



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍAS.

CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA.

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO.

TEMA:
“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MALETAS DIDÁCTICAS CON LOS MINI
PLCS LOGO Y ZELIO PARA APLICACIONES EN SECUENCIA DE
MOTORES”.

AUTORES:
JOAN JORGE MESTANZA ORTIZ.
BOLIVAR GEOVANNY CRUZ LINDAO.

DIRECTOR:
ING. CÉSAR A. CÁCERES GALÁN.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de los autores y la propiedad intelectual es de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, Mayo del 2015

(f) _____

Bolívar Cruz Lindao

(f) _____

Joan Mestanza Ortiz

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, a Dios, a mi esposa e hijos, que me apoyaron en todo momento difícil y de éxitos.

Por la comprensión cuando tenía que elegir entre el estudio y la distracción. Lo más importante el mensaje que se transmitió y se aprendió para las futuras generaciones de mi familia.

Bolívar Geovanny Cruz Lindao.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, con el más sincero agradecimiento, a Dios. Sé que sin Él, nada en mi vida hubiese sido posible.

A toda mi familia, que han depositado toda su confianza en mí ya que jamás dudaron o dudarán que proponiéndomelo, puedo lograr cualquier objetivo que tenga en la vida y que saben que cada día puedo dar más de mí.

En especial, deseo dedicar este trabajo a mi querida madre, la Sra. Regina del Rocío Ortiz Triana, quien han sido parte fundamental en mi vida al estar siempre conmigo dándome su apoyo y consejo, pero sobre todo, siendo el más grande ejemplo de que cuando se hacen las cosas con amor y en presencia de Dios, todo en la vida tiene sentido.

Joan Jorge Mestanza Ortiz.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, que me dio la salud y fortaleza para poder culminar esta carrera, a mi esposa Gloria, a mis hijos Byron y Ronald, a mi cuñado y amigo Ángel Vásquez por siempre estar al frente del trabajo en el momento en que falte.

A mis amigos profesores, al Ing. César Cáceres, al Ing. Pablo Parra, por sus enseñanzas y su lado humano.

Bolívar Geovanny Cruz Lindao.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios, el principal guía en el camino hacia la consecución de mis objetivos, por ser quien me dio la salud, la vida y el intelecto para alcanzarlos. Porque siempre estuvo y está allí cuando más lo necesito y en cada paso que doy.

A la Sra. Regina del Rocío Ortiz Triana, mi Madre, por ser mi ejemplo a seguir y pilar fundamental en mi vida. Por sus enseñanzas, regaños y sabios consejos, que con absoluto amor de aquella persona que me dio la vida terrenal, supo formar en mí el criterio necesario para alcanzar cualquier meta que me propusiera.

A mis instructores, profesores y demás educadores en especial al Ing. César Cáceres por su apoyo para lograr finalizar mi trabajo de titulación.

A todos mis familiares y amigos, en especial a Nathaly Vásquez y al Ing. Omar Tello, a todos por creer en mí y por ofrecerme ese granito de arena que me impulsa cada día a salir adelante.

Joan Jorge Mestanza Ortiz.

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD	II
DEDICATORIA	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XV
RESUMEN.....	XVI
ABSTRACT.....	XVII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
1 EL PROBLEMA.....	2
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Delimitación del Problema.....	2
1.2.1 Temporal.....	3
1.2.2 Espacial.....	3
1.2.3 Académica	3
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo general.....	3

1.3.2	Objetivos específicos	3
1.4	Justificación.....	4
1.5	VARIABLES e Indicadores	4
1.6	Metodología.....	5
1.6.1	Métodos	5
1.6.2	Técnicas	5
1.6.3	Instrumentos de Investigación y Recolección de Datos	6
1.7	Población y Muestra.....	6
1.7.1	Población	6
1.7.2	Muestra	7
1.8	Descripción de la Propuesta	7
1.9	Beneficiarios.....	7
1.10	Impacto.....	8
CAPÍTULO II		9
2	MARCO TEÓRICO	9
2.1	Antecedentes	9
2.2	Elementos de Fuerza	9
2.2.1	Arrancador Suave	9
2.2.2	Variador de Frecuencia.....	10
2.2.3	Contactador.....	11
2.2.4	Guardamotor	12

2.2.5 Bases Porta Fusibles	13
2.2.6 Fusible.....	13
2.2.7 Motor	14
2.2.8 Disyuntor	14
2.2.9 Supervisor de Fases	15
2.2.10 Transformador	16
2.3 Elementos de Control	17
2.3.1 Mini PLC LOGO	17
2.3.2 Relé.....	18
2.3.3 Temporizador.....	19
2.3.4 Luz Piloto.....	20
2.3.5 Pulsador	20
2.3.6 Selector	21
2.3.7 Potenciómetro	22
CAPÍTULO III.....	23
3 DESARROLLO DEL PROYECTO.....	23
3.1 Antecedentes	23
3.2 Construcción del Módulo Didáctico.....	23
3.2.1 Diseño de la estructura del Módulo Didáctico.....	23
3.2.1.1. Primer Prototipo.....	23
3.2.1.2 Segundo Prototipo.....	25

3.2.1.3 Tercer Prototipo	26
3.3 Esquema técnico del Módulo didáctico.....	28
3.4 Montaje y Cableado al Módulo Didáctico	32
3.5 Diseños de Arranque de motores eléctricos trifásicos.....	34
3.5.1 Arranque directo	34
3.5.2 Arranque estrella – delta	36
3.5.3 Arranque part winding estrella - estrella.....	38
3.5.4 Arranque part winding delta - delta	40
3.5.5 Arranque mediante variador de frecuencia.....	42
3.5.6 Arranque mediante arrancador suave	45
3.6 Etapa de fuerza	47
3.7 Etapa de parametrización de variador de frecuencia y arrancador suave.....	47
3.7.1 Parametrización Variador de Frecuencia SINAMICS G110.....	47
3.7.2 Parametrización Arrancador Suave 3RW40 SIRIUS	49
3.8 Etapa de programación.....	50
3.9 Etapa de control.....	53
CAPÍTULO IV.....	54
4 PRUEBAS Y RESULTADOS.....	54
4.1 PRÁCTICA 1: Arranque Directo de un motor trifásico.....	54
4.2 PRÁCTICA 2: Arranque Estrella – Delta de un motor trifásico.....	59
4.3 PRÁCTICA 3: Arranque delta – delta de un motor trifásico	64

4.4 PRÁCTICA 4: Arranque estrella – estrella de un motor trifásico	69
4.5 PRÁCTICA 5: Arranque por medio de variador de frecuencia de un motor trifásico.....	74
4.6 PRÁCTICA 6: Arranque por medio de arrancador suave de un motor trifásico.	79
CONCLUSIONES	83
RECOMENDACIONES	84
CRONOGRAMA.....	85
PRESUPUESTO	86
REFERENCIAS.....	90
ANEXOS	92
ANEXO 1	92
ANEXO 2	93
ANEXO 3	94
ANEXO 4	95
ANEXO 5	96
ANEXO 6	97
ANEXO 7	98
ANEXO 8	99
ANEXO 9	100
ANEXO 10	101
ANEXO 11	102

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 2.1: Arrancador Suave modelo Sirius.....	10
Figura 2.2: Variador de Frecuencia Sinamic.....	11
Figura 2.3: Contactor Trifásico de 10Amp-240V	12
Figura 2.4: Guarda motor de 1 a 1.6 Amp modelo Surion.....	12
Figura 2.5: Base Porta fusible tipo 10x38 mm de 32Amp -240V.....	13
Figura 2.6: Fusible tipo 10x38 mm de 32Amp -240V	13
Figura 2.7: Motor Trifásico de 0.5 HP-240V-12T	14
Figura 2.8: Disyuntor de 3P-20Amp – 240V	15
Figura 2.9: Supervisor de Fases modelo ICM 408.....	16
Figura 2.10: Transformador de 63VA-12/110V	17
Figura 2.11: Mini PLC LOGO 230 RCE	18
Figura 2.12: Relé de control 10Amp-240V	18
Figura 2.13: Temporizador.....	19
Figura 2.14: Luz Piloto	20
Figura 2.15: Pulsadores	21
Figura 2.16: Selector	21
Figura 2.17: Potenciómetro de 5k - 10 vueltas	22

CAPÍTULO III

Figura 3.1: Módulo Didáctico, lámina de acceso al cableado de control y fuerza.....	24
Figura 3.2: Módulo Didáctico, lámina de ubicación de equipos.....	24
Figura 3.3: Módulo Didáctico, lámina de ubicación de equipos.....	25
Figura 3.4: Módulo Didáctico.....	25
Figura 3.5: Módulo Didáctico.....	26
Figura 3.6: Módulo Didáctico, lámina para el cableado de control y fuerza.....	26
Figura 3.7: Módulo Didáctico, montaje de equipos eléctricos y electrónicos.....	27
Figura 3.8: Módulo Didáctico, producto terminado.....	27
Figura 3.9: Esquema en AutoCAD del Módulo Didáctico, lámina de acceso al cableado de control y fuerza.....	29
Figura 3.10: Esquema en AutoCAD de la ubicación de equipos internos del Módulo Didáctico.....	30
Figura 3.11: Diagrama de bloques de las etapas del Módulo Didáctico.....	31
Figura 3.12: Montaje de elementos eléctricos y electrónicos.....	33
Figura 3.13: Conexiones de circuito de fuerza y control a su respectivo plugs.....	33
Figura 3.14: Esquema de Fuerza de Práctica 1 "Arranque Directo".....	34
Figura 3.15: Esquema de Control de Práctica 1 "Arranque Directo".....	35
Figura 3.16: Esquema de fuerza de Práctica 2 "Arranque Estrella - Delta".....	36
Figura 3.17: Esquema de control de Práctica 2 "Arranque Estrella - Delta".....	37
Figura 3.18: Esquema de fuerza de Práctica 3 "Arranque Estrella - Estrella".....	38
Figura 3.19: Esquema de control de Práctica 3 "Arranque Estrella - Estrella".....	39
Figura 3.20: Esquema de fuerza de Práctica 4 "Arranque Delta - Delta".....	40

Figura 3.21: Esquema de control de Práctica 4 "Arranque Delta - Delta"	41
Figura 3.22: Esquema de fuerza de Práctica 5 "Arranque mediante Variador de Frecuencia"	42
Figura 3.23: Esquema de control de Práctica 5 "Arranque mediante Variador de Frecuencia"	43
Figura 3.24: Esquema de control de Práctica 5 "Arranque de un motor trifásico mediante el uso de LOGO"	44
Figura 3.25: Esquema de fuerza de Práctica 6 "Arranque mediante arrancador suave"	45
Figura 3.26: Esquema de control de Práctica 6 "Arranque mediante arrancador suave"	46
Figura 3.27: Arrancador Suave	50
Figura 3.28: Asignación de IP al PC.....	51
Figura 3.29: Asignación de IP al LOGO PLC.	51
Figura 3.30: Comunicación entre el PC y LOGO PLC.....	52
Figura 3.31: Ejemplo de demostración	52
Figura 3. 32: Conexión de forma virtual y cargar el programa de PC a logo PLC	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3. 1: Detalle de pasos a seguir para la parametrización del Variador de Frecuencia	48
Tabla 3. 2: Parámetros recomendados por el fabricante	49

RESUMEN

AÑO	ALUMNOS	DIRECTOR DE TESIS	TEMA DE TESIS
2015	CRUZ LINDAO, Bolívar Geovanny MESTANZA ORTIZ, Joan Jorge	ING. CÉSAR CÁCERES	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MALETAS DIDÁCTICAS CON LOS MINI PLC LOGO Y ZELIO PARA APLICACIONES EN SECUENCIA DE MOTORES

El siguiente Proyecto de Tesis contempla el Diseño e Implementación de Módulos didácticos utilizando los mini PLC LOGO y ZELIO para aplicaciones en secuencia de motores, el cual tendrá como tarea única, aplicaciones de arranque de motores de forma manual o automática los que serán implementados por los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

Como componentes principales tenemos un controlador lógico programable de gama baja, utilizado en la ingeniería para automatización industrial, así como para controlar procesos electromecánicos; adicionalmente a esto también contamos con un variador de frecuencia, un arrancador suave y un motor eléctrico trifásico que permite la implementación de prácticas reales a nivel industrial.

Este proyecto tiene como objetivo principal el complementar la calidad de estudio de los estudiantes de forma práctica y que los conocimientos adquiridos en las aulas vayan de la mano tanto en lo teórico como en lo experimental. Finalmente debemos destacar que los Módulos Didácticos contienen en su Mini PLC LOGO un puerto de comunicación Ethernet para enlazar los sistemas de control implementados a otros sistemas de comunicación Industrial.

PALABRAS CLAVE:

Autómata programable, variador de frecuencia, arrancador suave, comunicación Ethernet.

ABSTRACT

YEAR	AUTHORS	ADVISOR	TITLE
2015	CRUZ LINDAO, Bolívar Geovanny MESTANZA ORTIZ, Joan Jorge	ING. CÉSAR CÁCERES	DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SUITCASES DIDÁCTICAS WITH THE MINI PLC LOGO AND ZELIO FOR APPLICATIONS IN SEQUENCE OF ENGINES.

This work presents the design and implementation of didactic suitcases with mini PLC LOGO and ZELIO for engines sequence applications, whose only function is with engine sequence manual or automatic and it will be implemented by the students of the Universidad Politécnica Salesiana-Guayaquil.

The main component is a low-end Programmable Logic Controller, commonly used in engineer for electromechanical processes, there are also an inverter, starter and a three phase electric motor allowing the execution of practices like a real case in an industry.

The main goal of this project is provide a good complement in the study for the students and that they could put in practice the theoretical knowledge acquired in class. Finally it should be noted that this didactic suitcases have an Ethernet port for communicate the control system with the industrial system.

KEYWORDS:

Industrial Automation, Programmable Logic Controller, Inverter, Ethernet Communication.

INTRODUCCIÓN

El proyecto contempla el Diseño e Implementación de Módulos didácticos con los mini PLC LOGO y ZELIO para aplicaciones industriales en secuencia de motores.

Dicho proyecto está enfocado en convertirse en una herramienta de vital importancia para los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, teniendo como finalidad el complementar la calidad de estudio, para aquellos estudiantes que cursen las materias de Instalaciones Industriales, Automatización Industrial I, Automatización Industrial II, Informática Industrial, Circuitos Eléctricos Industriales y Seminarios Profesionales de Automatización.

En el Capítulo 1 se detallan hechos primordiales, tales como, el planteamiento del problema, metodología, técnicas, impacto del proyecto para los beneficiarios, entre otros puntos importantes.

En el Capítulo 2 se realiza el marco teórico sobre los temas más importantes del proyecto ofreciendo una perspectiva puntual y esencial sobre los elementos aplicados en la consecución del proyecto.

El Capítulo 3 consta de todas las etapas necesarias para la realización del proyecto además de los parámetros que en conjunto, pondrán en marcha el proyecto. Se detallan los diagramas de bloques y las conexiones que comprenden la totalidad del sistema tanto la parte física, como la de parametrización y programación de varios elementos que hacen que el proyecto esté en óptimas condiciones.

El Capítulo 4 se documenta las pruebas realizadas en laboratorio una vez obtenido el sistema ensamblado y funcional en su totalidad. Estas pruebas constarán de tres etapas las en las que se denotarán la funcionalidad y datos recolectados.

CAPÍTULO I

1 EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

Con la finalidad de complementar la calidad de estudio de los estudiantes que cursan las materias de Instalaciones Industriales, Automatización Industrial I, Automatización Industrial II, Informática Industrial, Circuitos Eléctricos Industriales y Seminarios Profesionales de Automatización en la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, es de gran importancia el diseño y la implementación de Módulos didácticos capaces de simular procesos industriales reales.

1.2 Delimitación del Problema

El presente tema tiene como meta el diseño y la implementación de tres Módulos didácticos para la simulación de procesos industriales mediante secuencia arranque de motores en forma manual o automática tales como:

- Arranque Directo
- Arranque Estrella – Triangulo
- Arranque Part - Winding (Y – Y)
- Arranque Part - Winding (Δ – Δ)
- Arranque mediante Variador de Frecuencia
- Operación de motores mediante Arrancador Suave

Los Módulos didácticos para aplicaciones de secuencia manual y automática están compuestos primordialmente por los equipos:

- Variador de Frecuencia
- Arrancador Suave

- PLC Siemens Logo
- Motor Eléctrico Trifásico

1.2.1 Temporal

El proyecto se desarrolló en la ciudad de Guayaquil, Ecuador en el periodo de Octubre del 2014 a Mayo del 2015.

