la implementación del módulo didáctico, se realizó el diseño de la estructura y de las láminas didácticas. Como se muestra en la Figura 11, el diseño de la estructura realizada en el programa Autodesk Inventor 2018 con medidas de 1500 mm de ancho y 1600 mm de largo.

### 8.10.1. Diseño de la estructura y láminas del módulo didáctico

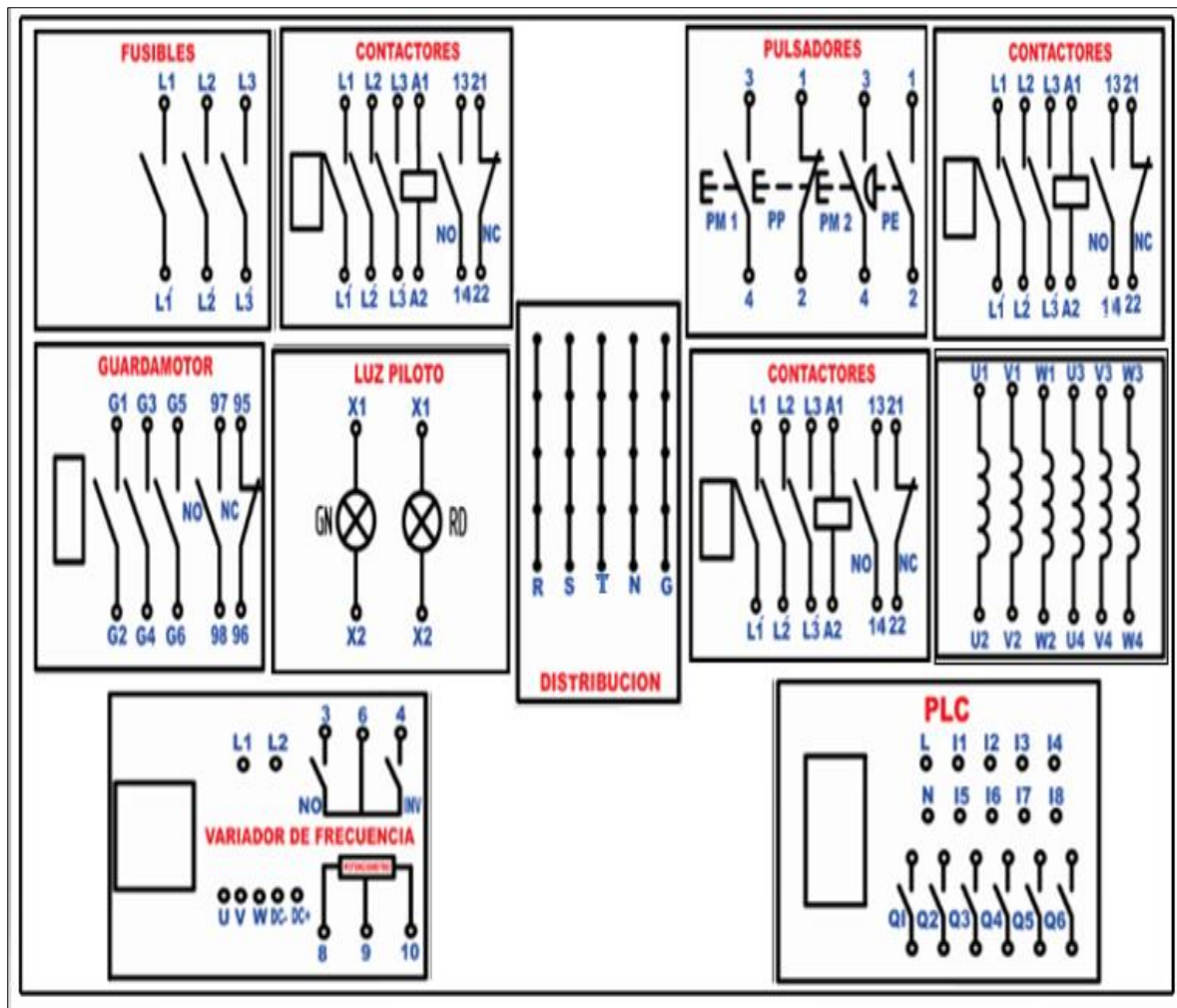
**Figura 11:** Diseño de módulo didáctico en el Programa Inventor



Fuente: (Chacha Judith, 2019)

En la figura 12 se muestra el diseño de cada una de las láminas didácticas en el Programa AutoCAD Electrical, versión 2019.

Figura 12: Diseño de componentes eléctricos en AutoCAD Electrical, Versión 2019



Elaborado por: (Chacha Judith, 2019)

En la construcción del módulo didáctico se utilizó 3 tubos cuadrados de acero galvanizado con un área de 2,54 cm, un espesor de 2,0 mm, 6 m de largo cada uno y con 8,82 kg, esto para la estructura del tablero y para las láminas didácticas una plancha de acero galvanizado con medidas de 1,2 m de largo por 2,4 m de ancho con un espesor de 1,0 mm.

### 8.10.2. Láminas didácticas y sus respectivas medidas

Se define las medidas reales de cada uno de los componentes y la cantidad de terminales que se va a utilizar.

En la tabla 7 se muestra las medidas de cada lámina didáctica:

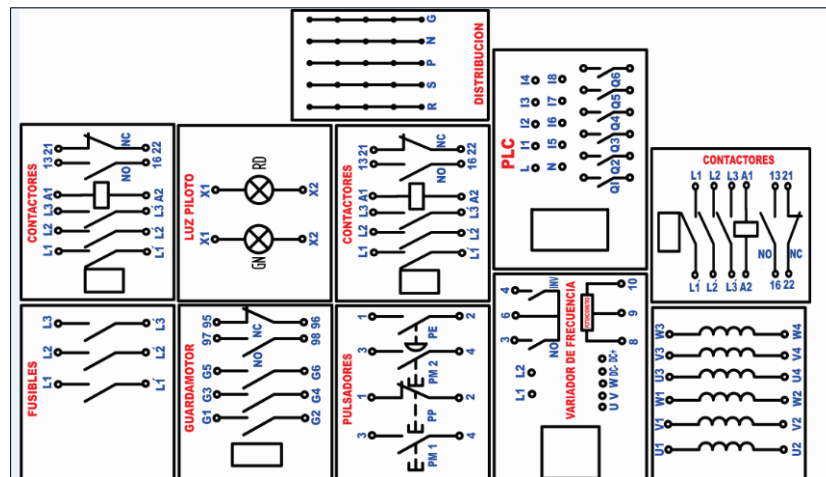


**Tabla 7:** Listado de láminas con sus respectivas medidas [ADPA6] en centímetros

ALTURA	ANCHO	LÁMINAS POR ÁREA A UTILIZAR
0,35 m	0,20 m	Distribución
0,28 m	0,32 m	Contactores (3), Guardamotor, Luz piloto, Fusibles, Pulsadores
0,28 m	0,40 m	PLC
0,28 m	0,37 m	Variador de frecuencia

Realizado por: (Chacha Judith, 2019)

En la Figura 13 se muestra terminado el diseño eléctrico, se llevó a imprimir una Gigantografía en vinil adhesivo para posteriormente recortar la imagen y pegarla en la lámina.

**Figura 13:** Impresión en Vinil adhesivo. Medida de Vinil 1 m de largo x 0,90 m de ancho

Elaborado por: (Chacha Judith, 2019)

Se adquirió una plancha de acero galvanizado y se procedió a cortar con una pulidora cada una de las láminas con sus respectivas medidas como se indica en la Figura 14.

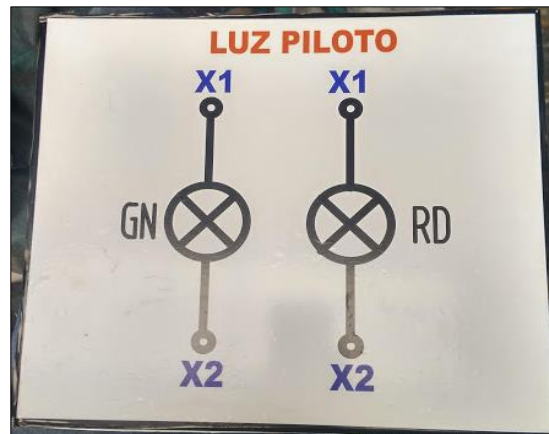
**Figura 14:** Lámina de tol. Medidas 28cm ancho x 32cm largo

Fuente: (Chacha Judith, 2019)

Se cortó el Vinil adhesivo según las dimensiones impresas y se pega en la lámina con ayuda de agua y jabón líquido para poder manipular y poder pegar correctamente.

En la Figura 15 se muestra como quedó el vinil adhesivo pegado en las láminas:

**Figura 15:** Láminas después del pegado adhesivo vinil



**Fuente:** (Chacha Judith, 2019)

Después de ello, se realizó las perforaciones con un taladro a mano con velocidad variable, como se muestra en la Figura 16.

**Figura 16:** Perforación de láminas con taladro

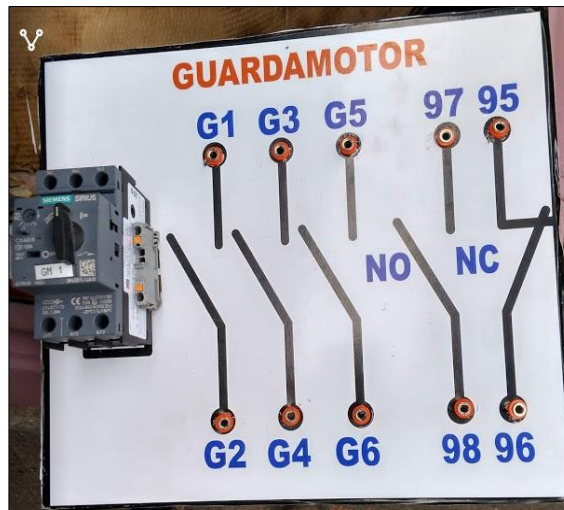


**Fuente:** (Chacha Judith, 2019)

Las perforaciones para los conectores hembras se realizaron con broca de ½ pulgada. Posterior a ello, se colocó los conectores (*jacks*) en cada lámina. En la Figura 17 se puede observar cómo quedaron las láminas con sus *jacks*.



**Figura 17:** Láminas con sus respectivos jacks



Fuente: (Chacha Judith, 2019)

## 8.11. Láminas finales

### 8.11.1. Lámina de conexión para el sistema de distribución

A esta lámina (Figura 18) llega el voltaje de la toma trifásica, consta de tres polos representados por las letras R, S, T más N (neutro) y G (tierra). El disyuntor es el encargado de abrir y cerrar el paso de la energía para el resto de las láminas, se utilizaron 25 jacks.

**Figura 18:** Lámina de conexión del sistema de distribución [ADPA7]

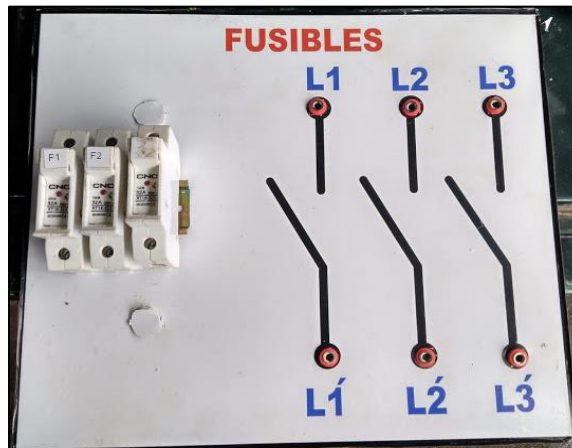


Fuente: (Chacha Judith, 2019)

### 8.11.2. Lámina de conexión para los fusibles

Esta lámina contiene 3 fusibles de 32 Amperios. Estos sirven para proteger la parte de control y al PLC. Se usa 6 *jacks* de ½ pulgada de perforación (Figura 19).