1.2.2 Espacial

El proyecto desarrollado se implementó en el laboratorio de potencia, ubicado en el segundo piso del Bloque B de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, ubicada en la Av. Domingo Comín y callejón Chambers en el que se realizaron pruebas de campo.

1.2.3 Académica

El proyecto se limita también dentro de los márgenes de conocimientos adquiridos durante el proceso de la carrera de ingeniería en electrónica mención sistemas industriales y el pensum académico de las materias impartidas como: Instalaciones Industriales, Automatización Industrial I, Automatización Industrial II, Informática Industrial, Circuitos Eléctricos Industriales y demás afines a la carrera.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar e implementar tres maletas didácticas para secuencia de arranque de motores eléctricos trifásicos de forma automática o manual para el Laboratorio de Automatización Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

1.3.2 Objetivos específicos

- Controlar y monitorear la secuencia de arranque de motores eléctricos trifásicos mediante la utilización de equipos como Mini PLC Logo, Variador de Frecuencia, Arrancador Suave.

- Aplicar los conocimientos adquiridos en las asignaturas de: Instalaciones Industriales, Maquinarias Eléctricas I, Maquinarias Eléctricas II, Automatización Industrial I, Automatización Industrial II, Informática industrial y Circuitos Eléctricos Industriales.
- Elaborar un tutorial de manejo y aplicación de los Módulos Didácticos con sus respectivas prácticas para los efectos demostrativos del caso, y además que sean de contenido para aprendizaje de los estudiantes.
- Reforzar el aprendizaje teórico sobre el funcionamiento de equipos eléctricos y electrónicos en lo referente a la parte práctica y que los estudiantes encontrarán en el campo laboral a nivel industrial.

1.4 Justificación

Con los conocimientos adquiridos durante el proceso de obtención del título de ingeniería en electrónica mención Sistemas Industriales y con el objetivo de aportar con la Universidad de manera recíproca, se ha determinado la necesidad de que los laboratorios se actualicen con tecnología de punta, pero sobre todo a la creciente demanda de estudiantes que ostenta la Universidad complementado por las normativas y exigencias del CEAACES en el mejoramiento continuo del nivel Académico, debido a ello se cree necesario generar el Diseño y la Implementación de tres Módulos Didácticos para cumplir con esta problemática.

1.5 Variables e Indicadores

Variable Dependiente.- Desde la propuesta:

- Diseñar e implementar las maletas didácticas para los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

Variable Independiente.- Desde el problema:

- Los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, que estén cursando las materias como: Instalaciones Industriales, Automatización Industrial I, Automatización Industrial II, Informática Industrial y Circuitos

Eléctricos Industriales, podrán aplicar sus conocimientos teóricos y gracias a esto tendrán la capacidad para complementarlos de muy buena manera con lo práctico y/o experimental, logrando así los resultados de entendimiento deseado.

1.6 Metodología

1.6.1 Métodos

Para el desarrollo de la investigación se han utilizado los siguientes métodos:

Método analítico

Para llegar al complemento del sistema de automatización de secuencia de arranque de motores eléctricos trifásicos en la industria, es necesario entender y comprender sus partes o elementos que forman en conjunto el sistema de automatización industrial.

Método sistemático.

El proyecto necesita seguir normas y reglas ya establecidas porque todas se enlazan entre sí, solo aplicando este método se podrá llegar a un resultado ordenadamente.

Método inductivo.

Este método es muy importante ya que por medio de la observación, clasificación y derivación del proyecto, que se realice se llegará a una generalización y conclusión.

1.6.2 Técnicas

Las técnicas que se utilizaron para el desarrollo de la investigación fueron las siguientes:

Técnica documental

Todo proyecto realizado en las maletas didácticas está debidamente sustentado (teórico- práctico), es decir todos los métodos posibles para llegar el resultado.

Técnica tecnológica

Las maletas didácticas constan de elementos eléctricos y electrónicos, los cuales en conjunto forma un proceso o secuencia de automatismo industrial.

1.6.3 Instrumentos de Investigación y Recolección de Datos

Para el desarrollo óptimo del proyecto se hizo uso de algunos instrumentos con los cuales se pudieron obtener los distintos datos para así fundamentar la investigación y el desarrollo del sistema.

Los instrumentos para la investigación fueron los siguientes:

- Manuales de funcionamiento de cada elemento que forman las maletas didácticas.
- Tipos de arranques más usados en la industria.

Para la recolección de datos técnicos, fue necesaria la utilización de los siguientes elementos:

- Tabla comparativa de: intensidad, voltaje, frecuencia, velocidad a los diferentes tipos de arranque.

1.7 Población y Muestra

1.7.1 Población

Estudiantes de la Carrera Ingeniería Electrónica & Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

1.7.2 Muestra

Estudiantes de la Carrera Ingeniería Electrónica & Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, de las materias: instalaciones industriales, automatización industrial I, automatización industrial II, informática industrial, circuitos eléctricos industriales y seminarios profesionales de automatización industrial.

1.8 Descripción de la Propuesta

El Proyecto de Tesis desarrollado posee una amplia versatilidad para generar diversidad de prácticas, teniendo como objetivo fundamental, el desarrollo de habilidades y destrezas prácticas en los estudiantes, complementando todos los conocimientos teóricos adquiridos en las aulas de clases con el ámbito laboral, es decir todo lo que concierne al campo práctico y experimental, que se encuentra en procesos industriales vigentes en las diferentes Empresas.

Por este motivo se planteó Diseñar e Implementar los Módulos Didácticos para secuencia de arranque de motores eléctricos trifásicos de forma manual o automática. Por este motivo es importante generar este tipo de ideas que se aplican a los preceptos Salesianos, aportando con un granito de arena en hacer posible que los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil amplíen y continúen su preparación de forma experimental.

1.9 Beneficiarios

Luego de la implementación de los Módulos didácticos y del desarrollo integro de sus prácticas complementado por los resultados obtenidos, el proyecto apunta a ser una herramienta de la que pueden hacer uso todos los estudiantes que cursen las materias de instalaciones industriales, automatización industrial I, automatización industrial II, informática industrial, circuitos eléctricos industriales y seminarios profesionales concernientes a la parte de automatización industrial tanto de la Carrera de Ingeniería Electrónica como Eléctrica y afines.

1.10 Impacto

Con la implementación del Proyecto de Tesis se reforzará el nivel práctico y experimental en el área de Instalaciones Industriales de los estudiantes todo esto gracias a la gama de opciones y variedades que brinda el Módulo didáctico, esto permitirá determinar múltiples parámetros eléctricos, implementar prácticas específicas diseñadas al alcance del Módulo, logrando de esta manera que los conocimientos teóricos adquiridos puedan ser implementados por el estudiante e interactúe con lo que la Industria ofrece, acelerando de una manera visual el proceso de aprendizaje acorde a la necesidad que se les presente en el ámbito laboral.

El proyecto puede ser aplicable para cualquiera de las materias ya mencionadas anteriormente, cabe recalcar que esto se logrará con la supervisión y guía del docente, que en ese momento este a cargo.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

En la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, en la carrera de Ingeniería Electrónica mención sistemas industriales, tiene un nutrido laboratorio para que los estudiantes realicen sus prácticas.

Los Módulos didácticos con los mini PLCS LOGO y ZELIO para aplicaciones en secuencia de motores, complementan lo teórico con lo práctico, en el automatismo industrial.

2.2 Elementos de Fuerza

2.2.1 Arrancador Suave

Los arrancadores suaves limitan la corriente y el par de arranque. De este modo, se evita el esfuerzo mecánico y las bajas de tensión en la línea. La tensión del motor se reduce con el control de fases y se eleva hasta la tensión de la línea de alimentación dentro del tiempo de arranque predeterminado. El arranque y parada suaves le garantizan un esfuerzo mínimo en los dispositivos conectados y le aseguran operaciones de producción suaves.

En los arrancadores suaves estándar, el tiempo de arranque y parada, y la tensión de arranque se ajustan fácilmente por medio de potenciómetros. Los valores se pueden ajustar con precisión dentro de los rangos de ajuste. Esto también se aplica a los arrancadores suaves con protección superior de motor: la corriente nominal del motor, el tipo de disparo y el límite de corriente se pueden ajustar con los potenciómetros. La amplia gama de funciones de los arrancadores suaves de altas prestaciones se configuran fácilmente por medio de un teclado y un menú desplegable en el visor; esto hace que la puesta en marcha y la verificación de los dispositivos sean muy fáciles de resolver. (Siemens, 2007)



Figura 2.1: Arrancador Suave modelo Sirius

Fuente: Siemens, 2015

2.2.2 Variador de Frecuencia

Se conoce como inversor a un circuito electrónico que transforma la corriente continua (CC) en corriente alterna (CA). Los controladores electrónicos de velocidad para motores de CA, por lo general, convierten primero el suministro de CA en CC mediante el uso de un rectificador y, posteriormente, lo convierten una vez más utilizando un puente inversor, en una fuente de frecuencia y tensión de 8 CA variables. La conexión entre el rectificador y el inversor se denomina circuito intermedio. A continuación presentamos un diagrama de bloques de un controlador de velocidad, a menudo denominado VFD de Frecuencia.

La fuente, que puede ser monofásica (usualmente a baja potencia) o trifásica, es aplicada a un rectificador de onda completa que alimenta a los capacitores del circuito intermedio. Los capacitores reducen los rizados voltaje (especialmente en el caso de fuentes monofásicas) y suministra energía en lapsos cortos cuando existe una interrupción de la energía de entrada. La tensión en los capacitores no es controlada y depende de la tensión máxima del suministro de CA. (Brown, 1997)



Figura 2.2: Variador de Frecuencia Sinamic G110

Fuente: Siemens, 2015

2.2.3 Contactor

Es un mecanismo cuya misión es la de cerrar unos contactos, para permitir el paso de la corriente a través de ellos. Esto ocurre cuando la bobina del contactor recibe corriente eléctrica, comportándose como electroimán y atrayendo dichos contactos.

El contactor lleva elementos esenciales:

- *Contactos principales:* usados para alimentar el circuito de potencia.
- *Contactos auxiliares:* empleados para alimentar a la propia bobina ya a otros dispositivos de mando y lámpara de aviso.
- *La bobina* es quien realiza la apertura o cierre de los contactos, ya sean los principales o los auxiliares. (Vilches E. , El Contactor, 2004)

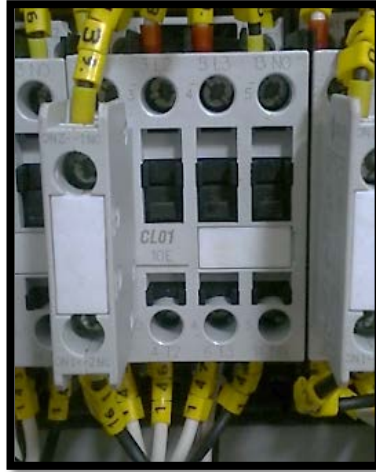


Figura 2.3: Contactor Trifásico de 10Amp-240V

Fuente: General Electric, 2015

2.2.4 Guardamotor

Los guardamotores son interruptores que se usan para maniobrar simultáneamente todos los polos de un motor, al mismo tiempo que se le protege contra la destrucción por fallo del arranque, sobrecarga, disminución de la tensión de la red y avería de un conductor en redes trifásicas. Disponen de un mecanismo de disparo térmico para proteger el devanado del motor (protección contra sobrecarga) y, generalmente de un mecanismo de disparo electromagnético que es la protección para los cortos circuitos. (Bastian, y otros, 2000)



Figura 2.4: Guarda motor de 1 a 1.6 Amp modelo Surion

Fuente: General Electric, 2015

2.2.5 Bases Porta Fusibles

Su única función es la de resguardar el fusible en su interior asegurando su correcto funcionamiento en todo tipo de circunstancias. (Tuningpedia, 2008)



Figura 2.5: Base Porta fusible tipo 10x38 mm de 32Amp -240V

Fuente: Dixsen, 2015

2.2.6 Fusible

El fusible eléctrico es un dispositivo destinado a proteger una instalación eléctrica y sus componentes contra sobre corrientes ocurridas aguas abajo de éste, mediante la fusión de uno o varios elementos destinados para este efecto, interrumpiendo el flujo de la corriente eléctrica cuando esta sobrepasa el valor de la corriente de fusión del fusible dentro de un tiempo determinado, lo que quiere decir que una vez iniciado el proceso de fusión, se produce el arco eléctrico dentro del fusible, siendo posteriormente apagado por medio del material de relleno. (FUSELCO LTDA., 2010)



Figura 2.6: Fusible tipo 10x38 mm de 32Amp -240V

Fuente: Dixsen, 2015

2.2.7 Motor

Es una máquina destinada a transformar la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas. Son máquinas eléctricas rotatorias compuestas por un estator y un rotor. Es el más usado de todos los tipos de motores, ya que combina las ventajas de la utilización de la energía eléctrica con bajo costo, facilidad de transporte, limpieza y simplicidad de comando con su construcción simple, costo reducido, gran versatilidad de adaptación a las cargas más diversas y mejores rendimientos.

Son utilizados en infinidad de sectores tales como instalaciones industriales, comerciales y particulares. (Hoffmann, 2004)

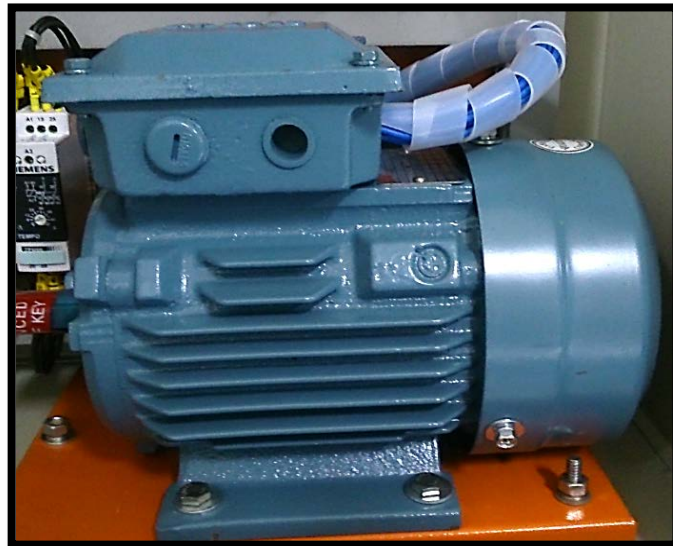


Figura 2.7: Motor Trifásico de 0.5 HP-240V-12T

Fuente: ABB, 2015

2.2.8 Disyuntor

Es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor, o en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de evitar daños a los equipos eléctricos.

Los disyuntores se fabrican de diferentes tamaños y características, lo cual hace que sean ampliamente utilizados en viviendas, industrias y comercios. (Vilches, Contactores y Actuadores, 2004)

Los parámetros más importantes que definen un disyuntor son:

- Calibre o corriente nominal
- Tensión
- Poder corte
- Poder de cierre
- Números de polos



Figura 2.8: Disyuntor de 3P-20Amp – 240V

Fuente: Schneider, 2015

2.2.9 Supervisor de Fases

Este equipo monitorea la tensión de las tres fases, desactivando un relé de salida si se encuentra fuera de rango ajustado.

El ICM408 monitoriza continuamente la tensión de línea de entrada para los errores. Cuando el voltaje es apropiado, el ICM408 cierra un conjunto de contactos normalmente abiertos y enciende un LED verde. Cuando el voltaje de entrada está

fuera de los parámetros de ajuste del usuario, los contactos normalmente abiertos quedan en su posición y se enciende un LED de color rojo el cual parpadeará un código para la falla en particular presente. El N.O. contactos de relé no se cerrará hasta la condición de fallo se corrige y el retardo de tiempo ha expirado.

El voltaje universal ajustable de 190 VAC a 480 VAC.