**Figura 19:** Lámina de conexión para los fusibles[ADPA8]

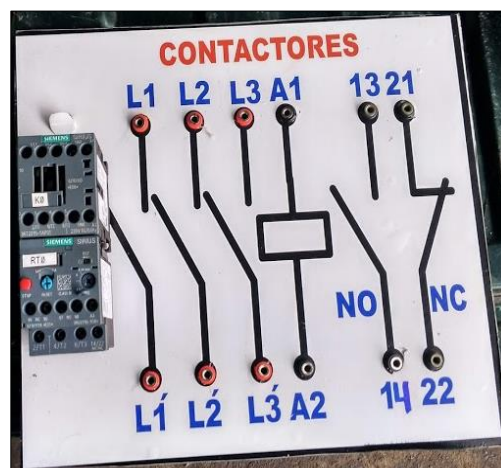


Fuente: (Chacha Judith, 2019)

### 8.11.3. Lámina de conexión para los contactores

Esta lámina nos sirve como interruptor eléctrico trifásico, tiene 12 perforaciones con los *jacks* de ½ pulgada (Figura 20).

**Figura 20:** Lámina de conexión para los contactores[ADPA9]



Fuente: (Chacha Judith, 2019)

### 8.11.4. Lámina de conexión para los pulsadores

Se utilizan dos pulsadores normalmente abiertos y un pulsador normalmente cerrado más un pulsador de paro de emergencia normalmente cerrado tipo hongo. Estos dispositivos se

empotran con broca de  $\frac{3}{4}$  de pulgada. Se colocan 8 *jacks* de  $\frac{1}{2}$  pulgada de perforación como se muestra en la Figura 21.

**Figura 21:** Lámina de conexión para los pulsadores[ADPA10]

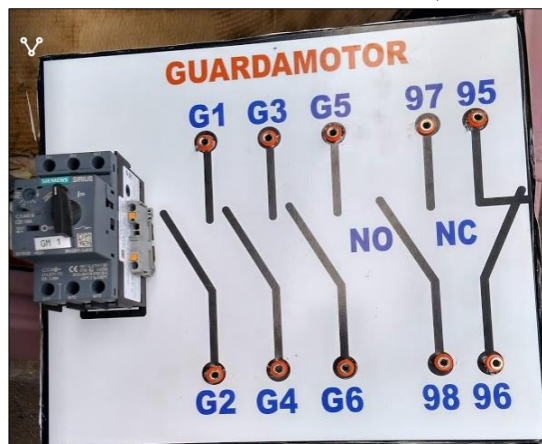


Fuente: (Chacha Judith, 2019)

#### 8.11.5. Lámina de conexión para el guardamotor

En la figura 22 se muestra el guardamotor utilizado en esta lámina, es de familia SIRIUS, cuenta con 10 *jacks* con perforación de  $\frac{1}{2}$  pulgada, destinadas tres para las líneas de fuerza y dos para contactos auxiliares.

**Figura 22:** Lámina de conexión para el guardamotor[ADPA11].

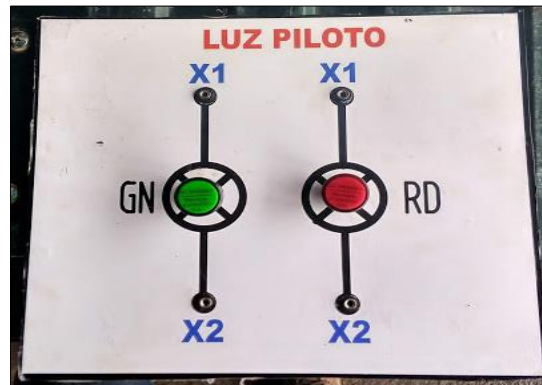


Fuente: (Chacha Judith, 2019)

### 8.11.6. Lámina de conexión para la luz piloto

En la figura 23 las luces piloto se encuentran empotradas, una de color verde destinado para aviso de marcha, y la otra de color rojo para avisos de paro o detección de fallas térmicas. Cuentan con cuatro *jacks*.

Figura 23: Lámina de conexión para la luz piloto [ADPA12]

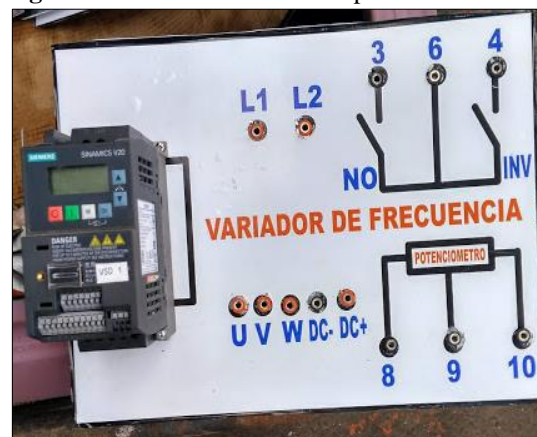


Fuente: (Chacha Judith, 2019)

### 8.12.7. Lámina de conexión para el variador de frecuencia

Esta lámina utiliza un variador de velocidad SINAMICS V20, ideal para alimentar el motor trifásico de 1HP (Figura 24). Cuenta con 13 *jacks* para su conexión

Figura 24: Lámina de conexión para el variador de frecuencia [ADPA13]

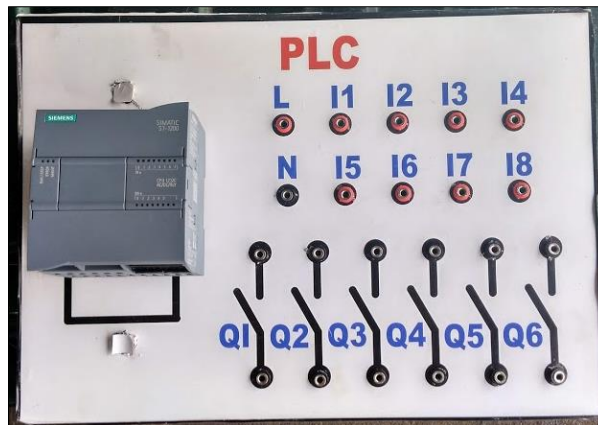


Fuente: (Chacha Judith, 2019)

### 8.11.8. Lámina de conexión para el PLC

Esta lámina se compone de un PLC S7 1200 AC/DC/Relay, que funciona con voltaje de 120/230V, tiene ocho entradas y seis salidas digitales. Cuenta con 20 *jacks* (Figura 25).

**Figura 25:** Lámina de conexión para el PLC [ADPA14].



Fuente: (Chacha Judith, 2019)

## 9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

La implementación y el desarrollo de las prácticas a través de un módulo didáctico para el análisis de operación de motores trifásicos fortalecerán los conocimientos teóricos - prácticos de los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná.

¿Considera usted que con la implementación del módulo didáctico se fortalecerá el aprendizaje, mediante la manipulación de sistemas eléctricos de procesos empleados en la vida profesional para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica?

## 10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Este proyecto se ha desarrollado en cuatro etapas. En primera instancia, se tomará en cuenta la las principales características de los elementos que integraran el módulo didáctico.

En segundo lugar, se utiliza como herramienta de diseño el programa AutoCAD Electrical, versión 2019 donde se realizó el diseño eléctrico de 10 láminas didácticas, las mismas cuentan con el número de *jacks* a utilizar y sus respectivas dimensiones que se observan en la tabla 7.

Como tercera etapa, se realiza el diseño de la estructura del módulo en el Programa Autodesk Inventor con medidas de 1500 mm de ancho y 1600 mm de largo. Y como última etapa, se procede a la construcción del módulo para lo cual se adquiere 3 tubos cuadrados. Con una moladora se cortan los tubos a las medidas del diseño mecánico, para luego con una soldadora eléctrica se sueldan para dar forma a la estructura. Por otra parte se cortan las diez láminas didácticas para pegar el Vinil adhesivo con ayuda de agua y jabón líquido con el fin de manipular la serigrafía y dar un buen acabado.

Para las perforaciones de los jacks, se utilizó una broca plana de ½” y un taladro.

Seguido a ello, se colocaron los jacks con el fin de realizar la conexión de los cables a los terminales de los mismos, a continuación se colocaron riel DIN sujetos con tornillos tripa de pato para la instalación de cada elemento. Ya listas las láminas se procedió al ensamblado de cada uno de los elementos, para fijarlas se utilizó tornillos para techo.

Finalmente se procede a realizar prácticas de: arranque directo, arranque directo con inversión de giro del motor, arranque con variador de frecuencia y arranque estrella triángulo con PLC.

## **10.1. Tipos de investigación**

### **Investigación bibliográfica**

La investigación bibliográfica se fundamenta en estudios técnicos referente a los elementos, diseño y construcción de módulos didácticos previo a su realización. Las prácticas de métodos de arranque [ADPA15] de motores trifásicos jaula de ardilla, y lo anterior nombrado deben ser respaldados por fuentes confiables que contribuyen como guía en la ejecución del proceso investigativo.

## **10.2. Métodos de la investigación**

### **Método experimental**

Se realizó 4 prácticas de Laboratorio concernientes a métodos de arranque de motores trifásico: arranque directo del motor, arranque directo con inversión de giro del motor, arranque con variador de frecuencia y arranque estrella triángulo con PLC.

## **10.3. Técnicas de Investigación**

### **10.3. La encuesta**

Esta técnica sirvió para obtener datos, con el fin de determinar si era factible la implementación de este proyecto. Para ello se planteó 8 preguntas escritas.

Se realizó la encuesta partiendo de una muestra, en este caso un subconjunto de estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica.

Para determinar el tamaño de la muestra de una población de 296 estudiantes matriculados en esta carrera, se hizo uso de la siguiente ecuación de población finita:

$$n = \frac{z^2 \times p \times q \times N}{e^2(N - 1) + (z^2 \times p \times q)} \quad (1)$$

Dónde  $n$ : Tamaño de la muestra

$z$ : Nivel de confianza 95% = 1,96

$p$ : Porcentaje de la población que tiene que tiene el atributo deseado 0,5

$q$ : Porcentaje de la población que no tiene que tiene el atributo deseado 0,5

$N$ : Tamaño del universo 296

$e$ : Error de estimación máximo aceptado 0,05

$$n = \frac{1,96^2 \times 0,5 \times 0,5 \times 296}{0,05^2(296 - 1) + (1,96^2 \times 0,5 \times 0,5)}$$

$$n = \frac{284,27}{0,7375+0,9604} = 168 \text{ estudiantes}$$

#### **10.4. Población**

Este proyecto fue dirigido para los 296 estudiantes matriculados en la Carrera Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi - La Maná.

### **11. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

#### **11.1. Análisis de la encuesta**

De la encuesta realizada a los 168 estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi La Maná se obtuvo los siguientes resultados:

### Primera pregunta

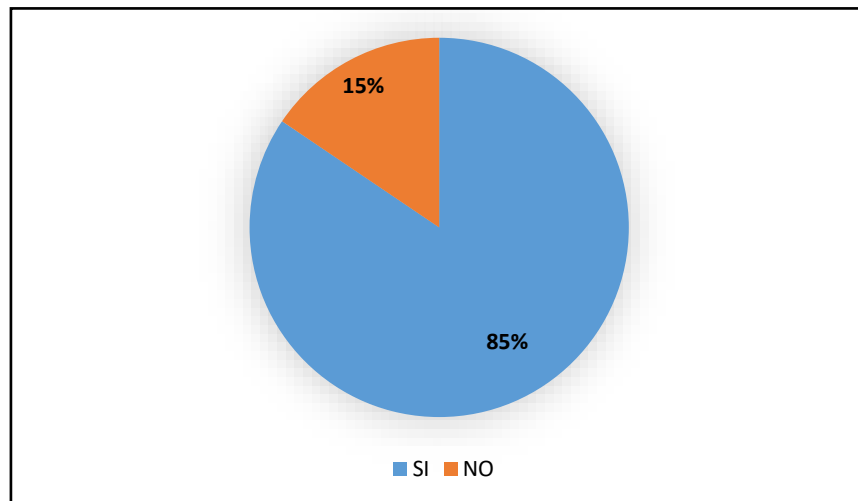
**¿Considera usted importante la manipulación de un módulo didáctico para realizar prácticas de arranques de motores trifásicos en el Laboratorio de la Carrera de Ingeniería Electromecánica?**

**Tabla8 :** Datos obtenidos en la primera pregunta de la encuesta

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	143	85,12
NO	25	14,88
TOTAL	168	100%

Elaborado por: (Chacha Judith, 2019)

**Figura 26:** Datos obtenidos en la primera pregunta de la encuesta



Elaborado por: (Chacha Judith, 2019)

Según los datos obtenidos en la encuesta el 85% consideran que si es importante la manipulación de un módulo de prácticas en el Laboratorio de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi La Maná. Y un 15% de los encuestados afirman que no es importante la manipulación de un módulo de prácticas.



## Segunda pregunta

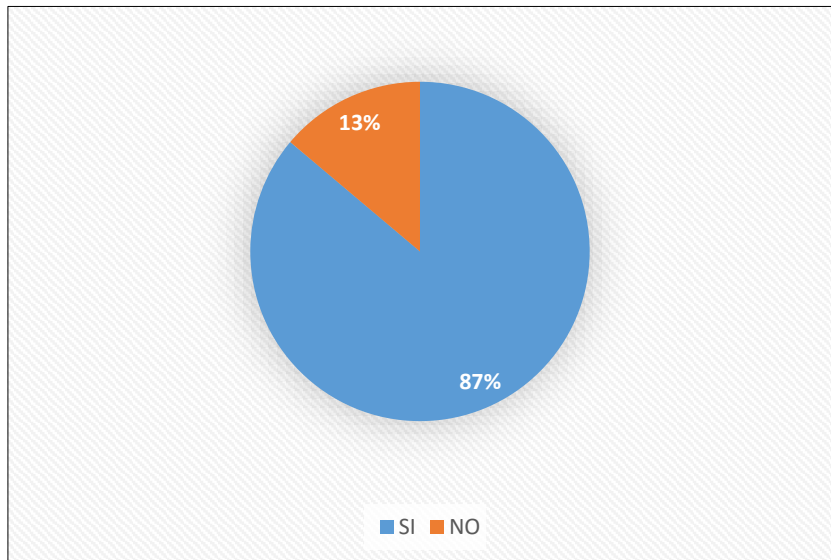
**¿Considera importante que los docentes deben complementar sus enseñanzas con las prácticas?**

**Tabla 9:** Datos obtenidos en la segunda pregunta de la encuesta

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	146	86,90
NO	22	13,1
TOTAL	168	100%

Elaborado por: (Chacha Judith, 2019)

**Figura 27:** Datos obtenidos en la segunda pregunta de la encuesta



Elaborado por: (Chacha Judith, 2019)

El 87% de los encuestados afirman la importancia de que los docentes deben emplear las prácticas de Laboratorio para la complementación de la teoría con la práctica, pues nos facilita el aprendizaje mediante la experiencia.

Por otra parte el 13% consideran que no es importante la complementación de la teoría con la práctica para su aprendizaje.

### Tercera pregunta

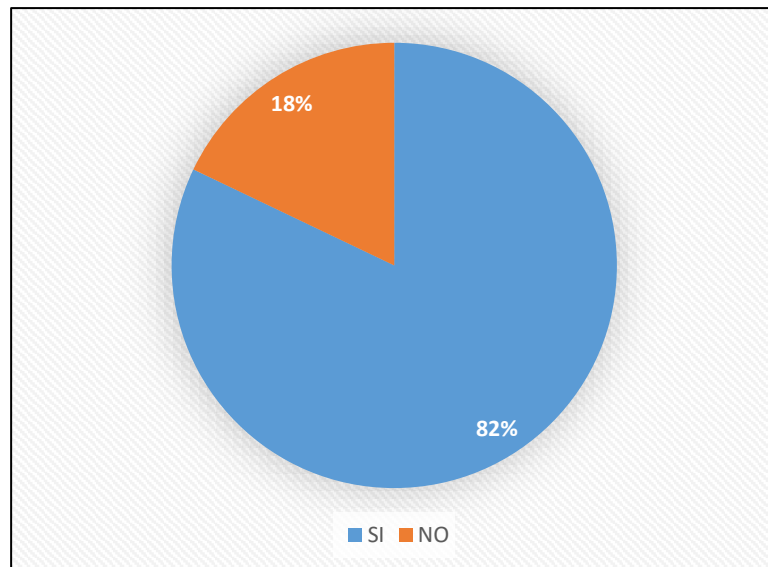
**¿Considera usted importante la implementación de equipos de automatización en los laboratorios de la Carrera Ingeniería Electromecánica?**

**Tabla 10:** Datos obtenidos en la tercera pregunta de la encuesta

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	138	82
NO	30	18
TOTAL	168	100%

Elaborado por: (Chacha Judith, 2019)

**Figura 28:** Datos obtenidos en la tercera pregunta de la encuesta



Elaborado por: (Chacha Judith, 2019)

El 82% de los encuestados señalo que si es importante la implementación de equipos de automatización en los laboratorios de la Carrera Ingeniería Electromecánica, mientras que un 18% consideran que no lo es.

Entonces se puede concluir, de acuerdo con el análisis de la encuesta realizada que la mayor cantidad de estudiantes encuestados consideran que si es importante la implementación de equipos de automatización en los Laboratorios de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi La Maná.

### Cuarta pregunta

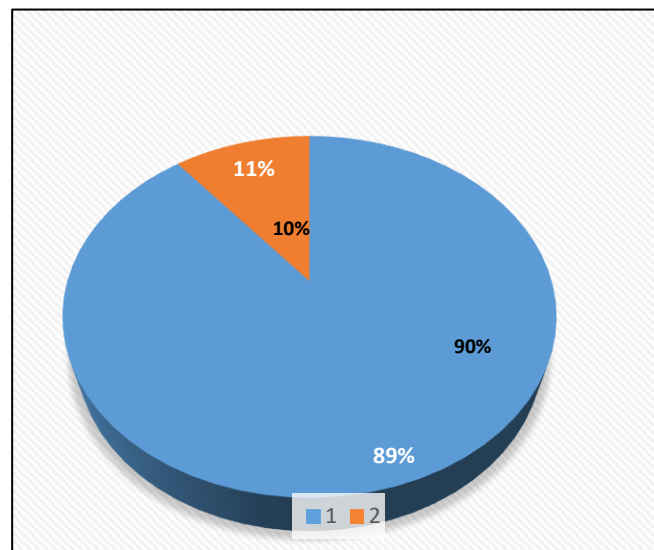
**¿Considera usted que con la implementación de un módulo didáctico para prácticas de arranques de motores se fortalecerá el aprendizaje, mediante la manipulación de sistemas eléctricos de procesos empleados en la vida profesional para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica?**

**Tabla 11:** Datos obtenidos en la cuarta pregunta de la encuesta

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	151	90
NO	17	10
TOTAL	168	100%

Elaborado por: (Chacha Judith, 2019)

**Figura 29:** Datos obtenidos en la cuarta pregunta de la encuesta



Elaborado por: (Chacha Judith, 2019)

El 90% de los encuestados consideran que con la implementación de un módulo didáctico para prácticas de arranques de motores fortalecerán el aprendizaje teórico-práctico, mediante la manipulación de sistemas eléctricos y electrónicos de procesos empleados en la vida. Un 10% afirma que no se fortalecerá el aprendizaje con la implementación del módulo.

### Quinta pregunta

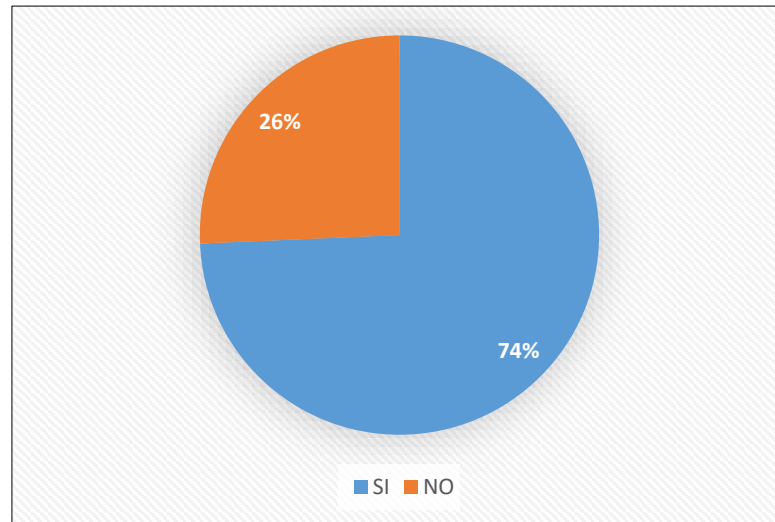
**¿Usted conoce la existencia de algún módulo didáctico de sistemas industriales en el Laboratorio de la carrera de Ingeniería Electromecánica?**

**Tabla 12:** Datos obtenidos en la quinta pregunta de la encuesta

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	125	74
NO	43	26
TOTAL	168	100%

Elaborado por: (Chacha Judith, 2019)

**Figura 30:** Datos obtenidos en la quinta pregunta de la encuesta



Elaborado por: (Chacha Judith, 2019)

De acuerdo con la encuesta realizada el 74% de los encuestados afirmaron conocer la existencia de algún módulo didáctico de sistemas industriales en el Laboratorio de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi La Maná, mientras que un 26% afirman no conocer la existencia de algún modulo didáctico.

Concluyendo que la mayor parte de los estudiantes encuestados conocen la existencia de algún tipo de módulo didáctico de sistemas industriales.

### Sexta pregunta

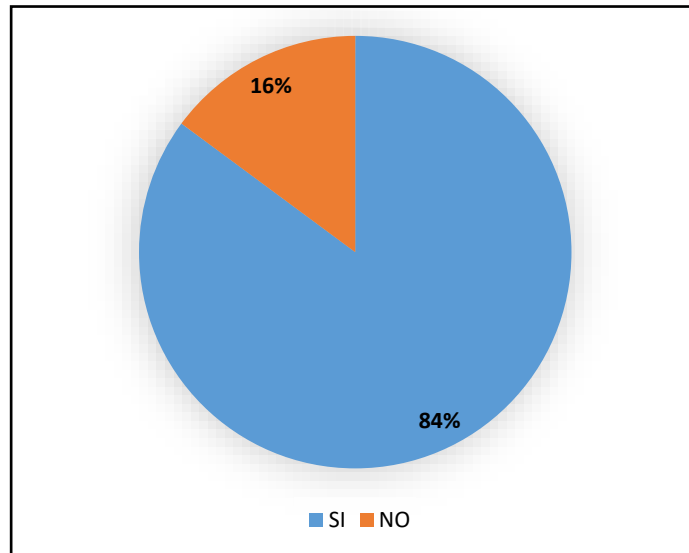
**¿Considera importante la realización de las prácticas en presencia de un docente que lo supervise?**

**Tabla 13:** Datos obtenidos en la sexta pregunta de la encuesta

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	141	84
NO	27	16
TOTAL	168	100%

Elaborado por: (Chacha Judith, 2019)

**Figura 31:** Datos obtenidos en la sexta pregunta de la encuesta



Elaborado por: (Chacha Judith, 2019)

El 84% de los estudiantes encuestados están de acuerdo de que las prácticas de laboratorio se realicen con supervisión de un docente, mientras que el 16% no está de acuerdo.

De acuerdo con el análisis de la encuesta se puede observar que la mayor parte de estudiantes encuestados están de acuerdo que las prácticas de laboratorio se realicen en supervisión de un docente.