El ICM408 tiene un desequilibrio de tensión ajustable del 2% al 8% de la tensión de red. (ICM Controls, 2015)



Figura 2.9: Supervisor de Fases modelo ICM 408

Fuente: ICM, 2015

2.2.10 Transformador

Un transformador es una máquina estática de corriente alterna, que permite variar alguna función de la corriente como el voltaje o la intensidad, manteniendo la frecuencia y la potencia, en el caso de un transformador ideal.

Para lograrlo, transforma la electricidad que le llega al devanado de entrada en magnetismo para volver a transformarla en electricidad, en las condiciones deseadas, en el devanado secundario. La importancia de los transformadores, se debe a que, gracias a ellos, ha sido posible el desarrollo de la industria eléctrica. (Endesa Educa, 2010)



Figura 2.10: Transformador de 63VA-12/110V

Fuente: Volto, 2015

2.3 Elementos de Control

2.3.1 Mini PLC LOGO

Un autómata programable industrial (API) o Programable logic controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales, trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación. (Universidad del País Vasco, 2004)

Tiene funciones principales como:

- *Detección:* Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.
- *Mando:* Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y pre-accionadores.
- *Dialogo hombre máquina:* Mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informando del estado del proceso.
- *Programación:* Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómata. El dialogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómata controlando la máquina.



Figura 2.11: Mini PLC LOGO 230RCE

Fuente: Siemens, 2015

2.3.2 Relé

El relé o relevador (del inglés "relay") es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un Circuito eléctrico en el que, por medio de un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

El funcionamiento se basa en la excitación de una bobina que magnetiza a un núcleo de hierro y éste a su vez atrae una armadura móvil a la cual van unidos los contactos. (Velasquez, 2007)



Figura 2.12: Relé de control 10Amp-240V

Fuente: Camsco, 2015

2.3.3 Temporizador

Es un aparato con el que podemos regular la conexión o desconexión de un circuito eléctrico después de que se ha programado un tiempo. El elemento fundamental del temporizador es un contador binario, encargado de medir los pulsos suministrados por algún circuito oscilador, con una base de tiempo estable y conocida. El tiempo es determinado por una actividad o proceso que se necesite controlar. Se diferencia del relé, en que los contactos del temporizador no cambian de posición instantáneamente. Podemos clasificar los temporizadores en: (Bricos, 2012)

- **De conexión:** el temporizador recibe tensión y mide un tiempo hasta que libera los contactos.
- **De desconexión:** cuando el temporizador deja de recibir tensión al cabo de un tiempo, libera los contactos.



Figura 2.13: Temporizador

Fuente: Siemens, 2015

2.3.4 Luz Piloto

Es una luz que indica la existencia de una condición normal de un sistema o de un dispositivo. La luz piloto NO es una luz de alarma, además es conocida también como una luz monitor o de monitor. (Páez Rivera, 2015)



Figura 2.14: Luz Piloto

Fuente: Camsco, 2015

2.3.5 Pulsador

Los pulsadores son elementos de accionamiento que sirven para cerrar o abrir un circuito permitiendo el paso o no de la corriente a través de ellos, se encuentran en todo tipo de dispositivos, aunque principalmente en aparatos eléctricos y electrónicos.

Los botones son por lo general activados, al ser pulsados con un dedo. Consta de una lámina conductora que establece contacto con los dos terminales al oprimir el botón, y un muelle que hace recobrar a la lámina su posición primitiva al cesar la presión sobre el botón pulsador. (Vilches, 2004)

Existen tres tipos:

- Pulsador de paro.
- Pulsador de marcha.
- Pulsador de doble cámara.



Figura 2.15: Pulsadores

Fuente: Camsco, 2015

2.3.6 Selector

Los selectores proporcionan interactividad a los tableros, lo que permite a cada usuario cambiar la forma de ver los datos. Un selector puede cambiar: (MicroStrategy, 2013)

- Paneles de una pila de paneles
- Los datos que se muestran en una cuadrícula/gráfico
- El contenido de los campos de texto dinámicos (un campo de texto que es una referencia a un objeto en un informe) en una pila de paneles
- Los datos que se muestran en un documento habilitado para Transaction Services



Figura 2.16: Selector

Fuente: Schneider, 2015

2.3.7 Potenciómetro

Los potenciómetros limitan el paso de la corriente eléctrica (Intensidad) provocando una caída de tensión en ellos al igual que en una resistencia, pero en este caso el valor de la corriente y la tensión en el potenciómetro las podemos variar solo con cambiar el valor de su resistencia. En una resistencia fija estos valores serían siempre los mismos. (Área Tecnología, 2015)



Figura 2.17: Potenciómetro de 5k - 10 vueltas

Fuente: Camsco, 2015

CAPÍTULO III

3 DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Antecedentes

El proyecto plantea el desarrollo de las maletas didácticas para el arranque en secuencia de motores eléctricos trifásicos de manera manual o automática. Para esto se ha requerido la utilización primordial de varios equipos eléctricos – electrónicos como: logo plc, arrancador suave, variador de frecuencia, contactor, guardamotor, temporizador, motor eléctrico. Cada uno de estos equipos cumple con una función específica, y todos estos trabajando en conjunto ayudan a implementar la automatización que se aplica en la industria.

3.2 Construcción del Módulo Didáctico

Para iniciar la construcción Proyecto de Tesis, primero se pensó en la necesidad de construir un Módulo Didáctico tipo flexible, que pueda fácilmente transportarse a diferentes laboratorios o aulas, según el requerimiento y que además contemple la presencia de diferentes equipos que permitan la elaboración de múltiples prácticas en un solo Módulo constructivo.

3.2.1 Diseño de la estructura del Módulo Didáctico

3.2.1.1. Primer Prototipo

En primera instancia se buscó una maleta plástica con las siguientes medidas 60x40 cm de frente x 30 cm de profundidad, internamente se diseñó dos estructuras metálicas para el control y fuerza, al instalar los elementos eléctricos la estructura plástica se volvió muy frágil.

En esta imagen se puede observar la lámina para el tablero de control, en el cual se realizan las conexiones de los elementos eléctricos y electrónicos de la maleta didáctica.



Figura 3.1: Módulo Didáctico, lámina de acceso al cableado de control y fuerza

Fuente: Los autores, 2015

En esta imagen se puede observar la lámina para el tablero de fuerza, en el cual se ubican los equipos eléctricos y electrónicos, y el cableado eléctrico de la maleta didáctica.



Figura 3.2: Módulo Didáctico, lámina de ubicación de equipos

Fuente: Los autores, 2015

3.2.1.2 Segundo Prototipo

En segunda instancia se construyó una maleta en material de aluminio con las siguientes medidas 60x45 cm de frente x 34 cm de profundidad, de la cual no se obtuvo un buen acabado estético, en el momento de diseñar el tablero de control, la lámina era muy pequeña para la cantidad de plugs de conexiones, que se necesitó para el proyecto.



Figura 3.3: Módulo Didáctico, lámina de ubicación de equipos

Fuente: Los autores, 2015

En esta imagen se puede observar, los remaches en las esquinas de la maleta, lo cual no le daba una buena imagen al acabado final.



Figura 3.4: Módulo Didáctico

Fuente: Los autores, 2015

3.2.1.3 Tercer Prototipo

En tercera instancia se tomó como base o modelo la maleta de aluminio, se la mejoró en las siguientes medidas 65x51 cm de frente x 34 cm de profundidad, en material galvanizado y pintado al horno.



Figura 3.5: Módulo Didáctico

Fuente: Los autores, 2015

En esta imagen se puede observar el acabado interno de la maleta, donde van a ir alojadas las láminas del tablero de control y fuerza.



Figura 3.6: Módulo Didáctico, lámina para el cableado de control y fuerza.

Fuente: Los autores, 2015

En esta imagen se puede observar el montaje de los equipos eléctricos y electrónicos, en el tablero de fuerza y tablero de control.



Figura 3.7: Módulo Didáctico, montaje de equipos eléctricos y electrónicos

Fuente: Los autores, 2015

En esta imagen se puede observar el módulo didáctico completamente terminado, en el cual el tablero de control está conectado con el tablero de fuerza, con sus respectivos plugs de conexiones.

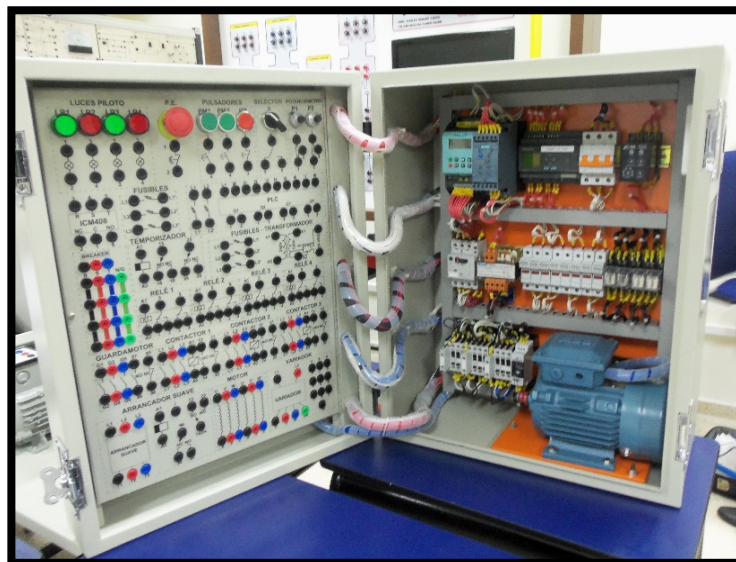


Figura 3.8: Módulo Didáctico, producto terminado

Fuente: Los autores, 2015

3.3 Esquema técnico del Módulo didáctico

Se procedió al diseño e implementación estructural de los elementos que forman el Módulo didáctico.

Se cuantificaron el número de plugs, el número de prácticas posibles a realizarse, ubicación de elementos, según el área o espacio disponible, todo esto con la respectiva guía y aprobación del tutor.

Se realizaron varias prácticas a cada elemento, para poder comprobar su funcionamiento y limitaciones, todo esto con el objeto de garantizar el alcance de funcionalidad de la maleta didáctica.

A continuación se detalla el esquema técnico del Módulo didáctico, tanto en la lámina de acceso al cableado de control y fuerza, como la lámina para la ubicación de los equipos internos del módulo, todo esto con el objetivo fundamental de complementar todos los equipos, para de esta manera puedan cumplir la temática planteada, la cual es el arranque en secuencia de motores eléctricos trifásicos de manera manual o automática.

En esta lámina se observa el diseño del tablero de control, el cual se lo realizó en el programa AutoCAD, luego de tener claro el número de prácticas posibles de la maleta didáctica.

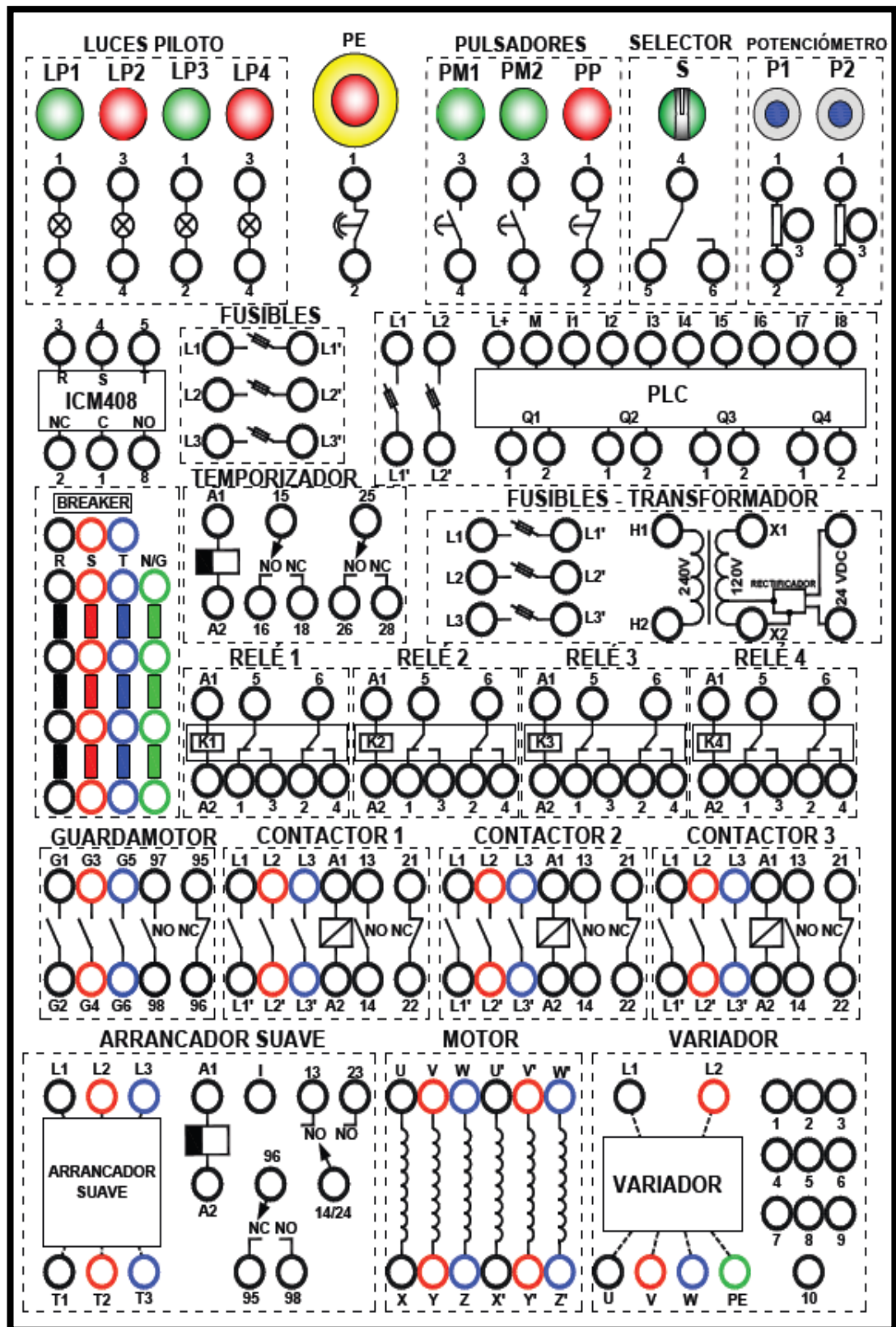


Figura 3.9: Esquema en AutoCAD del Módulo Didáctico, lámina de acceso al cableado de control y fuerza.

Elaborado por: Los autores, 2015

En esta imagen se puede observar la ubicación real de los equipos eléctricos y electrónicos en el tablero de fuerza, fue de mucha ayuda para poder calcular la cantidad de cables, terminales, marquillas, el orden de conexiones.