### Séptima pregunta

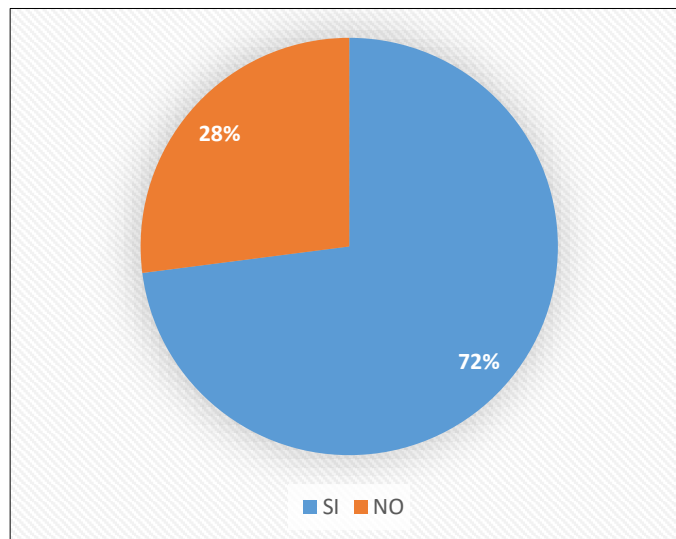
**¿Considera usted importante crear guías de prácticas para la correcta ejecución de las prácticas?**

**Tabla 14:** Datos obtenidos en la séptima pregunta de la encuesta

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	121	72
NO	47	28
TOTAL	168	100%

Elaborado por: (Chacha Judith, 2019)

**Figura 32:** Datos obtenidos en la séptima pregunta de la encuesta



Elaborado por: (Chacha Judith, 2019)

De acuerdo con la encuesta realizada el 72% de los estudiantes que fueron encuestados consideran que es importante crear guías de prácticas para la correcta realización de las prácticas de Laboratorio. Por otra parte el 28% consideran que no es importante realizar guías de prácticas.

De acuerdo con el análisis de la encuesta se puede deducir que la mayor parte de los encuestados consideran que si es importante crear guías de prácticas.

### Octava pregunta

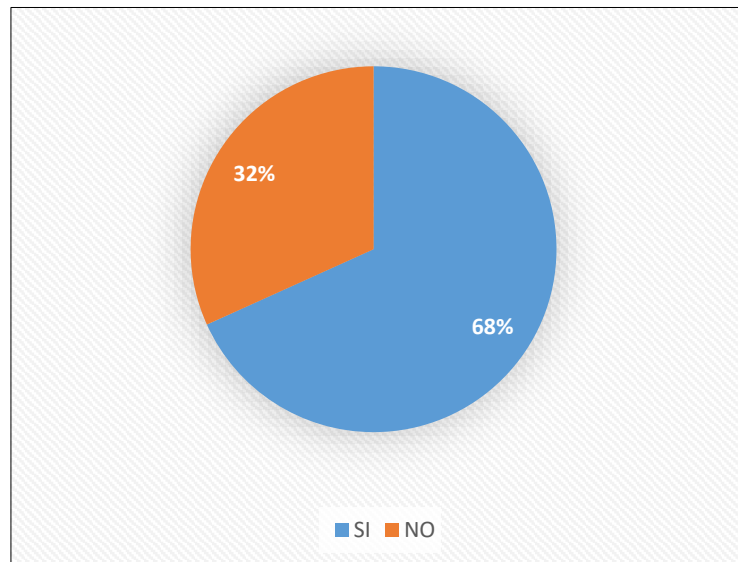
**¿Usted conoce los principales elementos a utilizarse en las prácticas de arranque de motores trifásicos?**

**Tabla 15 :** Datos obtenidos en la octava pregunta de la encuesta

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	114	68
NO	54	32
TOTAL	168	100%

Elaborado por: (Chacha Judith, 2019)

**Figura 33:** Datos obtenidos en la octava pregunta de la encuesta



Elaborado por: (Chacha Judith, 2019)

Un 68% de los encuestados señaló conocer los principales elementos a utilizarse en las prácticas de arranque de motores trifásicos. De igual manera un 32% mencionó no conocer los elementos eléctricos, electrónicos que son básicos para realizar las prácticas de métodos de arranque de motores trifásicos.

Se deduce que la mayor parte de los encuestados señalaron conocer los elementos que se utilizan para realizar una práctica de arranque de motores trifásicos.

## 11.2. Selección de los elementos

En la Tabla 16 se muestran los factores básicos que se tomaron en cuenta para la selección de cada uno de los elementos que interviene en el módulo didáctico entre los cuales tenemos los físicos.

**Tabla 16:** Factores físicos de los elementos a seleccionar

ELEMENTOS	PESO	FRECUENCIA
Motor trifásico SIEMENS de 1HP	15Kg	60Hz
Variador de velocidad SINAMIC V20	1Kg	60Hz
Guardamotor	0,32Kg	60Hz
Contactores SIRIUS	0,31Kg	60Hz
Breaker o disyuntor trifásico	0,234Kg	60Hz
PLC S7 1200	0,425Kg	60Hz

Elaborado por: (Chacha Judith, 2019)

En la tabla 17 se muestra bajo qué criterios se realizó la selección del motor jaula de ardilla de 1HP: físicos y de costos.

**Tabla 17:** Factores físicos y de costo del motor trifásico jaula de ardilla

ELEMENTOS	PESO	COSTO
Motor trifásico Marca SIEMENS de 1HP	15Kg	150
Motor trifásico Marca Weg de 1Hp	16.5Kg	160

Elaborado por: (Chacha Judith, 2019)

Según (SIEMENS, Convertidor SINAMICS V20, 2016) el variador de velocidad SINAMICS V20 es ideal para motores de 1HP y para la protección de circuitos de derivación con fusibles para semiconductor compatibles con IEC (Siemens) son los fusibles estándar de 16A.

Los dispositivos de protección fueron seleccionados a partir de la corriente nominal del motor

a) Guardamotor, b) contactor, c) Breaker.

- Para ello la corriente nominal del motor que es de 3.30A se multiplica por el factor de servicio del mismo 1.15 dando como resultado 3.795A.
- Para la selección del contactor a partir de la corriente nominal del motor 3.30A multiplicado al 25%, resultando 4.125A.
- Para la selección del breaker de igual manera la corriente nominal del motor 3.30A multiplicado 1.25 corriente de protección resultando 4.125A.



Con estos datos se designo los elementos faltantes tales como: dos pulsadores (rojo, verde) y un pulsador de paro de emergencia y dos luces piloto (rojo, verde).

Para realizar las prácticas de arranque automatico de motores trifásicos se escogio el PLC S7 1200.

### **11.3. Prácticas**

#### **Arranque de motores**

Denominamos arranque al proceso de puesta en marcha de una máquina eléctrica. En el caso de los motores asíncronos, para que esta operación pueda llevarse a cabo, es preciso, que el par de arranque sea superior al par resistente de la carga, de esa forma se obtiene un momento de aceleración que obliga a girar al motor a una velocidad cada vez más elevada, alcanzando el régimen permanente cuando se igualan los pares motor y resistente (Departamento de Ingeniería Eléctrica E.T.S.I.I, 2008).

En el arranque de motores se presentan algunos problemas entre los cuales tenemos las perturbaciones y caídas de tensión en la red de distribución eléctrica, debido a las altas corrientes de arranque. Se desarrollara los siguientes; arranque directo, arranque directo con inversión de giro, arranque con variador de velocidad, arranque con PLC.

#### **Práctica N° 1**

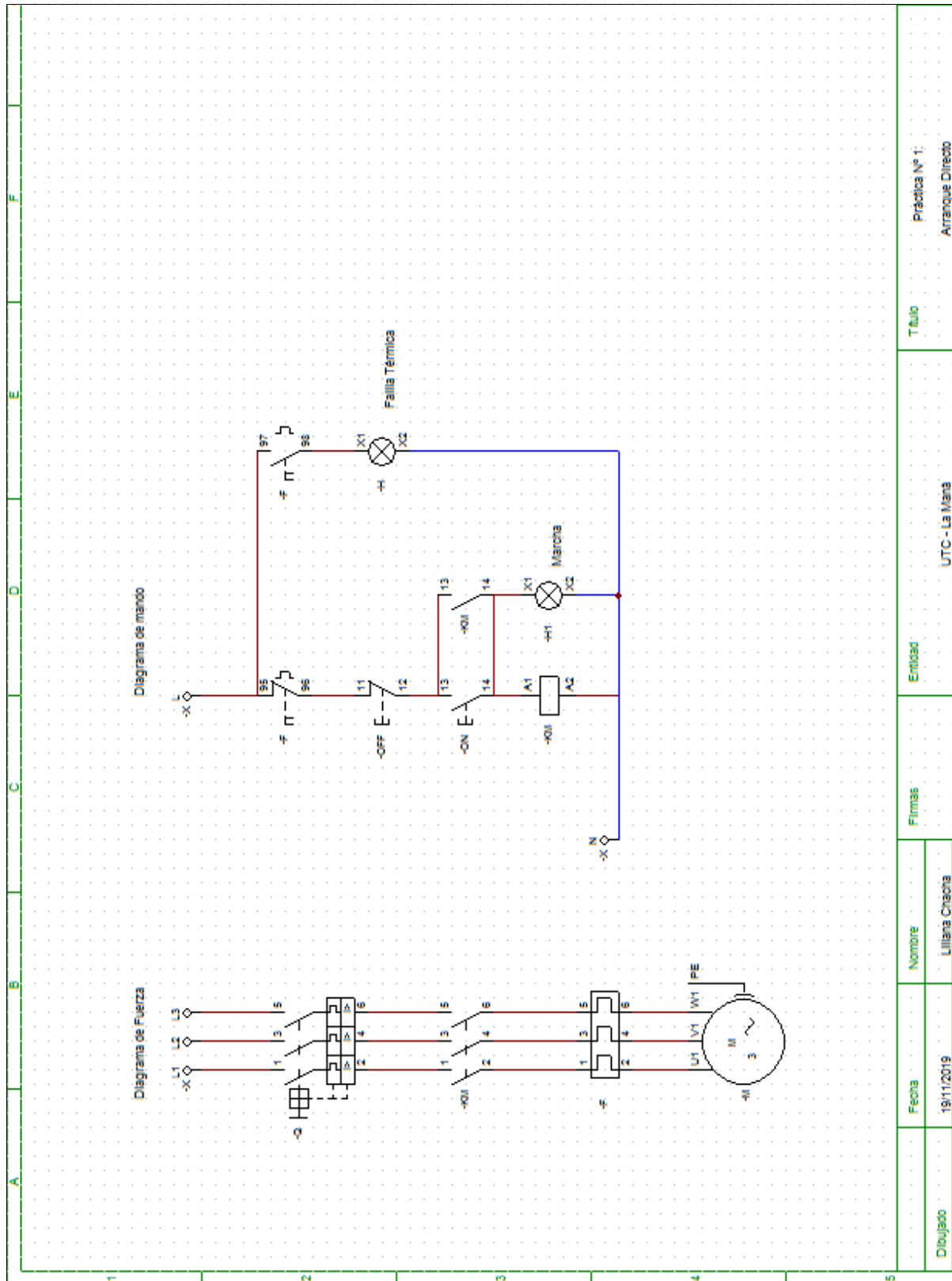
**Nombre de la práctica:** Arranque directo

#### **Láminas que intervienen en las prácticas:**

- Lámina de Distribución
- Lámina de Contactor
- Lámina de Pulsadores
- Lámina de Guardamotor
- Lámina de Luz piloto

- Motor trifásico de 1HP

Figura 34: Arranque directo de motores trifásicos en el Programa CADe-SIMU



Elaborado por: (Chacha Judith, 2019)

Dibujado	Fecha	Nombre	Firmas	Entidad	Título	Práctica Nº 1: Arranque Directo
	19/11/2019	Liliana Chacota			UTC - La Plata	

**Procedimiento de montaje:**

1. Seleccionar las láminas
2. Conexión del circuito de fuerza
3. Conexión del circuito de mando
4. Conexión de las bobinas para el arranque directo
5. Conexión de alimentación a las bobinas del motor.

**Funcionamiento:**

Para su funcionamiento se suministra energía trifásica al módulo didáctico mediante la conexión de la extensión al sistema de energía del Laboratorio, después se verifico el nivel de tensión en la distribución. Se energiza el circuito pulsando sobre el Disyuntor de la distribución, luego pulsamos ON, se cierra el circuito del camino de tensión hacia la bobina del contactor, KM, al mismo tiempo, se cierra el contacto auxiliar de KM, enciende H1 y se prende el motor. Se hace una prueba con el guardamotor pulsamos F y se enciende H2, informando una falla térmica y el motor se apaga.

Pulsamos OFF, se desconecta el Contactor KM, se apaga H1 y se desenergiza todo el circuito.

**Datos y cálculos:**

$$(\text{Eficiencia}) \ n = \frac{P \times 746}{\sqrt{3V \times I \times \cos \emptyset}} \quad (2)$$

Donde:

P: potencia en Hp

V: voltaje de línea

I: corriente de línea

$\cos \emptyset$ : Factor de potencia

$$n = \frac{P \times 746}{\sqrt{3V \times I \times \cos \emptyset}} = \frac{1HP \times 746W}{1.73 \times 220V \times 3.30 \times 0.77} = \frac{746W}{967.10} = 0.77 \times 100\%$$

$$n = 77\%$$

$$\text{(Potencia Entrada) } Pin = \frac{Pout}{n} \quad (3)$$

$$Pin = \frac{746W}{0.77} = 968.83W$$

$$\text{(Corriente de línea) } Il = \frac{P3\phi}{\sqrt{3}Vl \times I \times Fp} \quad (4)$$

$$Il = \frac{968.83W}{1.73 \times 220V \times 0.77} = \frac{968.83W}{293.06} = 3.30A$$

$$\text{(Corriente de fase en Conexión Triángulo) } If = \frac{Il}{\sqrt{3}} \quad (5)$$

$$If = \frac{3.30A}{1.73} = 1.90A$$

$$\text{(Voltaje de fase en Conexión Estrella) } Vf = \frac{Vl}{\sqrt{3}} \quad (6)$$

$$Vf = \frac{220}{1.73} = 127.16V$$

En esta práctica el motor es conectado directamente a la tensión nominal de la red, en conexión estrella, con sus respectivos dispositivos de protección: guardamotor, contactor, disyuntor trifásico.

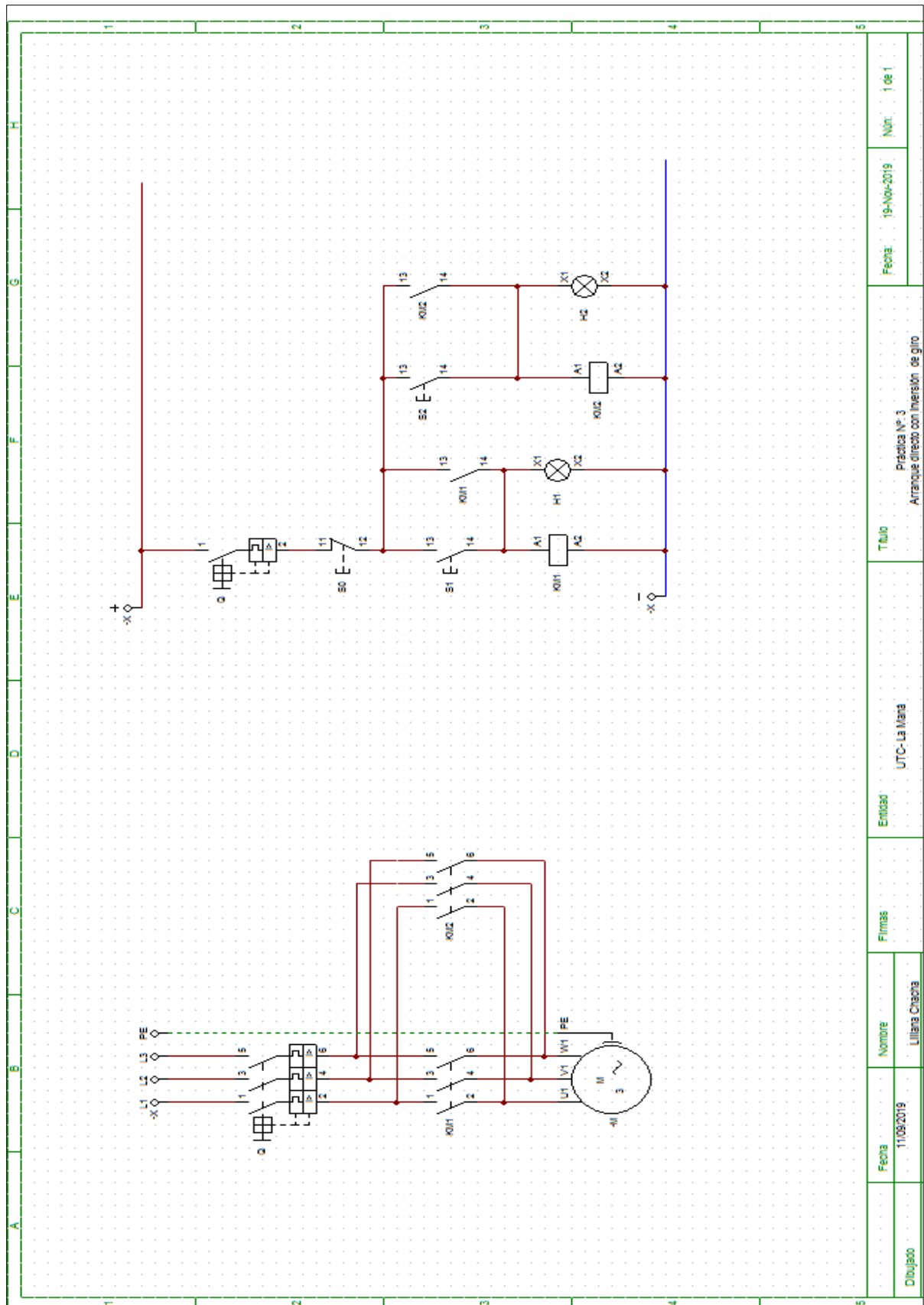
## Práctica N.º 2

**Nombre de la práctica:** Arranque Directo con inversión de giro

**Láminas que intervienen en las prácticas:**

- Lámina de Distribución
- Lámina de Contactores (2)
- Lámina de Pulsadores
- Lámina de Luz Piloto
- Motor trifásico de 1HP

Figura 35: Arranque directo con inversión de giro en el Programa CADe-SIMU



Elaborado por: (Chacha Judith, 2019)

**Procedimiento de montaje:**

1. Seleccionar las láminas
2. Conexión del circuito de fuerza
3. Conexión del circuito de mando
4. Conexión de las bobinas para el Arranque directo con Inversión de giro
5. Conexión de alimentación a las bobinas del motor

**Funcionamiento:**

Se suministra energía trifásica al módulo didáctico mediante la conexión de la extensión al sistema de energía del Laboratorio, después se pulsa el Disyuntor de la distribución

Pulsamos S1, ingresa el contactor KM, enciende H1 y el motor se prende, no obstante si pulsamos S0, se desconecta el Contactor KM1 para apagar el motor. Si pulsamos S2, ingresa el contactor KM2, enciende el H2 y funciona para la inversión de giro. Pulsamos S0, se desconecta el Contactor KM2, se apaga H1 y el motor se detiene

**Datos y cálculos:**

$$(\text{Eficiencia}) \ n = \frac{P_x 746}{\sqrt{3} \times V_l \times I \times \cos \emptyset} = \frac{1 \text{HP} \times 746 \text{W}}{1.73 \times 220 \text{V} \times 3.30 \times 0.77} = \frac{746 \text{W}}{967.10} = 0.77 \times 100\% = 77\%$$

$$(\text{Potencia Entrada}) \ P_{in} = \frac{P_{out} 746 \text{W}}{n 0.77} = 968.83 \text{W}$$

$$(\text{Corriente de línea}) \ I_l = \frac{P_{3\emptyset}}{\sqrt{3} \times V_l \times I \times F_p} = \frac{968.83 \text{W}}{1.73 \times 220 \text{V} \times 0.77} = \frac{968.83 \text{W}}{293.06} = 3.30 \text{A}$$

El motor es conectado directamente a la tensión de la red. Se requiere la inversión de dos fases de alimentación para cambiar el sentido de giro.

**Práctica N.º 3**

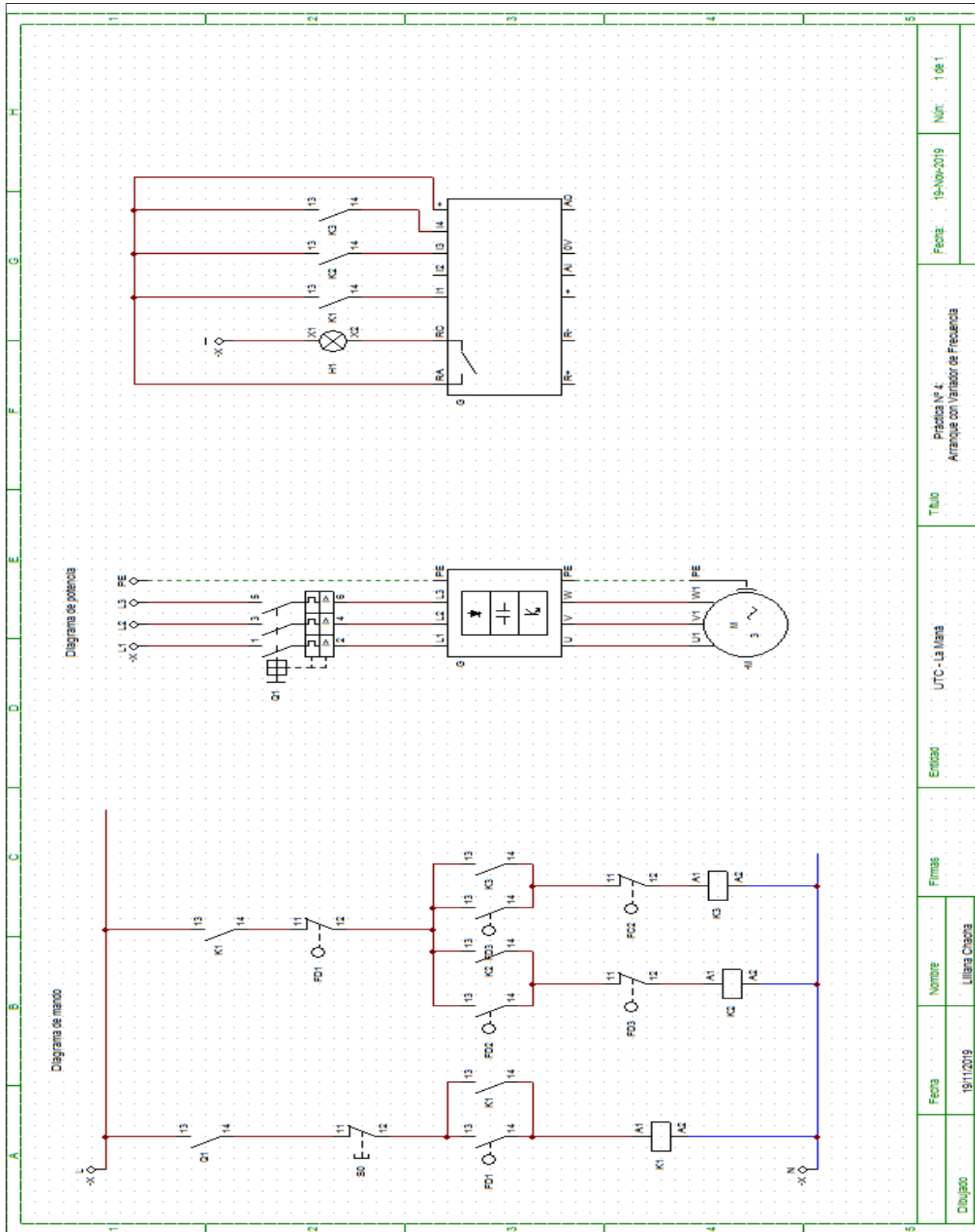
**Nombre de la práctica:** Arranque con Variador de velocidad

**Láminas que intervienen en las prácticas:**

- Lámina de Distribución
- Lámina de Contactores (3)
- Lámina de Pulsadores
- Lámina de Luz Piloto

- Lámina de Guardamotor
- Lámina de Variador de frecuencia
- Motor trifásico de 1HP

Figura 36: Arranque con variador de velocidad



Elaborado por: (Chacha Judith, 2019)

Dibujo	Fecha	Nombre	Firmas	Entidad	Título	Fecha	Núm.
	19/11/2019	Liliana Casero		UTC-La Plata	Práctica N° 4: Arranque con Variador de Frecuencia	19-Nov-2019	1 de 1

**Procedimiento y montaje:**

- Seleccionar las láminas para esta práctica
- Conexión del circuito de fuerza
- Se debe proteger el PLC S7 1200 por lo tanto debe ir una lámina de fusibles
- Pruebas de funcionamiento del circuito de fuerza
- Conexión del circuito de mando
- Pruebas de funcionamiento del circuito de mando
- Conexión de los terminales de salida del Variador de frecuencia al motor.