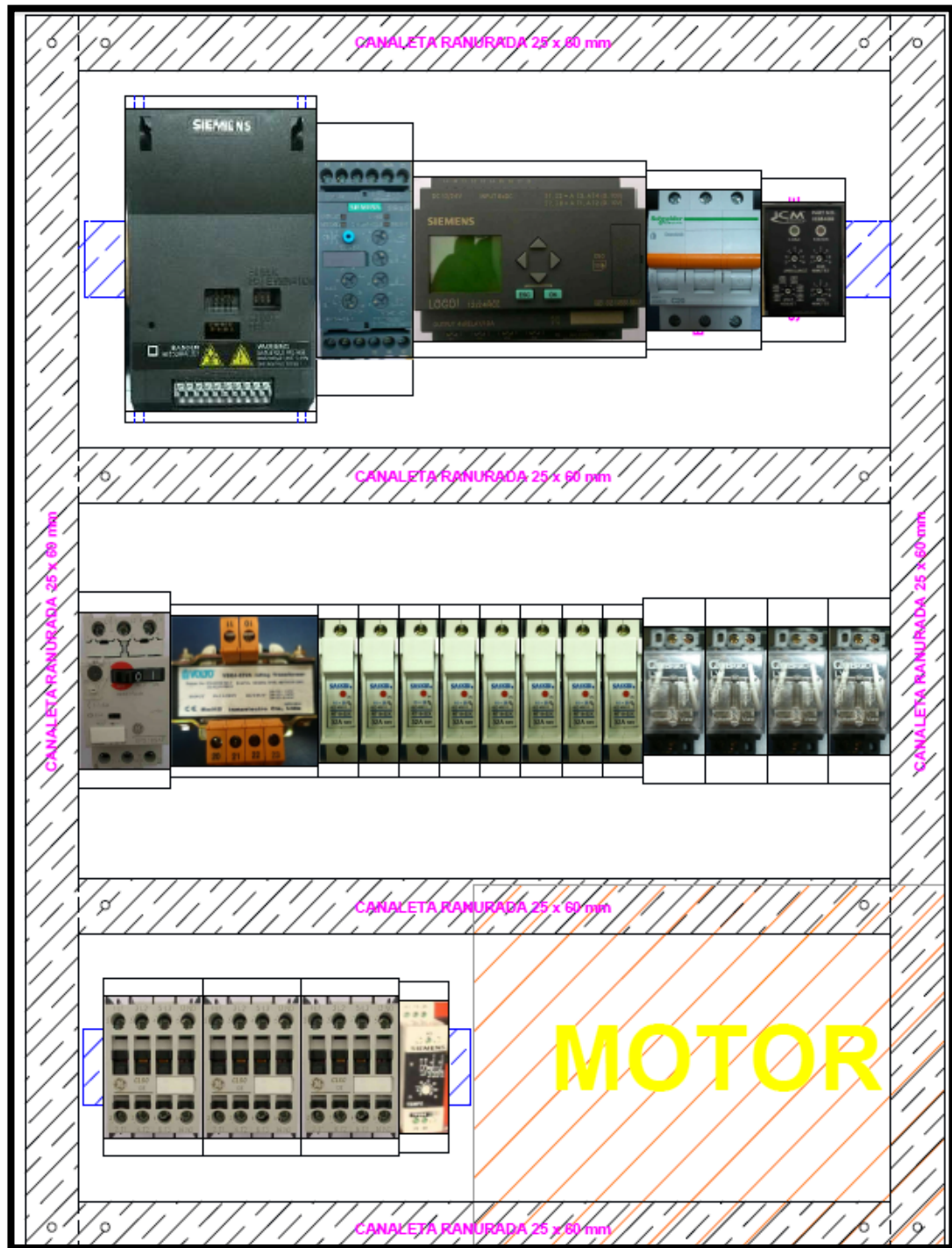


Figura 3.10: Esquema en AutoCAD de la ubicación de equipos internos del Módulo Didáctico

Elaborado por: Los autores, 2015

En el diagrama del proyecto se pueden observar los distintos equipos y elementos eléctricos, electrónicos; los cuales están distribuidos en 4 etapas principales. El detalle de las etapas y de la distribución e interconexión de los elementos que conforman la totalidad del Módulo Didáctico se detalla a continuación. Estas etapas son:

- Sistema de fuerza
- Sistema de control
- Parametrización de Variador de Frecuencia
- Parametrización de Arrancador Suave
- Etapa de programación

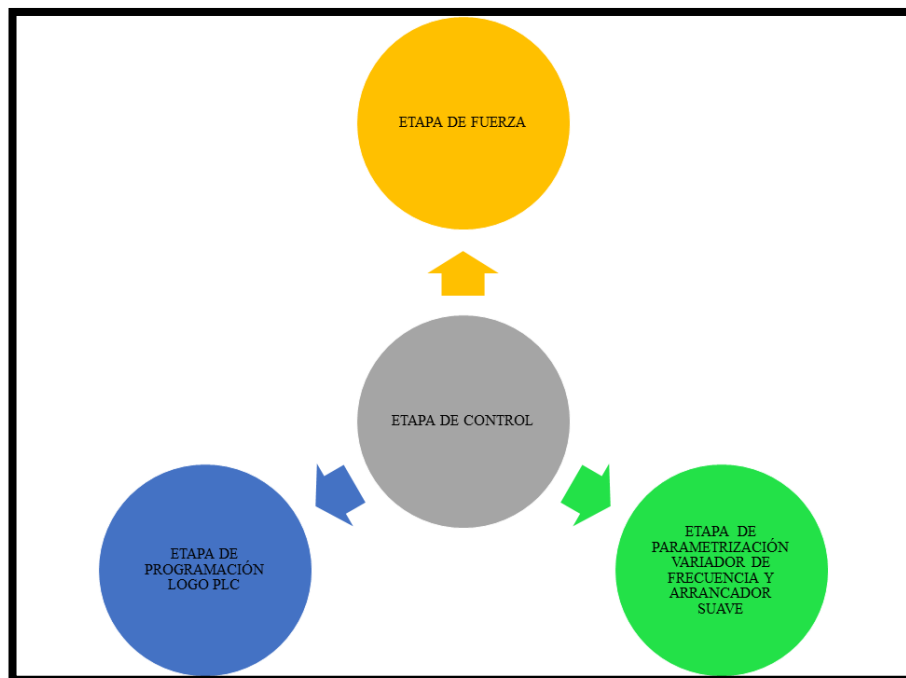


Figura 3.11: Diagrama de bloques de las etapas del Módulo Didáctico

Elaborado por: Los autores, 2015

En la figura se ve la conexión que existe entre los bloques que conforman las etapas del Módulo didáctico.

En la etapa de fuerza están todos los elementos que manejan el mayor consumo de corriente hacia la carga, en este caso el motor trifásico de 0.5 HP 220V AC, los contactores, breakers, fusibles, guardamotor.

Todos estos elementos se activarán si entra en operación la etapa de control, la cual solo tiene acceso los estudiantes o el docente, en el momento que estén aplicando las diferentes prácticas que nos facilita el Módulo didáctico.

La etapa de parametrización del variador de frecuencia y el arrancador suave tiene una combinación de la etapa de fuerza y la etapa de control, la cual también entrará en funcionamiento si el estudiante y docente le da aplicación.

La etapa de programación del logo plc es netamente de control y comunicación ethernet, por lo tanto todas las etapas mencionadas dependen de la etapa de control, la misma que está formada por un panel de plugs de conexiones con la simbología de los equipos correspondiente.

3.4 Montaje y Cableado al Módulo Didáctico

Toda la etapa de montaje y cableado al Módulo didáctico se detalla de la siguiente manera:

- Seccionamiento del tablero, instalación de canaletas y rieles.
- Montaje de elementos eléctricos y electrónicos.
- Cableado de circuitos de control y fuerza de cada elemento.
- Diseño del circuito de control y fuerza en AutoCAD.
- Impresión en serigrafía de la simbología del tablero de control.
- Perforaciones en el tablero de control para los plugs.
- Colocación de serigrafía en el tablero de control.
- Ubicación de plugs en el tablero de control.
- Conexiones de circuito de fuerza y control a su respectivo plugs de acuerdo a su esquema eléctrico de cada elemento.



Figura 3.12: Montaje de elementos eléctricos y electrónicos

Fuente: Los autores, 2015

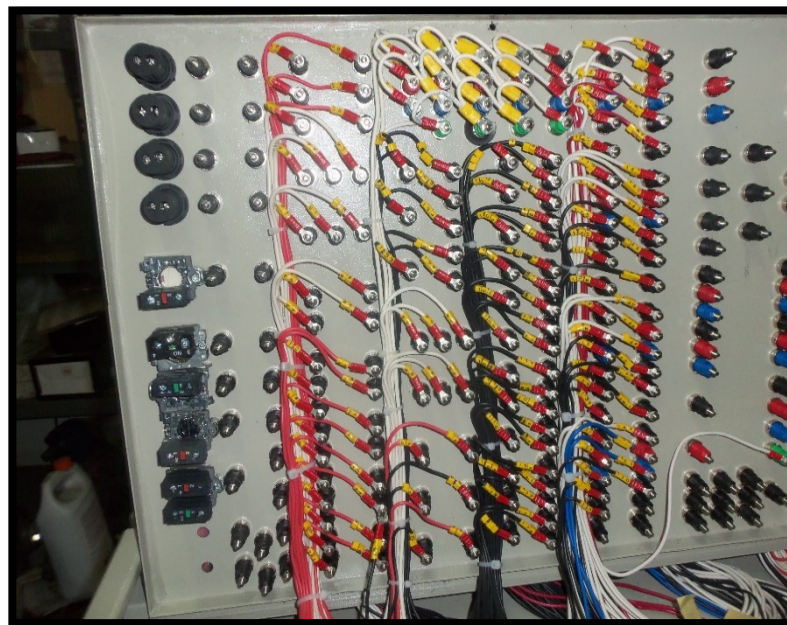


Figura 3.13: Conexiones de circuito de fuerza y control a su respectivo plugs.

Fuente: Los autores, 2015

3.5 Diseños de Arranque de motores eléctricos trifásicos

3.5.1 Arranque directo

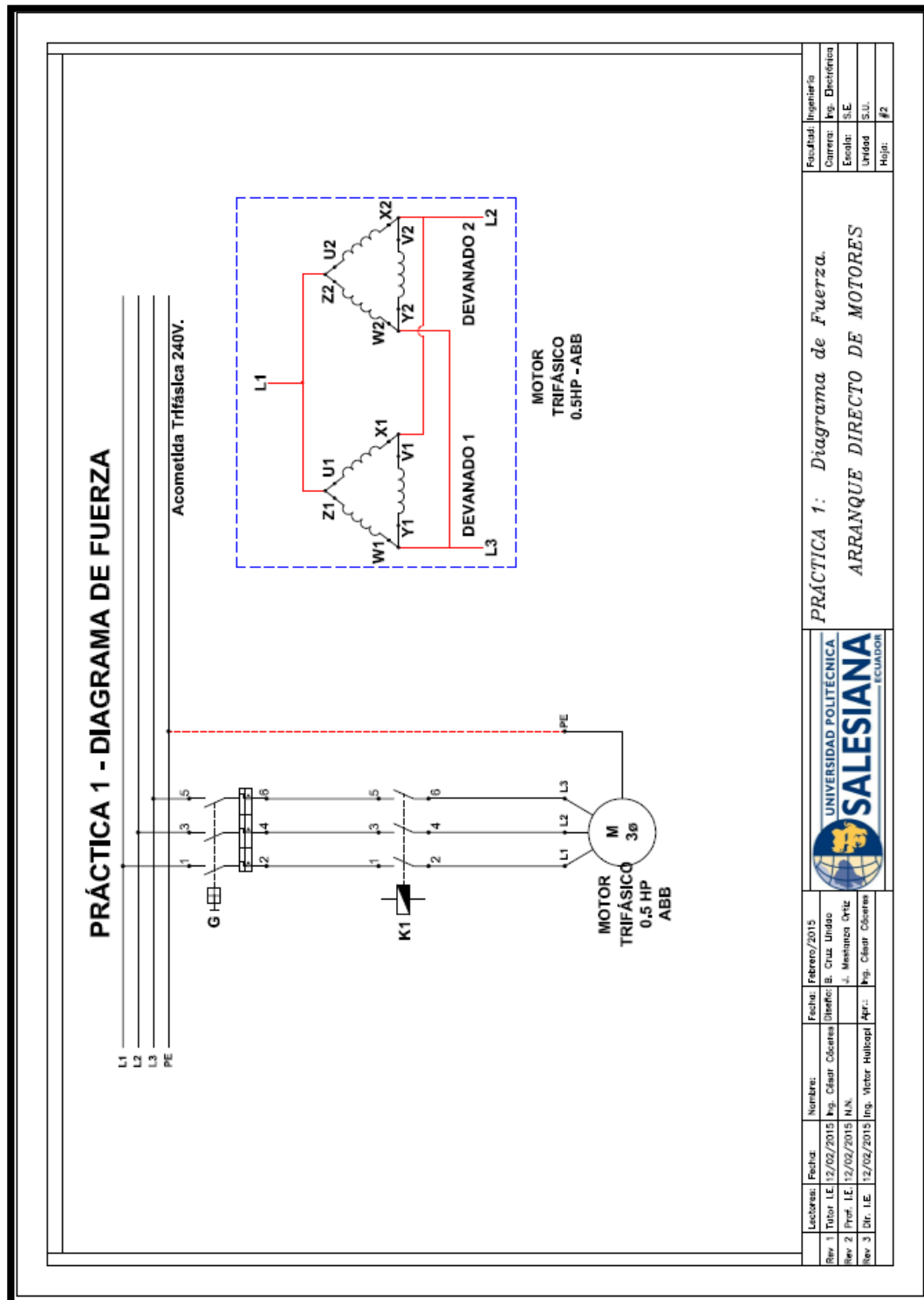


Figura 3.14: Esquema de Fuerza de Práctica 1 "Arranque Directo"

Fuente: Los autores, 2015

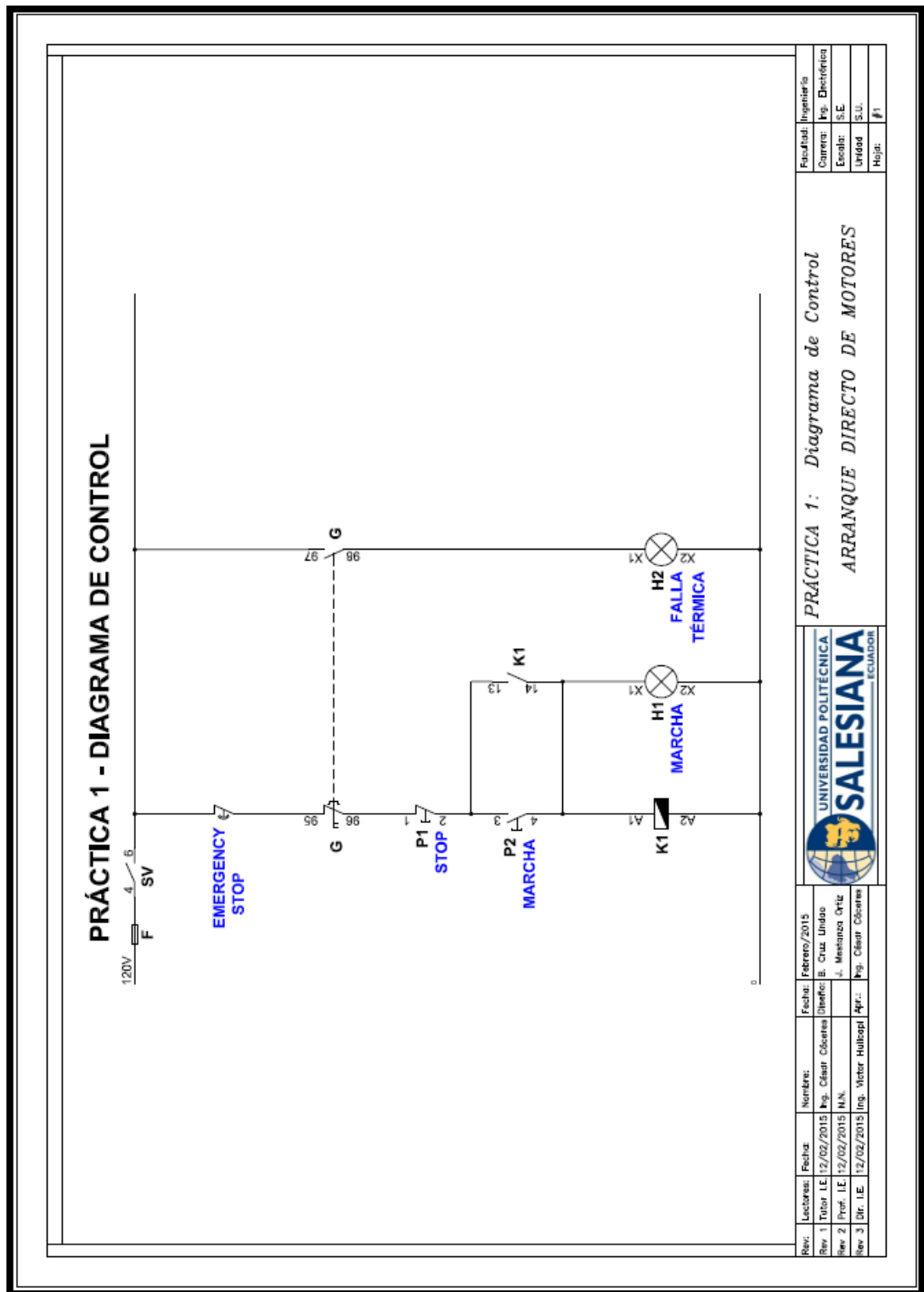


Figura 3.15: Esquema de Control de Práctica 1 "Arranque Directo"