**Funcionamiento:**

Se suministra energía trifásica al módulo didáctico mediante la conexión de la extensión al sistema de energía del Laboratorio.

Ingresamos datos en el Variador de velocidad, tres frecuencias 20HZ, 35HZ Y 60HZ estas simuladas en CADe-SIMU.

Pulsamos Q1, se enciende H1 y se enciende el variador de velocidad

Pulsamos FD1, se energiza la bobina K1, se enciende el motor, comienza a girar lentamente hasta llegar a la frecuencia 20 HZ con una velocidad de 600rpm.

Pulsamos FD2, se energiza la bobina K2, comienza a girar el motor lentamente hasta llegar a la frecuencia de 35HZ con una velocidad de 1050rpm.

Pulsamos FD3, se energiza la bobina K3, comienza a girar el motor lentamente hasta llegar a la frecuencia de 60HZ con una velocidad de 1800rpm.

Pulsamos S0, se apaga el motor.

**Datos y cálculos:**

Conexión Triángulo;  $V_l = V_f = 220v$

$$I_f = \frac{I_l}{\sqrt{3}} = \frac{3.30A}{1.73} = 1.90A$$

$$\text{Potencia; } P = \sqrt{3} \times V_n \times I_n \times \text{Cos}\phi$$

(7)



$$P = 1.73 \times 220V \times 1.91 \times 0.77$$

$$P = 559.75W$$

En esta práctica el motor se conecta por medio de un dispositivo electrónico de potencia, que posibilita realizar un arranque y la parada de manera controlada variando la velocidad y el par de fuerza del motor ya que el Variador de Velocidad permite modificar la frecuencia de la red a la alimentación del motor, y así efectuar el arranque y parada, trabajan en una frecuencia máxima y mínima, siendo de rango regulable.

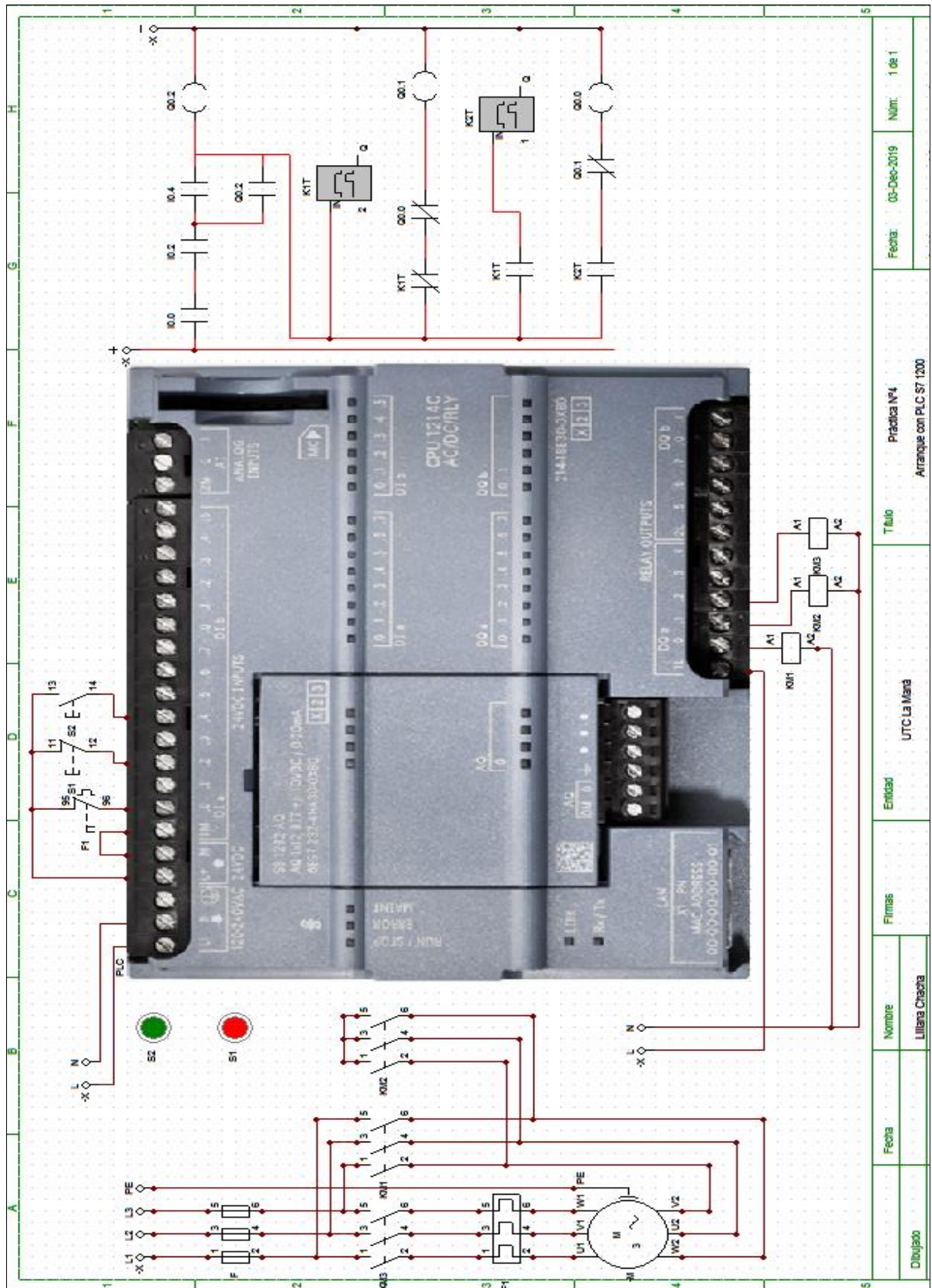
#### **Práctica N.º 4**

**Nombre de la práctica:** Arranque estrella triángulo con PLC S7 1200

#### **Láminas que intervienen en las prácticas:**

- Lámina de Contactores (3)
- Lámina de Pulsadores
- Lámina de Luz Piloto
- Lámina de Guardamotor
- Lámina con el PLC
- Motor trifásico de 1H

Figura 37: Arranque estrella triángulo con PLC



Elaborado por: (Chacha Judith, 2019)

Fecha	03-Dec-2019	Núm.	1 de 1
Título		Práctica Nº4	
Entidad		UTC La Mera	
Fecha	Nombre	Firmas	
	Liliana Chacha		
Arranque con PLC S7 1200			

**Procedimiento y montaje:**

1. Seleccionar las láminas para esta práctica
2. Suministrar energía trifásica al módulo didáctico mediante la conexión de la extensión al sistema de energía del Laboratorio.
3. Conexión del circuito de control
4. Conexión del circuito de fuerza
5. Programación del PLC S7 1200 en lenguaje LADDER
6. Conexión de las bobinas para el Arranque estrella-triángulo
7. Conexión de la alimentación a las bobinas del motor.

**Funcionamiento:**

Se suministra energía trifásica al módulo didáctico mediante la conexión de la extensión al sistema de energía del Laboratorio.

Pulsamos S2; se energizan los contactores KM3 y KM2, lee la orden, entra el temporizador interno del PLC K1T y arranca el motor en estrella, seguido el temporizador interno del PLC pasa a 0, se desconecta el contactor KM2 se apaga el motor. Pero queda energizado la bobina del contactor KM3 y se energiza KM1 el motor arranca en triángulo.

Si pulsamos S1, se apaga todo el circuito eléctrico.

**Datos y cálculos:**

Conexión Triángulo;

$$Vl = Vf = 220v$$

$$If = \frac{Il}{\sqrt{3}} \frac{3.30A}{1.73} = 1.90A$$

Conexión Triángulo;

$$Vl = Vf = 220V$$

$$If = Il/\sqrt{3}$$

$$1.90A/1.73=1.09A$$

Potencia;

$$P = \sqrt{3} \times V_n \times I_n \times \cos\phi$$

$$P = 1.73 \times 220V \times 1.91 \times 0.77$$

$$P = 559.75W$$

El arranque estrella-triángulo reduce la intensidad que absorbe un motor trifásico en el momento del arranque. El arranque con PLC permite ajustar los tiempos de cambio del arranque en estrella a triángulo.

En la conexión en estrella, la diferencia de potencial entre cada par de líneas de la alimentación trifásica, denominadas fases, alimenta dos bobinas, mientras que, en la conexión en triángulo, la tensión entre cada dos fases solo alimenta una bobina (Candelas, 2011).

## **12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)**

### **Impacto técnico**

El uso de módulos didácticos para el ensayo con motores trifásicos mejora el aprendizaje en la ingeniería, mediante el control de equipos electromecánicos en conjunto con las herramientas adecuadas para realizar los análisis y pruebas en los diferentes componentes utilizables en la industria, así como de las plantas de producción donde es importante el conocimiento del arranque de motores trifásicos, que representa el inicio de un proceso industrial.

### **Impacto social**

Este impacto fue positivo para los estudiantes que están matriculados en la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi - La Maná, puesto que podrán realizar varias prácticas de laboratorio concernientes a métodos de arranque.

### **Impacto Económico**

El enfoque del proyecto es armar un tablero didáctico con materiales de buena calidad y económicos.

### 13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	PLC S7 1200 CPU 1212 ac/dc	1	U	\$ 400[ADPA16]	\$ 400
2	Enchufe tipo clavija 16A 3P	1	U	\$ 8	\$ 8
3	Motor trifásico SIEMENS de 1HP	1	U	\$ 150	\$ 150
4	Luz piloto 22 mm verde	1	U	\$ 3	\$ 3
5	Luz piloto 22 mm rojo	1	U	\$ 3	\$ 3
6	Pulsador 22 mm rojo	1	U	\$ 2	\$ 2
7	Pulsador 22 mm verde	1	U	\$ 2	\$ 2
8	Pulsador de paro de emergencia	1	U	\$ 3	\$ 3
9	Plug hembras	120	U	\$ 0,25	\$ 30
10	Plug machos	120	U	\$ 0,15	\$ 18
11	Contactores	3	U	\$ 25	\$ 75
12	Réles térmicos	2	U	\$ 35	\$ 70
13	Guardamotor	1	U	\$ 70	\$ 70
14	Variador de frecuencia Sinamics V20	1	U	\$ 250	\$ 250
15	Interruptor o disyuntor trifásico 16A.	1	U	\$ 10	\$ 10
16	Cable de AWG 18	1/2	rollo	\$ 15	\$ 15
17	Fusibles G6 4A.	4	U	\$ 1	\$ 4
18	Estructura metálica	1	U	\$ 250	\$ 250
19	Impresión del diseño en Vinil Adhesivo	1	U	\$ 15	\$ 15
20	Riel DIN perforado	2	metro	\$ 3	\$ 6
21	Varios pernos, tuercas, brocas, disco de corte	1	U	30\$	\$ 30
22	Instalación de programas para simular	2	U	\$ 10	\$ 20
				Total	\$ 1436

## 14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 14.1 Conclusiones

- Se definió los componentes que intervienen en el diseño del módulo didáctico a partir de las características y capacidad del motor trifásico de 1HP.
- Al momento de diseñar el módulo didáctico se perfeccionó los conocimientos y la utilización de herramientas CAD.
- Se construyó el módulo didáctico, mismo que facilitará al docente sus funciones de enseñanza, ya que los dispositivos eléctricos y electrónicos usados en la implementación de este proyecto de tesis son los que se utilizan actualmente en las industrias, así se garantiza que el estudiante tenga los mejores recursos para su educación profesional.
- Se elaboró una guía de prácticas para los estudiantes, que comprende: fundamento, objetivos, diagramas de arranque de motores trifásicos, con sus conexiones simuladas en el programa CAdE-SIMU, funcionamiento, datos y cálculo.