Fuente: Los autores, 2015

3.5.2 Arranque estrella – delta

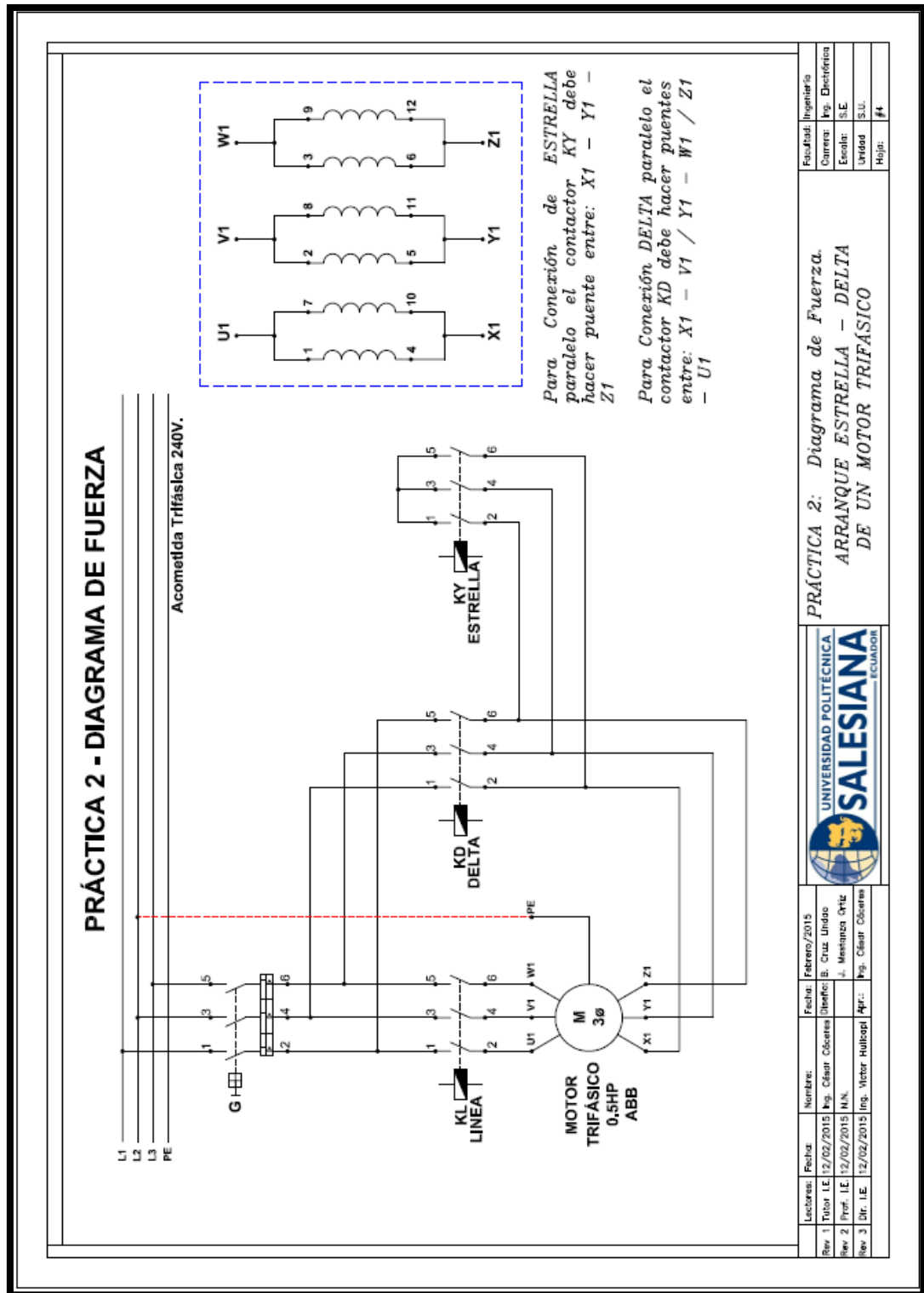


Figura 3.16: Esquema de fuerza de Práctica 2 "Arranque Estrella - Delta"

Fuente: Los autores, 2015

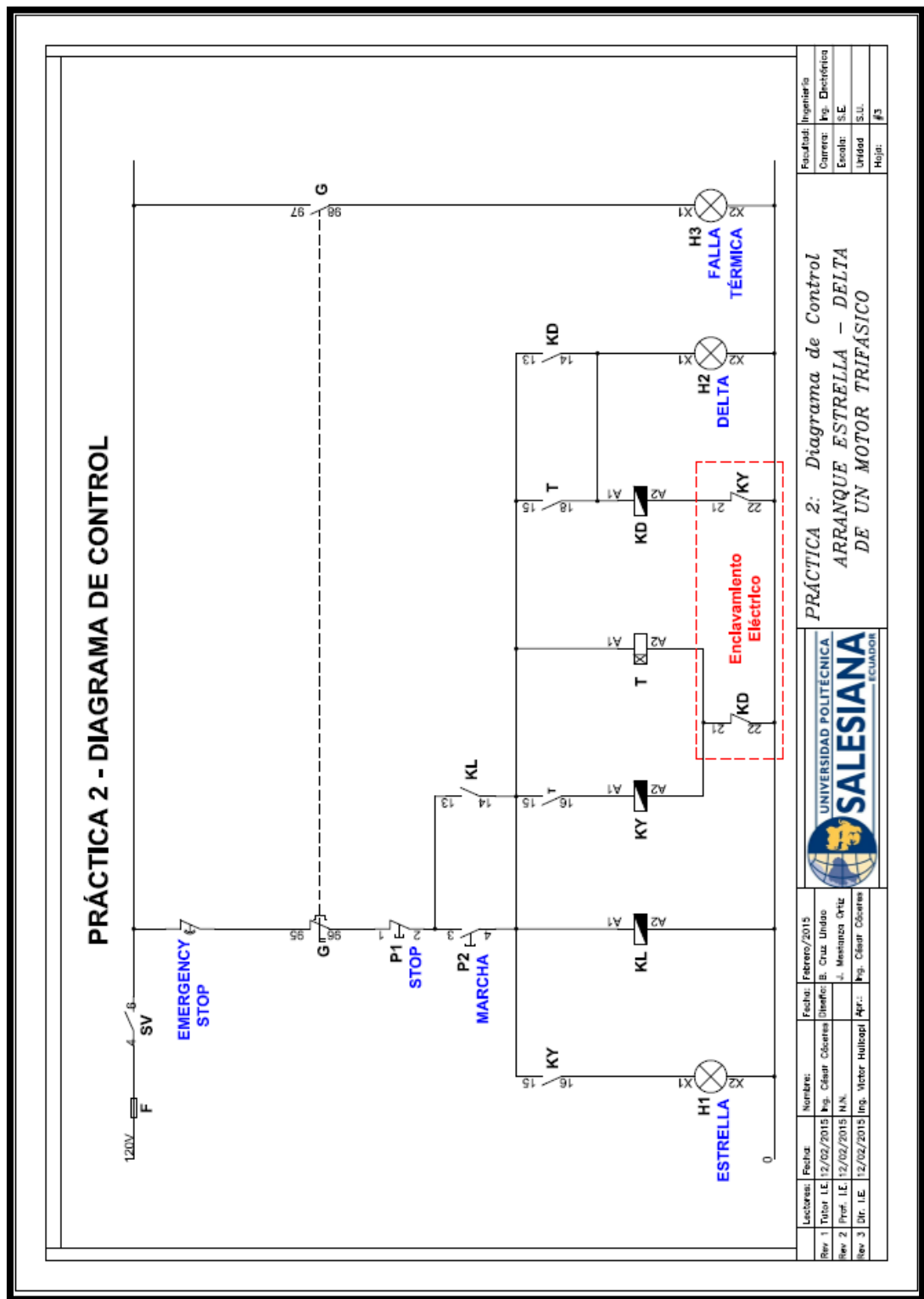


Figura 3.17: Esquema de control de Práctica 2 "Arranque Estrella - Delta"

Fuente: Los autores, 2015

3.5.3 Arranque part winding estrella - estrella

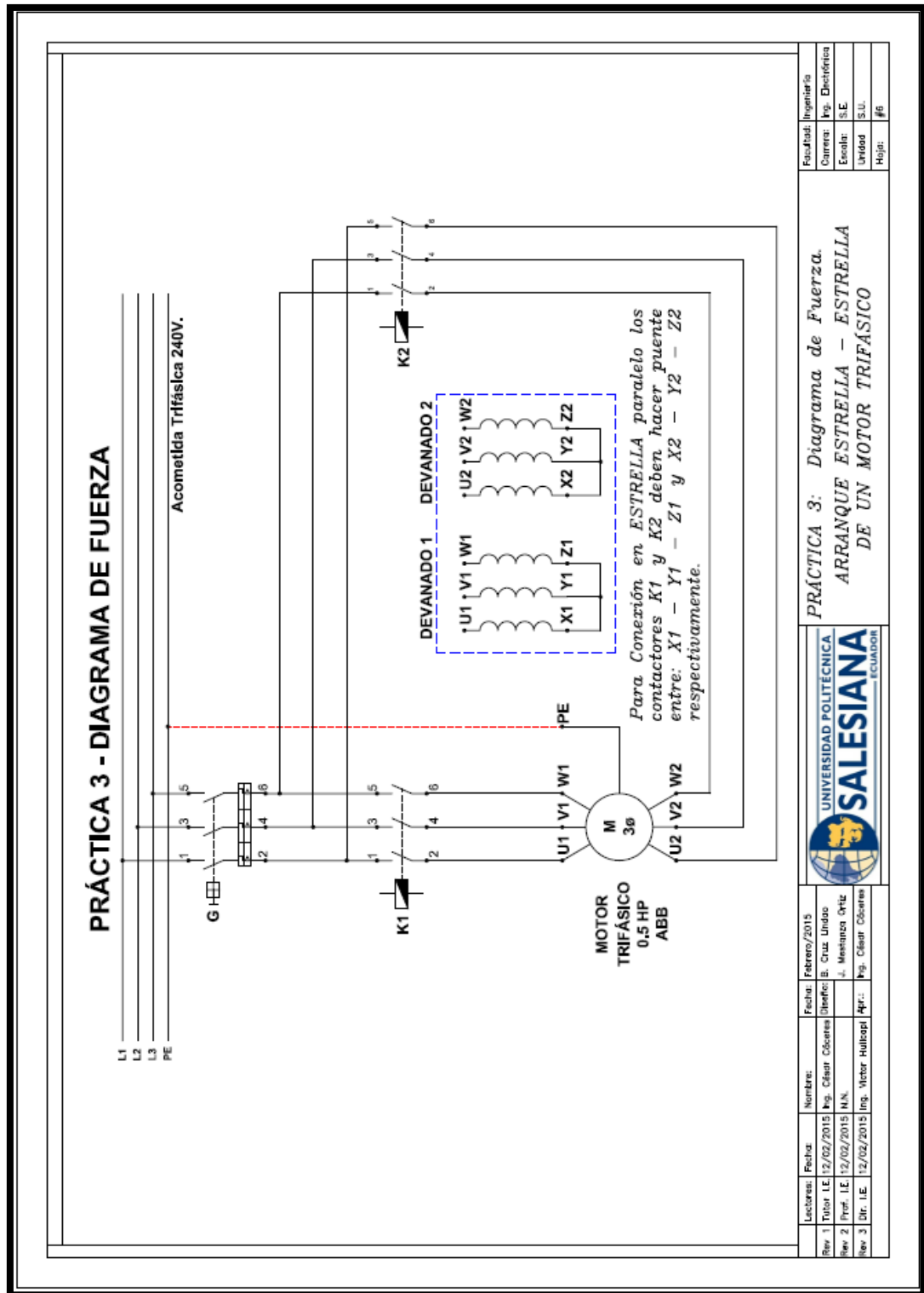


Figura 3.18: Esquema de fuerza de Práctica 3 "Arranque Estrella - Estrella"

Fuente: Los autores, 2015

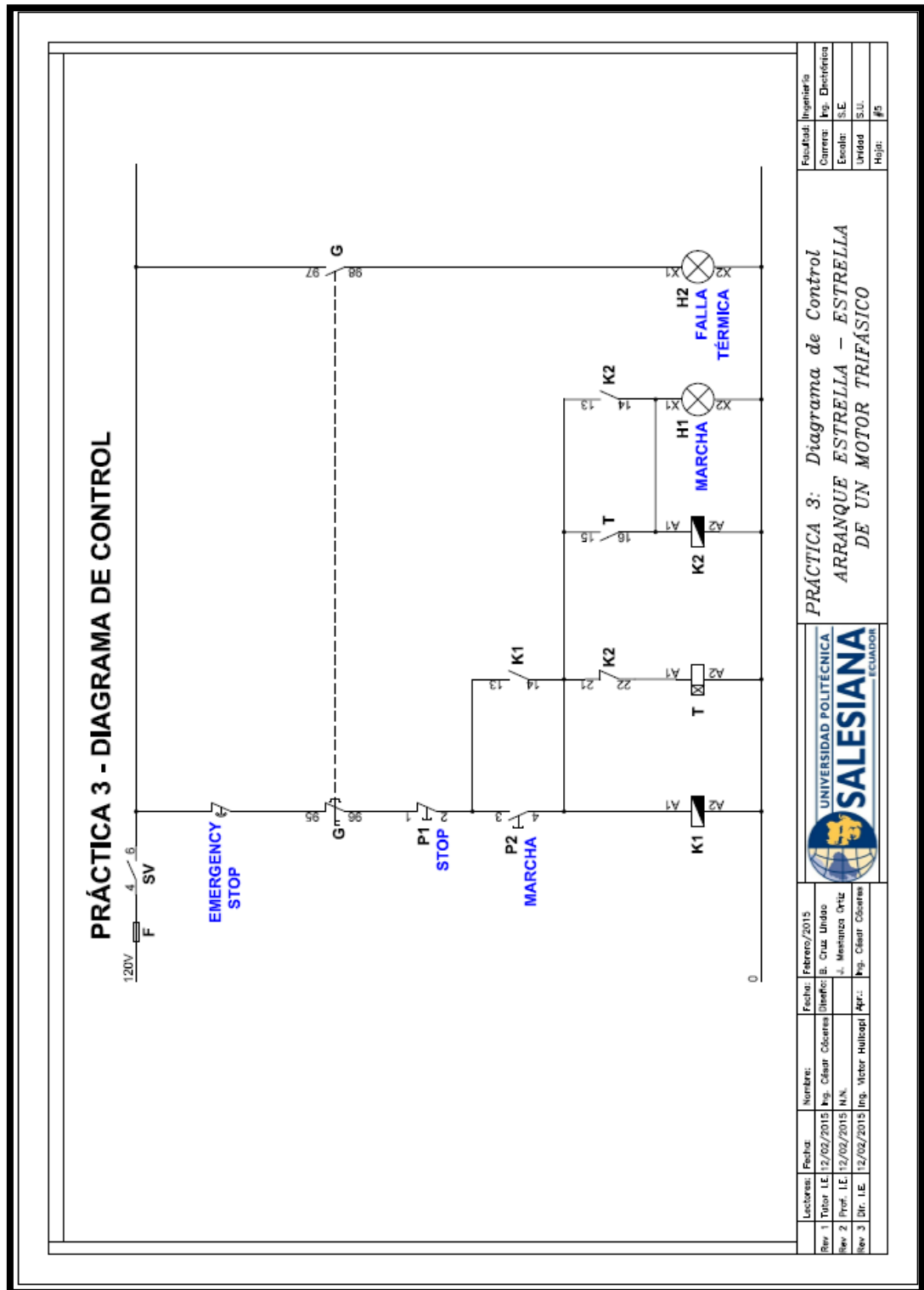


Figura 3.19: Esquema de control de Práctica 3 "Arranque Estrella - Estrella"

Fuente: Los autores, 2015

3.5.4 Arranque part winding delta - delta

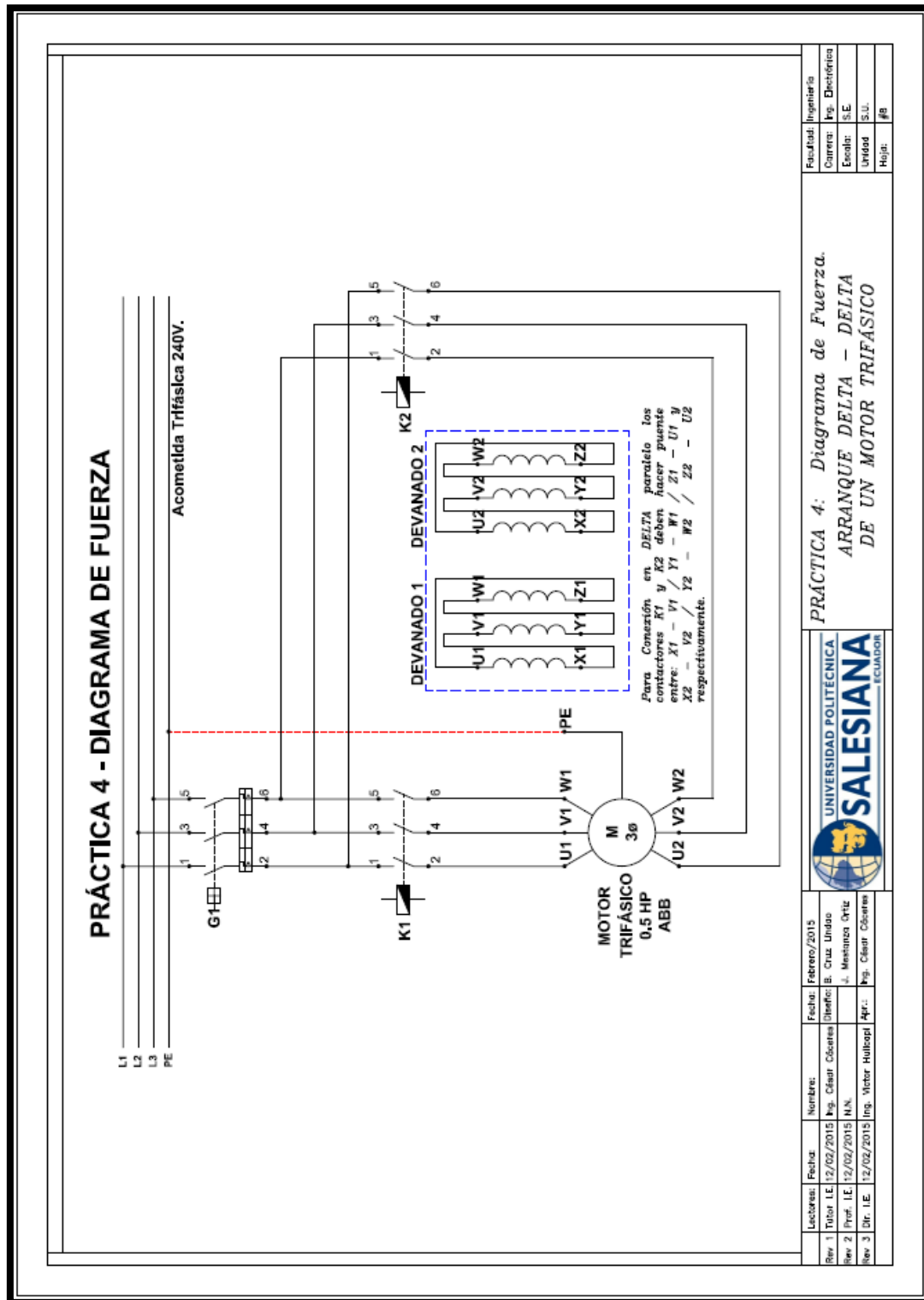


Figura 3.20: Esquema de fuerza de Práctica 4 "Arranque Delta - Delta"

Fuente: Los autores, 2015

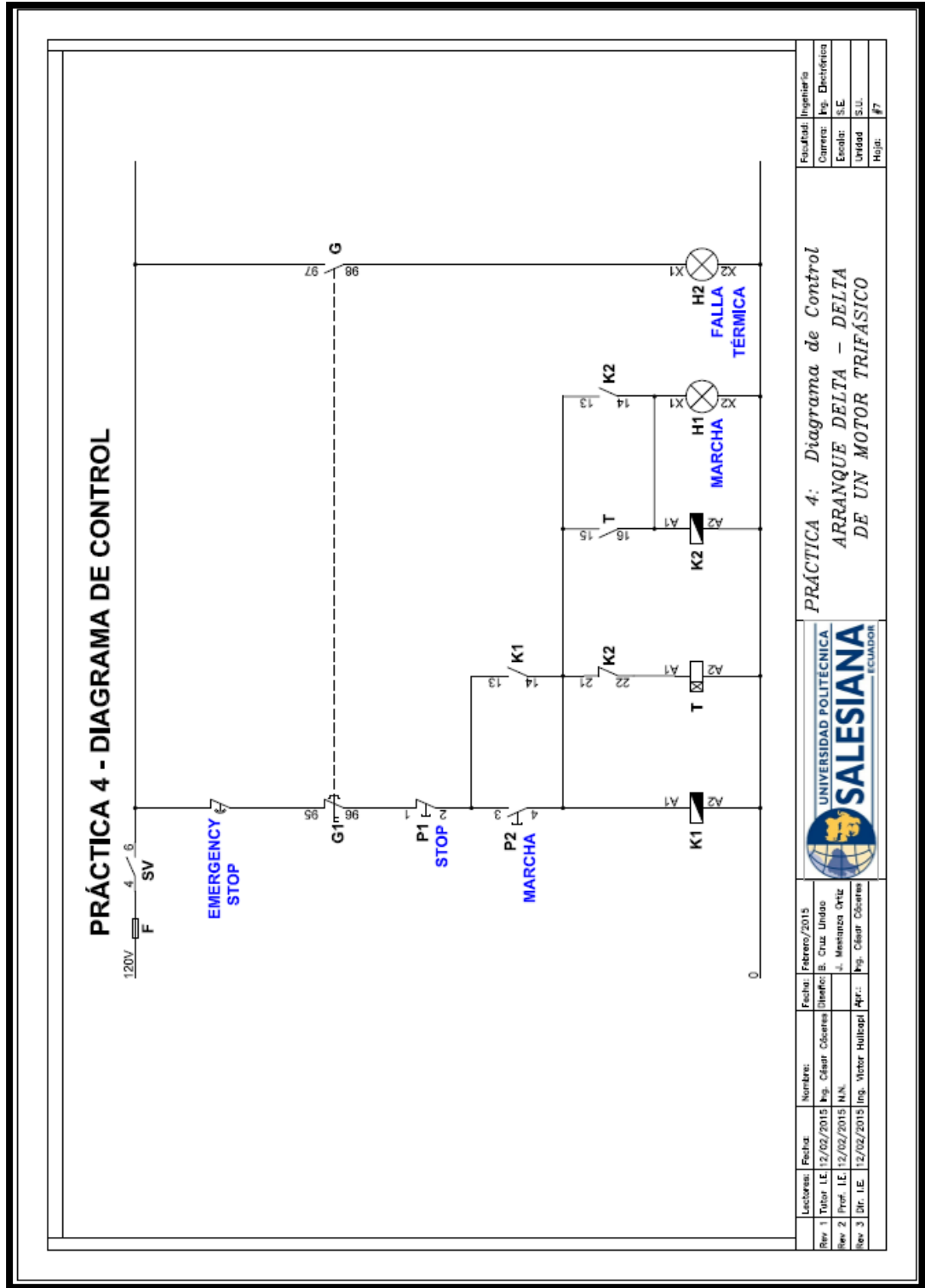


Figura 3.21: Esquema de control de Práctica 4 "Arranque Delta - Delta"

Fuente: Los autores, 2015

3.5.5 Arranque mediante variador de frecuencia

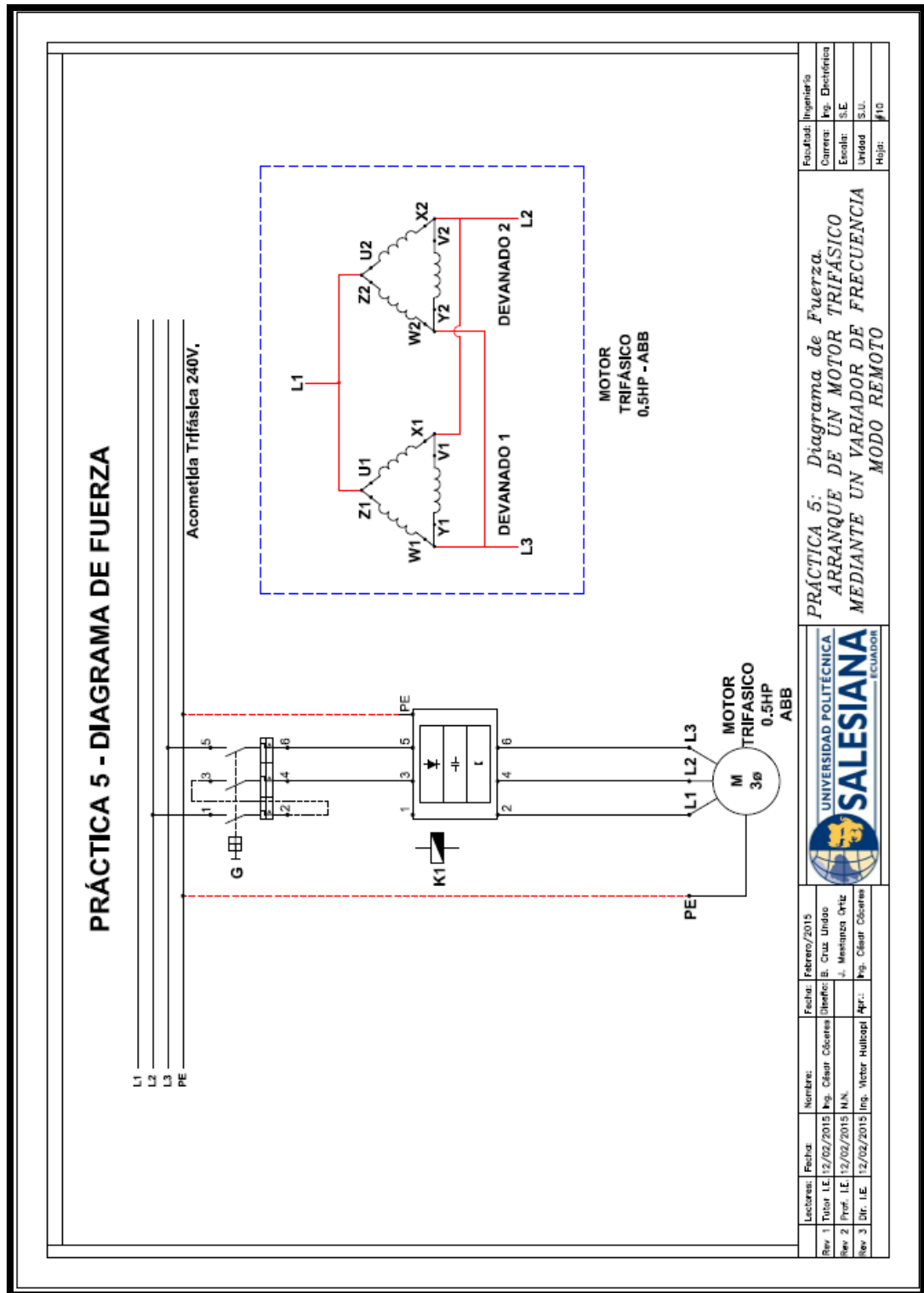


Figura 3.22: Esquema de fuerza de Práctica 5 "Arranque mediante Variador de Frecuencia"

Fuente: Los autores, 2015

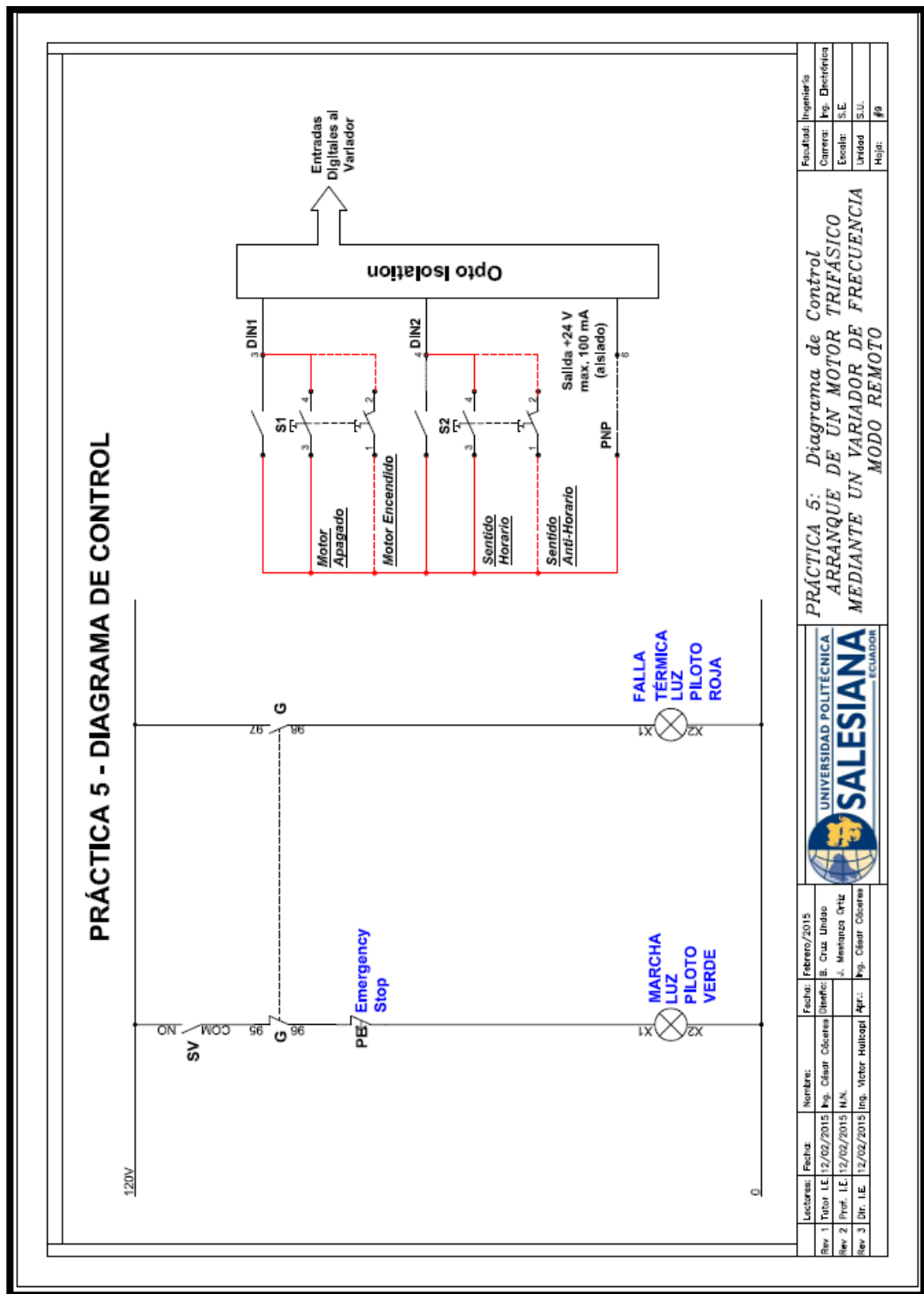


Figura 3.23: Esquema de control de Práctica 5 "Arranque mediante Variador de Frecuencia"