## 14.2. Recomendaciones

- Verificar que todos los elementos de control, de mando y de fuerza que se van a utilizar en el desarrollo de un circuito de práctica de arranque se encuentren en buen estado.
- Dar mantenimiento<sup>[ADPA17]</sup> preventivo a todos los dispositivos colocados en las láminas, ajustar los *jacks*, realizar la limpieza de cada lámina cada 3 meses y verificar el ajuste de los tornillos para techo con los que están sujetas las láminas didácticas.
- Incentivar a los estudiantes a implementar nuevos módulos didácticos con diferentes equipos acorde con otros procesos industriales<sup>[ADPA18]</sup> o de automatización.
- Revisar que todas las conexiones se encuentran correctas, de acuerdo con la guía de práctica antes de encenderlo, para evitar daños tanto al módulo como a las personas.
- Revisar el manual de funcionamiento de cada uno de los dispositivos, antes de su instalación con el fin de seguir correctamente los procedimientos para ser utilizados.
- El módulo trabaja con alimentación trifásica, por tanto, tomar las precauciones necesarias para manipular las láminas, evitando contacto directo con elementos conductores de electricidad.
- Se sugiere continuar con las mejoras de este módulo didáctico, para poder realizar varias prácticas, como por ejemplo pruebas de mediciones eléctricas al motor y la visualización de las variables eléctricas que interfieren en el funcionamiento de las mismas.

## 15. BIBLIOGRAFIA

- Aguinosa, T., & Ortega, J. (2013). Automatización y Supervisión del proceso de la elaboración de bloques de hielo seco para mejorar el rendimiento de la producción en la Planta de CO<sub>2</sub> de la Empresa LINDE ECUADOR S.A. Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, Ingeniería Electrónica e Instrumentación, Latacunga. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6373/1/T-ESPEL-CDT-1007.pdf>
- Arana, L. (2017). Variadores de Frecuencia para el control de velocidad de motores asíncronos Jaula de Ardilla. Trabajo de Investigación, Universidad Central del Ecuador, Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/12956/1/T-UCE-0010-002-2017.pdf>
- Candelas, F. (2011). Práctica 1. Programación y Simulación de un PLC. Universidad de Alicante.
- Carabali, A., & Almeida, M. (2007). Diseño y Construcción de un Módulo Automatizado Didáctico para el Control de Arranque e Inversión de giro de un Motor de Inducción Trifásico y de un Sistema de Generación Eléctrico Monofásico. Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Cárdenas, R., & Villacis, J. (2015). Diseño e Implementación de un modulo didáctico para prácticas de Laboratorios de controles industriales con aplicación de arranque de inversión de giro de motores. Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador, Guayaquil.
- Carrasco, L. (2011). Implementación de un Módulo de Laboratorio para el Control y Monitoreo de un Motor Asíncrono Jaula de Ardilla Mediante un Variador de Frecuencia, un PLC y Software. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Riobamba.
- Casa, D., & Virachoca, C. (2017). Automatización de una máquina de reacción de Polurietano, para la optimización del proceso de producción en Industrias Verton. Escuela Politécnica Nacional, Quito.



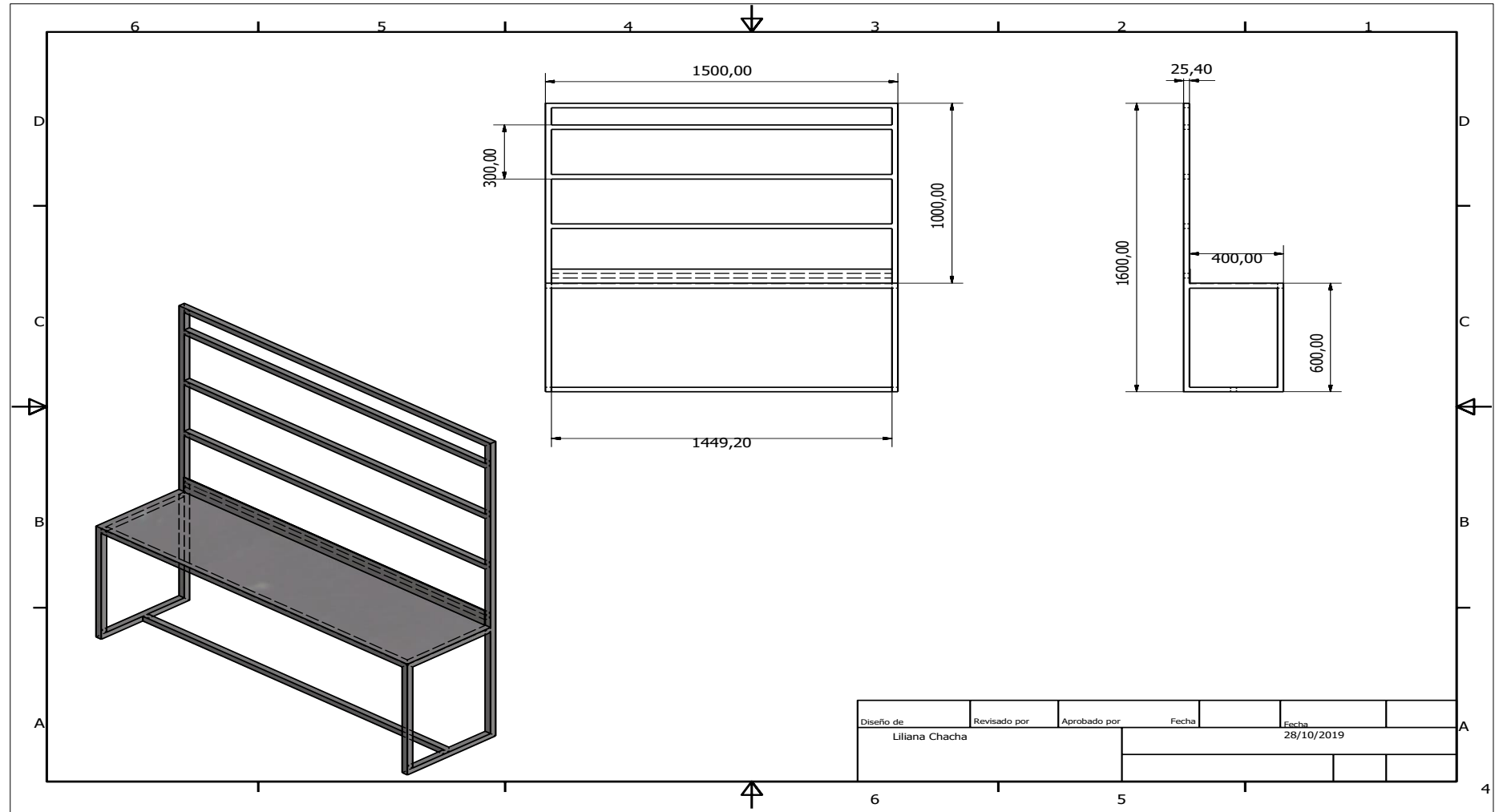
- Castro, J., & García, D. (2011). Implementación de un Banco de Pruebas de Sistemas Industriales Didáctico mediante un PLC S7-1200, en el Laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Período 2011. Latacunga.
- Cunalata, Luis. (2017). Implementación y Desarrollo de Prácticas de Automatización a través de un Módulo Didáctico con el PLC SIMATIC S7-1200 para el Control de una Selladora DE BOTELLAS DE ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO. Universidad Técnica de Cotopaxi, La Maná.
- Departamento de Ingeniería Eléctrica E.T.S.I.I. (2008). Práctica N° 9. Arranque de los motores de inducción.
- Gárate, E. (2016). Protección de Motores 2da Parte. ELECTRO INDUSTRIA. Obtenido de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1503>
- Ingeniería de Sistemas y Automática. (2008). Obtenido de [http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/MaterialApoyoPracticas/02\\_02\\_El\\_contactor.pdf](http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/MaterialApoyoPracticas/02_02_El_contactor.pdf)
- LEGRAND GROUP ESPAÑA, S.L. (2011). Recuperado el 2019, de <http://www.legrand.es/documentos/guia-potencia-2011-legrand.pdf>
- Mera, L. (2017). Implementación de un Módulo Didáctico con el PLC SIMATIC S7 1200 para el Control Automático de un Calentador de agua Eléctrico. Universidad Técnica de Cotopaxi - Extensión La Maná, La Maná.
- Mero, A. (2014). Estudio, diseño y creación de un banco de pruebas de arranque de motores trifásicos con PLC para el Laboratorio de Máquina eléctricas de la Facultad técnica de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, Guayaquil.
- Padilla, X. (2017). Diseño y Construcción de un Módulo Didáctico, para el Control de un Motor Trifásico. Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Puco, J., & Sánchez, C. (2017). Análisis de la Operación de Motores Trifásicos mediante el Diseño e Implementación de un Módulo Didáctico para ensayos de Motores Eléctricos Asíncronos Trifásicos de 2,2 KW con adquisición automática de variables

Electromecánicas. Universidad de las Fuerzas Armadas, Departamento de Eléctrica Y Electrónica, Latacunga.