Fuente: Los autores, 2015

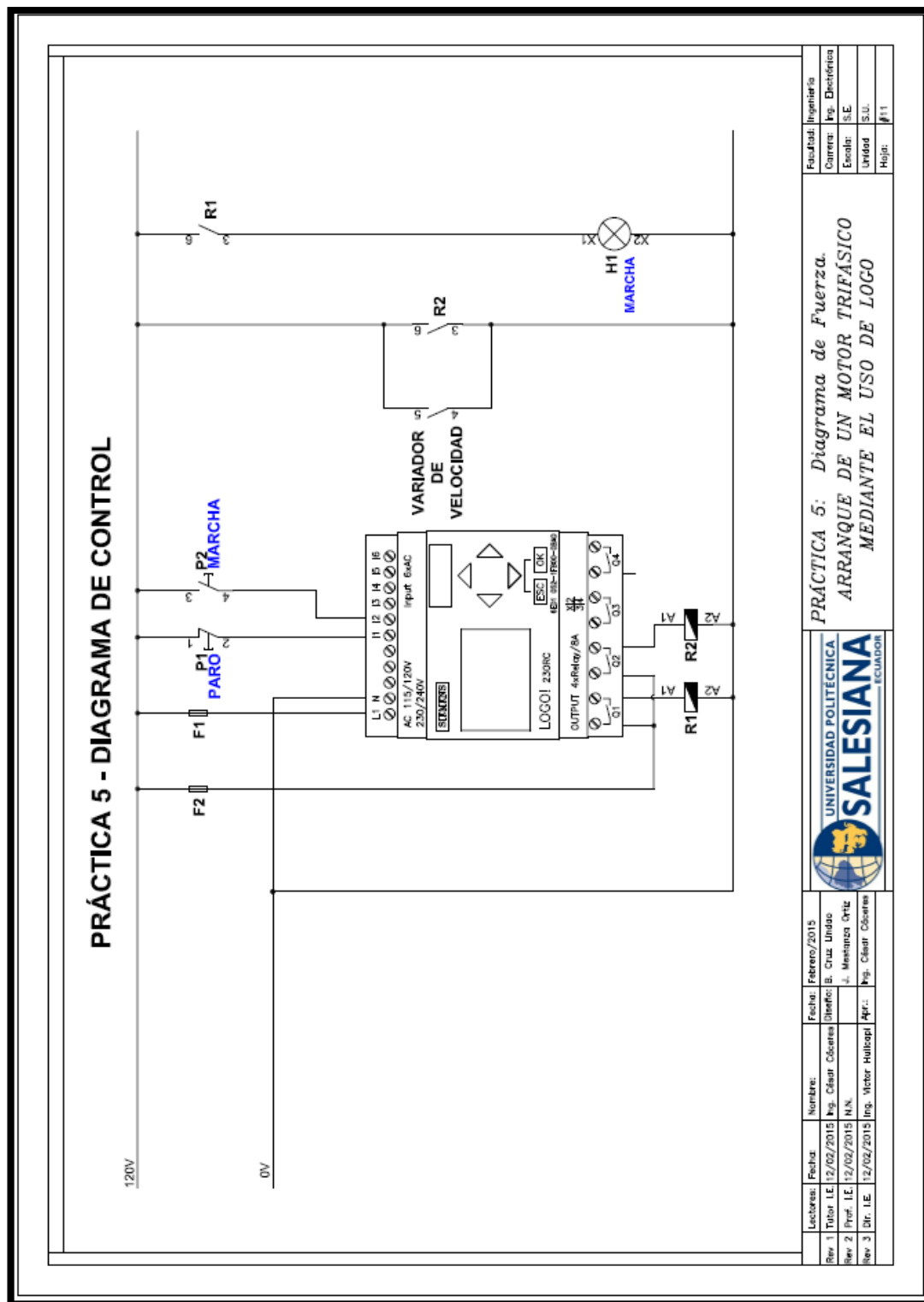


Figura 3.24: Esquema de control de Práctica 5 "Arranque de un motor trifásico mediante el uso de LOGO"

Fuente: Los autores, 2015

3.5.6 Arranque mediante arrancador suave

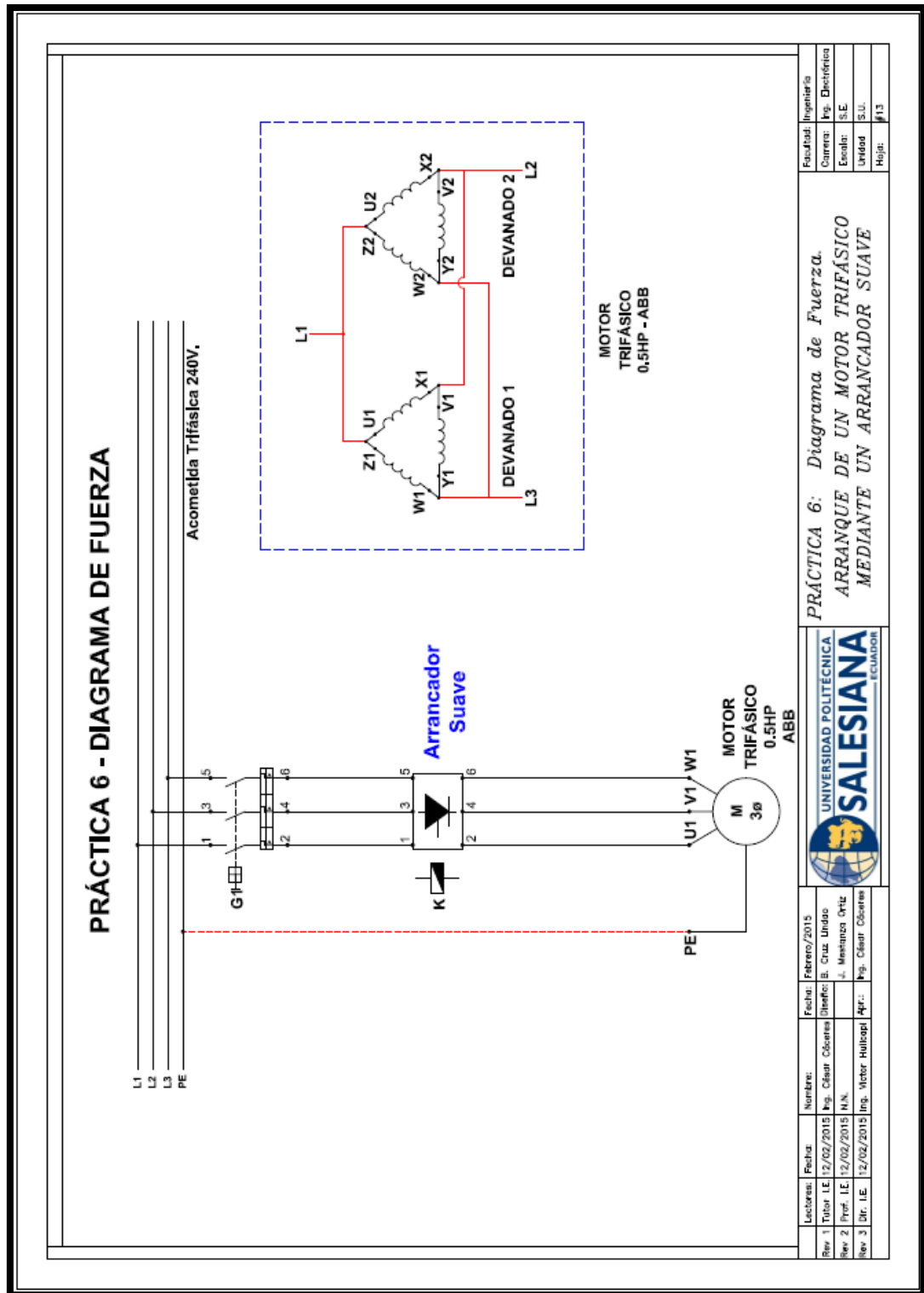


Figura 3.25: Esquema de fuerza de Práctica 6 "Arranque mediante arrancador suave"

Fuente: Los autores, 2015

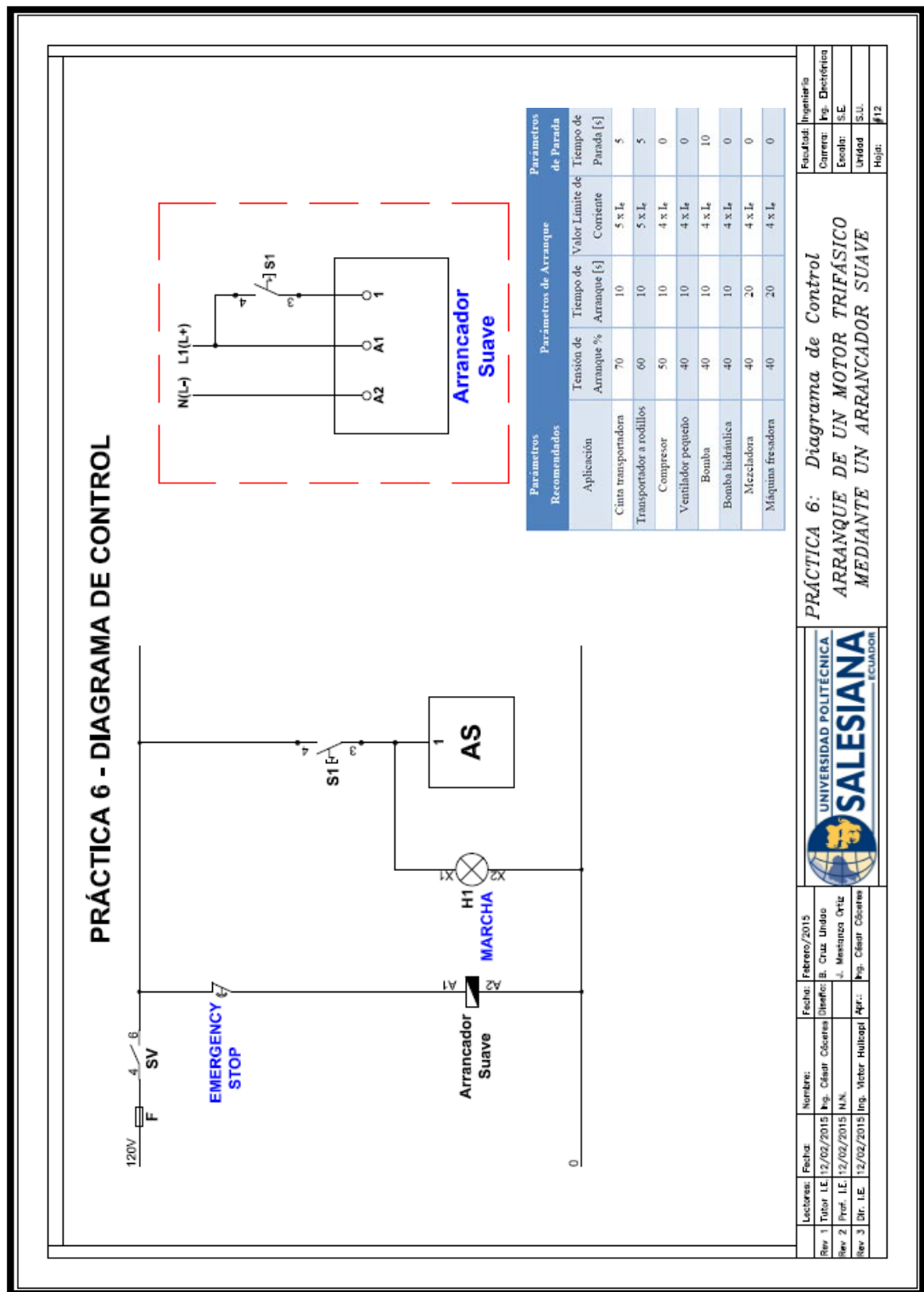


Figura 3.26: Esquema de control de Práctica 6 "Arranque mediante arrancador suave"

Fuente: Los autores, 2015

3.6 Etapa de fuerza

La alimentación de la maleta didáctica es 220 trifásico AC con su respectiva tierra, tiene un disyuntor principal de 3 polos 30A 220V AC, el cual alimenta por medio de plugs de conexiones a cada elemento eléctrico y electrónico tales como:

- Arrancador Suave
- Variador de Frecuencia
- Contactores
- Guardamotor
- Fusibles
- Motor

3.7 Etapa de parametrización de variador de frecuencia y arrancador suave

3.7.1 Parametrización Variador de Frecuencia SINAMICS G110

Este equipo tiene la facilidad de seleccionar la frecuencia en su alimentación, puede ser de 50HZ o 60 HZ. El variador de frecuencia realiza todos los cálculos con el valor de frecuencia seleccionado inicialmente.

Para parametrizar este variador de frecuencia es necesario conectar el motor eléctrico trifásico en los terminales de salida del variador de frecuencia, energizar con 220 V AC monofásico en los terminales de entrada del variador de frecuencia, y se obtiene en los terminales de salida 220 V AC trifásico de 0 a 60 HZ, con su respectiva conexión a tierra.

Cabe recalcar que este equipo debe ser previamente configurado por el usuario, siguiendo el manual de instrucciones recomendado por el fabricante del equipo.

Los pasos a seguir se detallan a continuación:

Tabla 3. 1: Detalle de pasos a seguir para la Parametrización del Variador de Frecuencia

Parámetros	Definición
P0010	Inicio de la puesta en servicio rápida. 1 = Inicia servicio. 0 = Finaliza servicio (se pone automáticamente).
P0100 0 = kw / 50 hz 1 = hp / 60 hz 2 = kw / 60 hz	Europa / Norteamérica. Para los ajustes 0 y 1, use interruptor DIP 2. Para el ajuste 2, use el P0100.
P0304	Tensión nominal del motor (V).
P0305	Corriente nominal del motor (A).
P0307	Potencia nominal del motor. Si P0100 = 1, los valores deberán ser en hp.
P0310	Frecuencia nominal del motor (HZ).
P0311	Velocidad nominal del motor (RPM).
P0700	Selección de la fuente de órdenes. 1 = BOP. 2 = Bornes / terminales. 5 = USS interface.
P1000	Selección de la consigna de frecuencia. 1 = BOP. 2 = Consigna analógica. 3 = fixed frecuences. 5 = USS interface.
P1080	Frecuencia mínima del motor (0 – 650 HZ).
P1082	Frecuencia máxima del motor (0 – 650 HZ).
P1120	Tiempo de aceleración.
P1121	Tiempo de deceleración.
P3900	Finalizar puesta en servicio rápida. 0 = sin cálculo del motor ni reajuste de fábrica. 1 = con cálculo del motor y reajuste de fábrica. 2 = con cálculo del motor y reajuste del E/S. 3 = con cálculo del motor pero sin reajuste de fábrica.

Fuente: Siemens, 2015

3.7.2 Parametrización Arrancador Suave 3RW40 SIRIUS

Para parametrizar este arrancador suave es necesario energizar con 220 V AC trifásico, se debe considerar los siguientes pasos:

- Control del cableado parte de control y potencia
- Parametrizar el equipo
 - ✓ Protección del motor: Ajustar la I nominal mediante la I_e
 - ✓ Seleccionar la clase de disparo mediante el selector CLASS
 - ✓ Función de arranque suave
 - ✓ Valor límite de corriente I_e
 - ✓ Tiempo de arranque (segundos)
 - ✓ Tensión de arranque (%)
 - ✓ Tiempo de parada (segundos)

Todos estos parámetros tienen el sustento recomendado por el fabricante del equipo. Para lograr las demostraciones de las bondades del equipo se necesita un motor de 220V AC trifásico y 5HP, porque la corriente mínima del equipo en el arranque es 10A.

Tabla 3. 2: Parámetros recomendados por el fabricante

Parámetros Recomendados	Parámetros de Arranque			Parámetros de Parada
Aplicación	Tensión de Arranque %	Tiempo de Arranque [s]	Valor Límite de Corriente	Tiempo de Parada [s]
Cinta transportadora	70	10	5 x I _e	5
Transportador a rodillos	60	10	5 x I _e	5
Compresor	50	10	4 x I _e	0
Ventilador pequeño	40	10	4 x I _e	0
Bomba	40	10	4 x I _e	10
Bomba hidráulica	40	10	4 x I _e	0
Mezcladora	40	20	4 x I _e	0
Máquina fresadora	40	20	4 x I _e	0

Fuente: Siemens, 2015

En esta imagen se puede observar las perillas de regulación de los respectivos parámetros del arrancador suave.



Figura 3.27: Arrancador Suave

Fuente: Siemens, 2015

3.8 Etapa de programación

La etapa de programación la realizamos en el logo plc, este es un equipo automático que sirve para aplicar el automatismo en la industria, lo primero que se debe realizar es lo siguiente:

- *Comunicación entre PC y LOGO PLC*

Esto se lo realiza asignando una ip al logo plc, esto depende de la red donde se encuentre ubicado el equipo, si está dentro de una red la ip será dinámica, y se observa cual está libre y así está ya puede ser asignada al plc, pero si no se encuentra dentro de una red establecida, la ip a asignarse será estática, esta puede ser a libre conveniencia del programador y se le asigna una al logo plc y otra a la pc.

En esta imagen se puede observar el ingreso de la ip al computador, para su respectiva comunicación con el logo plc.