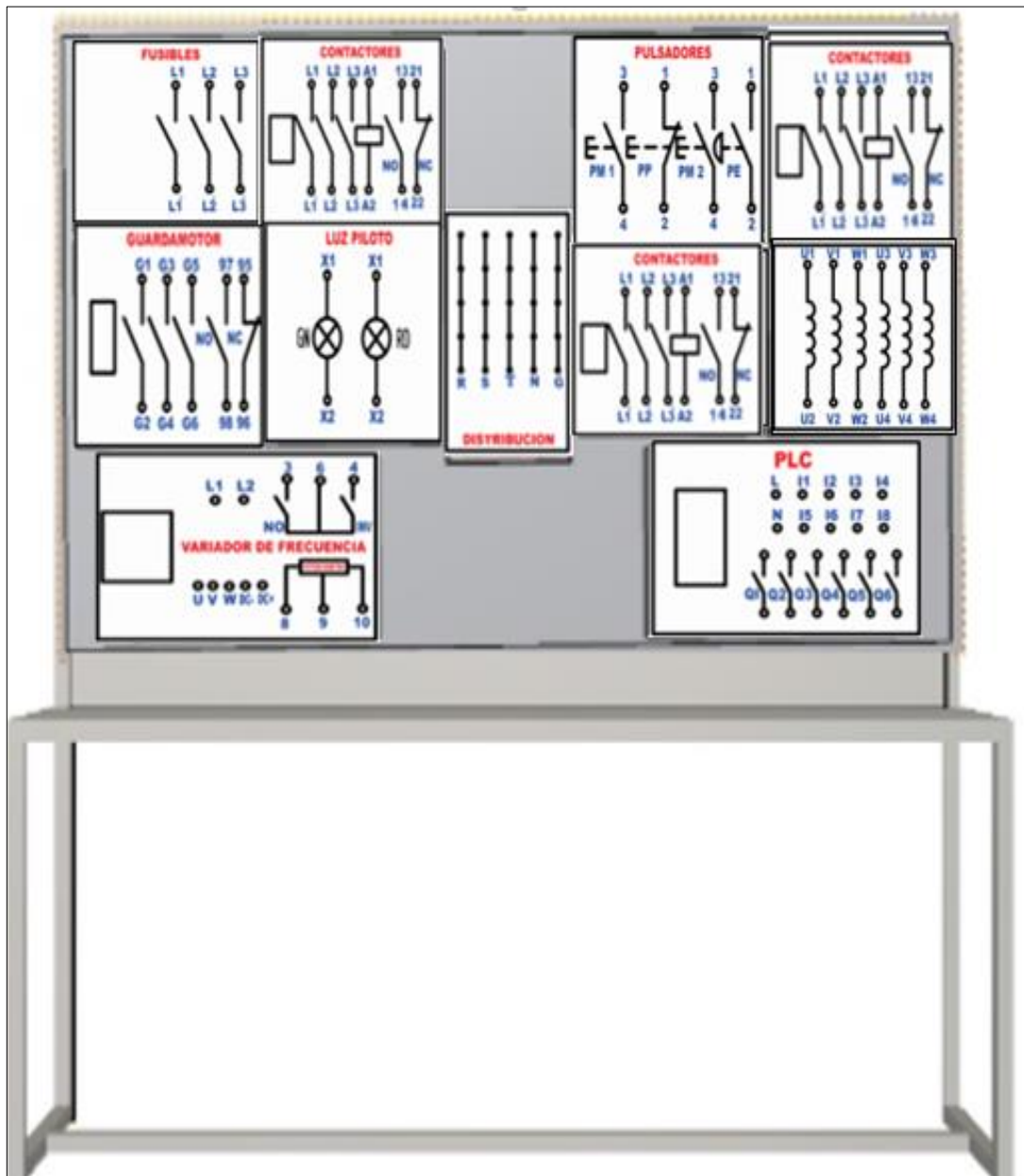
- Rega, P. (2011). Motores Eléctricos.
- Rodríguez, M. (2016). Principios Generales de las Máquinas Eléctricas. Universidad de Cantabria , Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética, España.
- Rodríguez, M. (2017). Arranque de Motores Asíncronos. Universidad de Cantabria, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética, España.
- SIEMENS. (2011). Aparatos de Protección, Relés de Sobrecarga SIRIUS 3RU2/3RB3.
- SIEMENS. (2011). Aparatos de Protección. Innovaciones SIRIUS. Interruptor Automático 3RV2.
- SIEMENS. (2012). SIMATIC S7 Controlador Programable S7 1200.
- SIEMENS. (2015). 1LE0142 Motores de baja tensión.
- SIEMENS. (2015). Hoja de datos 3RT2015-1AP01.
- SIEMENS. (2015). Manual de Instalación y Mantenimiento 1LE0142. China.
- SIEMENS. (2016). Convertidor SINAMICS V20.
- Tecnología. (14 de 11 de 2019). Obtenido de <https://www.areatecnologia.com/electricidad/motor-trifasico.html>
- Vandelvira, A. (2011). Motores de Corriente Alterna.
- Vandelvira, A. (2011). Motores de Corriente Alterna. Sistemas Automáticos de Producción Alimentaria. Obtenido de [http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/SAP/archivos/1eva/introduccion\\_motores\\_ca.pdf](http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/SAP/archivos/1eva/introduccion_motores_ca.pdf)

16. ANEXOS

Anexo 1: Diseño del módulo didáctico con sus respectivas dimensiones en diferentes vistas



Diseño final del módulo didáctico en vista frontal



## Anexo 2: Fotografías del proceso de elaboración del módulo didáctico [ADPA19]

Proceso de elaboración de la estructura del módulo



**Procedimiento:** se tomó las medidas de los diseños para proceder a cortar cada tubo cuadrado negro, luego se procedió a soldar.

Perforación de las láminas



**Procedimiento:** después del corte de cada lámina de acero galvanizado y la puesta del adhesivo vinil se finalizó con la perforación de los jacks.

Conexión de los dispositivos eléctricos y electrónicos



**Procedimiento:** a continuación se realizó las conexiones de los dispositivos con ayuda de un destornillador.

Módulo Final



**Procedimiento:** finalmente se procedió a realizar las prácticas.

## Anexo 3: Encuesta



## ENCUESTA

**DIRIGIDA A LOS ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA**

1. **¿Considera usted importante la manipulación de un módulo didáctico para realizar prácticas de arranques de motores trifásicos en el Laboratorio de la Carrera de Ingeniería Electromecánica?**

SI  NO

2. **¿Considera importante que los docentes deben complementar sus enseñanzas con las prácticas?**

SI  NO

3. **¿Considera usted importante la implementación de equipos de automatización en los laboratorios de la Carrera Ingeniería Electromecánica?**

SI  NO

4. **¿Considera usted que con la implementación de un módulo didáctico para prácticas de arranques de motores se fortalecerá el aprendizaje, mediante la manipulación de sistemas eléctricos de procesos empleados en la vida profesional para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica?**

SI  NO

5. **¿Usted conoce la existencia de algún módulo didáctico de sistemas industriales en el Laboratorio de la carrera de Ingeniería Electromecánica?**

SI  NO

6. **¿Considera importante la realización de las prácticas en presencia de un docente que lo supervise?**

SI  NO

**7. ¿Considera usted importante crear guías de prácticas para la correcta ejecución de las prácticas?**

SI

NO

**8. ¿Usted conoce los principales elementos a utilizarse en las prácticas de arranque de motores trifásicos?**

SI

NO

**Anexo 4:** Datos personales del investigador

**Nombres y Apellidos:** Judith Liliana Chacha Yugcha  
**Cédula de Identidad:** 0504096256  
**Lugar y fecha de nacimiento:** La Maná, 04 de febrero de 1995  
**Estado Civil:** Casado  
**Tipo de Sangre:** ORH+  
**Domicilio:** La Maná – Parroquia El Carmen  
**Teléfonos:** 0959984853  
**Correo electrónico:** liliana\_chacha@hotmail.com

**ESTUDIOS REALIZADOS**

**Primer Nivel:** Escuela Fiscal Mixta “Francisco de Orellana”

**Segundo Nivel:** Colegio a Distancia “Monseñor Leonidas Proaño”

**Tercer Nivel:** Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná

**TÍTULOS OBTENIDOS**

- Bachiller en Ciencias Sociales. Especialidad, Sociales. Febrero 2013

**CURSOS REALIZADOS**

- **Conferencia Científica Internacional de Energías Renovables y Eficiencia Energética – UTC La Maná 2016**

**Dictado:** Universidad Técnica de Cotopaxi

**Lugar y fecha:** La Maná 19 de Noviembre del 2016.

**Tiempo:** 40 horas

- **Curso de Torno y Suelda**

**Dictado:** Centro Técnico Quevedo.

**Lugar y fecha:** Quevedo 29 de Julio del 2016.

**Tiempo:** 80 horas

- **II Congreso Internacional de Electromecánica y Eléctrica**

**Dictado:** Universidad Técnica de Cotopaxi

**Lugar y fecha:** Latacunga, 14 de Julio del 2017

**Tiempo:** 40 horas

- **I Jornada Científica Empresarial de Ingeniería Electromecánica**

**Dictado:** Universidad Técnica de Cotopaxi

**Lugar y fecha:** La Maná, 6 de julio del 2018

**Tiempo:** 40 horas

**FIRMA**



**Anexo 5:** Datos personales del Docente Tutor**DATOS PERSONALES**

Nombre y Apellidos : Alex Paredes Anchatipán  
 Lugar y fecha de nacimiento : Latacunga, 21 de marzo de 1991  
 Estado civil: Soltero  
 Cédula : 0503614935  
 Teléfono convencional: (03) 2723 485  
 Teléfono celular: 0987259422  
 Dirección: Pujilí, Luis A. Rivadeneira 1-09 y Juan Salinas  
 Email : alex.paredes.a@gmail.com / alexp-a@hotmail.com

**FORMACIÓN ACADÉMICA**

Julio, 2018 Máster en Automática y Robótica de la Universidad de Alicante (España).

Febrero, 2015 Ingeniero en Electrónica e Instrumentación en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.

Julio, 2008 Bachiller Técnico Industrial en Electrónica en el Colegio Particular Técnico Industrial “Hermano Miguel”.

2002 Escuela Fiscal Mixta “Pedro Vicente Maldonado”.

**CURSOS Y SEMINARIOS**

Diciembre, 2019 Curso de “Auxiliar en Domótica” por la Universidad Técnica de Cotopaxi y la Fundación COORED.

Mayo, 2019 Curso de capacitación “Comunicación USB con Microcontroladores” por Microchip Technologies.

Octubre, 2018 Curso de capacitación “Machine Learning aplicado a tecnologías inmersivas para la academia e industria” por La Red Nacional de Investigación y Educación del Ecuador y la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.

Junio, 2012 “Primer Seminario Internacional de Eléctrica, Electrónica y Software”, por el Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.

Julio, 2008 “Curso de Mantenimiento, Ensamblaje e Instalación de Redes”, por el Colegio Particular Técnico Industrial “Hermano Miguel”.

## **IDIOMAS**

**INGLÉS** Suficiencia por el Departamento de Lenguas de la Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga.

## **PUBLICACIONES**

2015 Diseño e implementación de un algoritmo de control predictivo para una planta de flujo. (Repositorio ESPE)

2018 Teleoperación de un brazo robot Kinova MICO2 a través de un dispositivo Omni Bundle. (Jornadas de Automatización 2018 - España). ISBN 978-84-09-04460-3

## **EXPERIENCIA LABORAL**

2019 Supervisor de calidad en el proyecto OSO-I, bloque 7, en la empresa DIMENZUR CIA. LTDA.

2019 Docente del módulo de Herramientas Ofimáticas en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Departamento de Seguridad y Defensa. (ESFORSE).

2019 Docente del módulo de Fundamentos Matemáticos en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Departamento de Seguridad y Defensa. (ESFORSE).

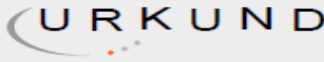
2017 Ingeniero de proyectos en “EID” (Electronic Investigation & Design).

2016 Técnico Especialista de Ingeniería en “Constructora Norberto Odebrecht” en el proyecto “Poliducto Pascuales - Cuenca”.

2015 Técnico en la empresa “TECNUS Mantenimiento Técnico Instrumental”.

2014 Docente en la Unidad Educativa “Sagrado Corazón de Jesús” y encargado del laboratorio de Informática.

## Anexo 6: Resultado de URKUND



### Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** Tesis Liliana Chacha.docx (D64734770)  
**Submitted:** 3/2/2020 7:55:00 PM  
**Submitted By:** paco.vasquez@utc.edu.ec  
**Significance:** 5 %

**Sources included in the report:**

Tesis Xavier Pilaquinga2.docx (D16493354)  
 Tercero Calo Elvis Saúl TESIS.docx (D54305830)  
 TESIS BANCO DE PRUEBAS DE CONTROL INDUSTRIAL.pdf (D62783985)  
 INFORME DE PRACTICAS.docx (D13010692)  
 13546-Ochoa Espinoza, Jhul César.pdf (D41636035)  
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6373/1/T-ESPEL-CDT-1007.pdf>  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/12956/1/T-UCE-0010-002-2017.pdf>  
<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1503>  
[http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/MaterialApoyoPracticas/02\\_02\\_El\\_contactor.pdf](http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/MaterialApoyoPracticas/02_02_El_contactor.pdf)  
<http://www.legrand.es/documentos/guia-potencia-2011-legrand.pdf>  
<https://docplayer.es/36525866-Escuela-superior-politecnica-de-chimborazo-facultad-de-mecanica-escuela-de-ingenieria-de-mantenimiento.html>  
<https://docplayer.es/60842853-Escuela-politecnica-nacional.html>  
<https://docplayer.es/158825582-Universidad-central-marta-abreu-de-las-villas-facultad-de-ingenieria-electrica-departamento-de-electroenergetica-trabajo-de-diploma.html>

**Instances where selected sources appear:**