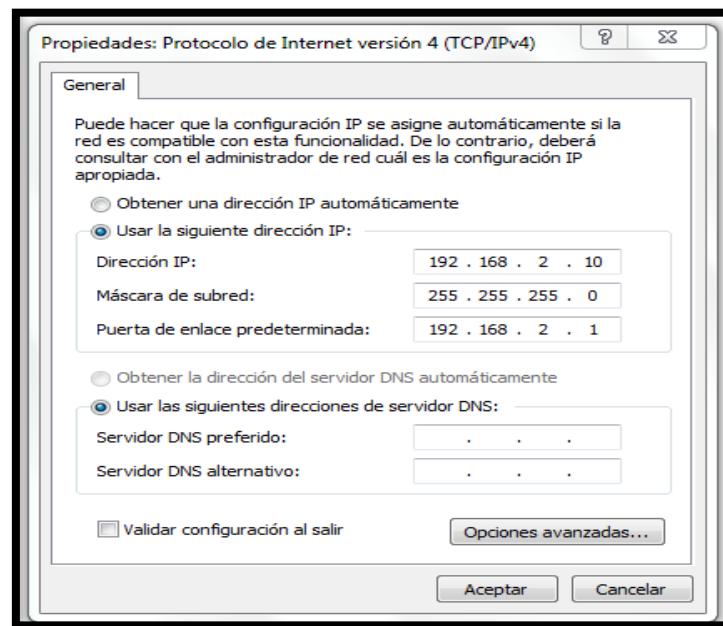


Figura 3.28: Asignación de IP al PC.

Elaborado por: Los autores, 2015

En esta imagen se puede observar el ingreso de la ip al logo plc, para su respectiva comunicación con el computador.



Figura 3.29: Asignación de IP al LOGO PLC.

Fuente: Siemens, 2015

Después de haber realizado la asignación de IP al pc y al logo plc, se comprueba si existe comunicación haciendo ping desde la pc al logo plc.

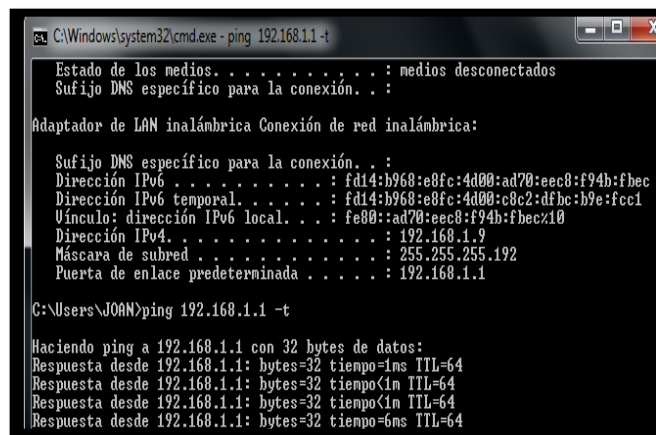


Figura 3.30: Comunicación entre el PC y LOGO PLC.

Elaborado por: Los autores, 2015

- *Programación de Software logo plc*

Primero se abre el software del logo soft comfort V8.0, al momento de realizar esto el programa da la opción a escoger el tipo de lenguaje de programación que se desee (diagrama de funciones FUP, esquema de contactos KOP, diagrama udf UDF).

Para realizar un circuito de demostración, se utilizó el lenguaje KOP.

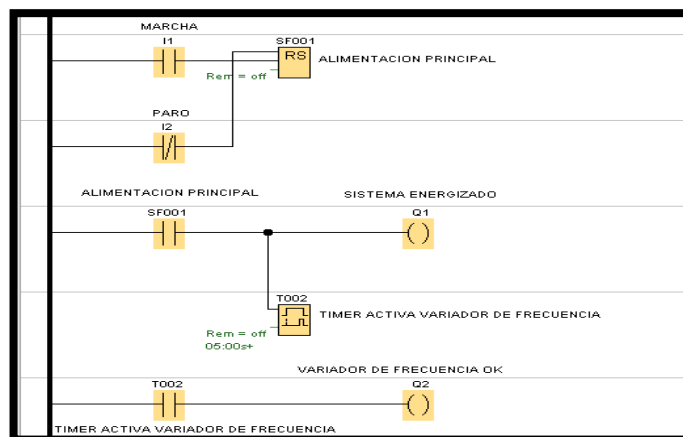


Figura 3.31: Ejemplo de demostración

Elaborado por: Los autores, 2015

Después de realizar el circuito, se puede proceder a conectar de forma virtual y cargar el programa el logo plc.

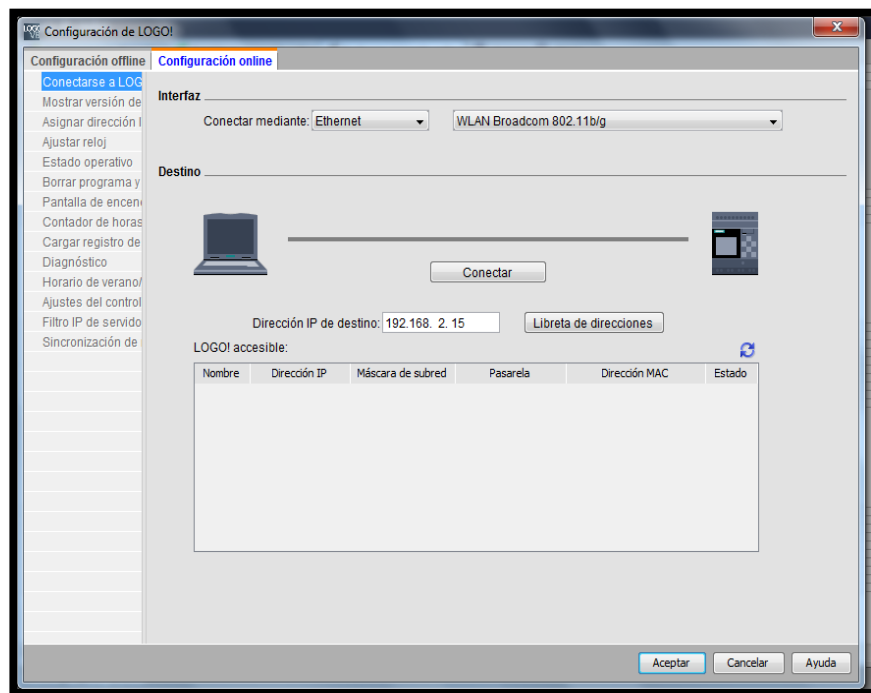


Figura 3. 32: Conexión de forma virtual y cargar el programa de PC a logo PLC

Elaborado por: Los autores, 2015

3.9 Etapa de control

La etapa de control de la maleta didáctica esta netamente en el tablero de plugs de conexiones, en el cual tiene un transformador de control de 220V AC/120V AC - 24V DC, además un supervisor de fases trifásico 220V AC, es muy importante tener en claro esta etapa porque el variador de frecuencia genera su propio voltaje de control, los equipos restantes su etapa de control es a 120V AC tales como:

- Arrancador Suave
- Logo plc
- Relés
- Contactores
- Temporizador

CAPÍTULO IV

4 PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 PRÁCTICA 1: Arranque Directo de un motor trifásico



FACULTAD	CARRERA	TEMA DE APRENDIZAJE
Ingenierías	Electrónica	Generar alternativas de Diseño tanto de Control como de Fuerza para el funcionamiento de motores en secuencias de forma Manual.

PRÁCTICA	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	DURACIÓN
01	Arranque directo de un motor trifásico	2 Horas

FUNDAMENTO
El arranque directo se lo aplica en motores hasta de 15 HP, porque su corriente de arranque es pequeña y no afecta a la red secundaria de la empresa eléctrica.

OBJETIVOS
<ul style="list-style-type: none">• Cumplir las condiciones de funcionamiento de la práctica.• Lograr el funcionamiento del arranque directo.• Diseñar un Arranque Manual.

EQUIPOS Y MATERIALES	
<ul style="list-style-type: none">• Contactor• Pulsantes	<ul style="list-style-type: none">• Amperímetros• Multímetros

<ul style="list-style-type: none"> • Motor • Guardamotor • Conductores • Supervisor de fase 	<ul style="list-style-type: none"> • Luz Piloto • Fusibles • Breaker
---	---

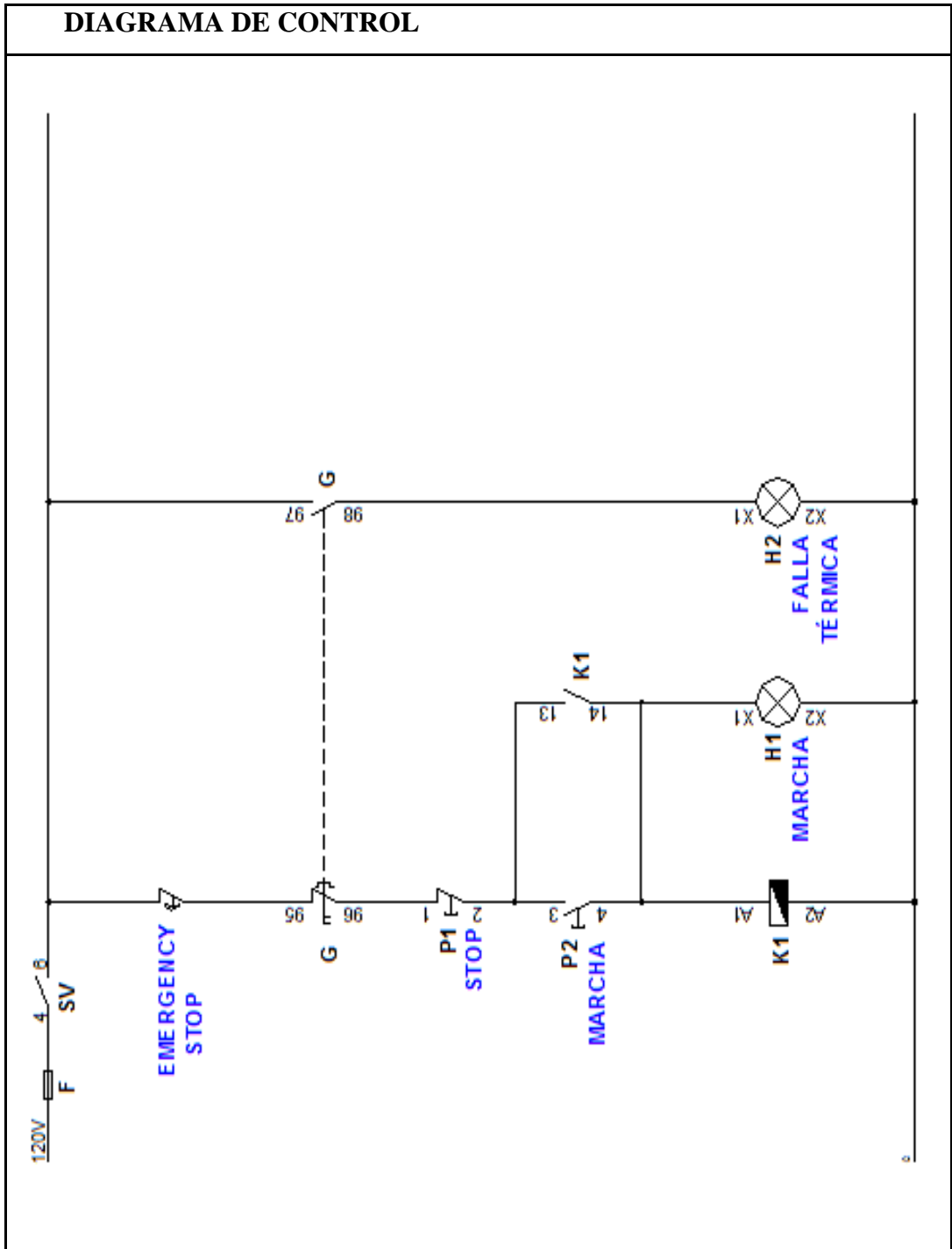
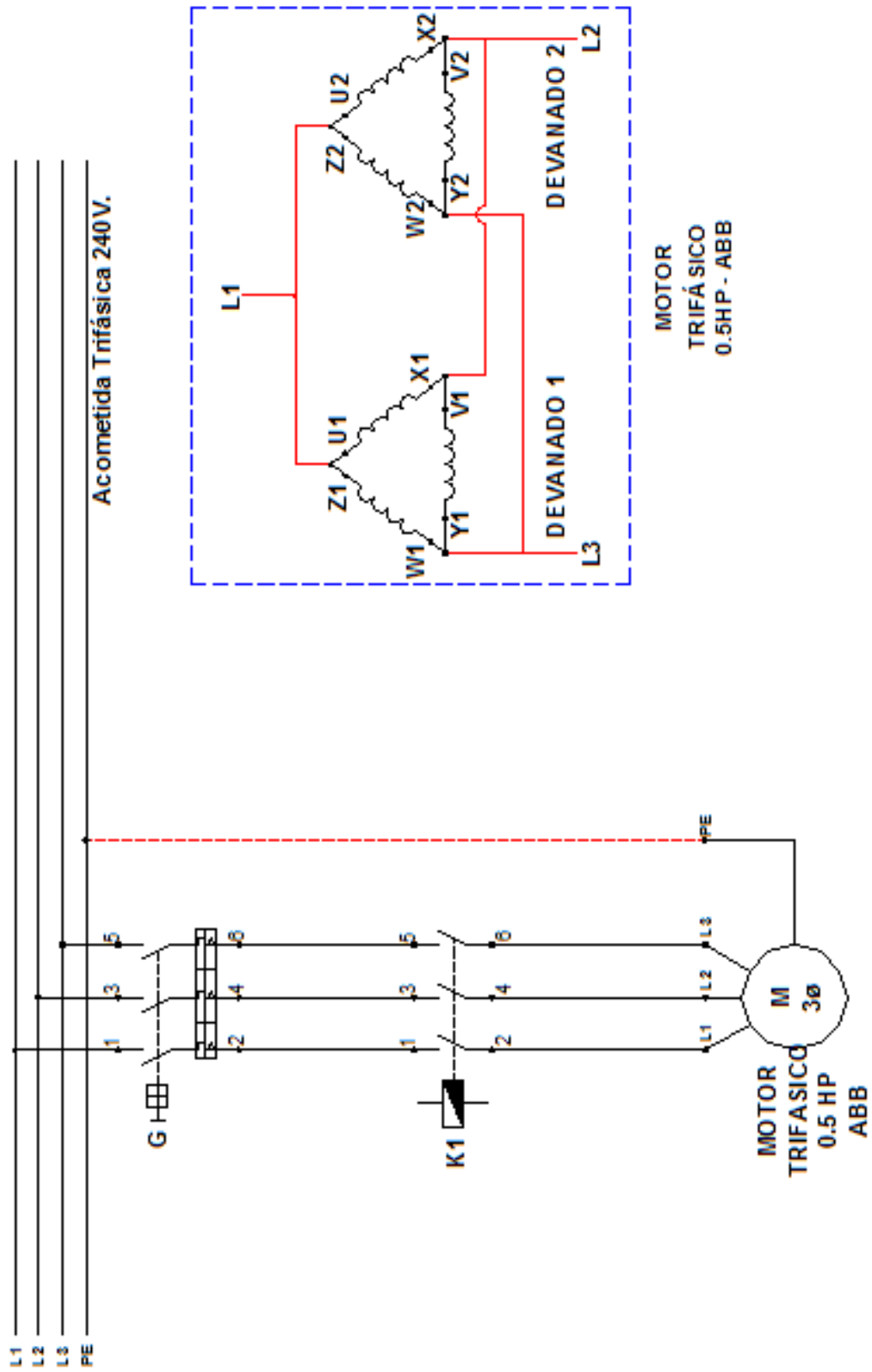


DIAGRAMA DE FUERZA



PROCEDIMIENTO

Hay que realizar dos circuitos:

Circuito de Fuerza

- Alimentación 220 V AC trifásica a la entrada del guardamotor, la salida del guardamotor a la entrada del contactor.
- La salida del contactor a la alimentación del motor eléctrico trifásico.
- Conexión del motor según la placa 220 V AC en delta paralelo.

Circuito de Control

- Se procede a alimentar el circuito de control con un transformador de 220 V/120 V AC con sus respectivos fusibles de control.
- Se realizan las conexiones en el tablero de control con sus respectivos plugs, pulsador de marcha, pulsador de paro, bobina de contactor, luz piloto y supervisor de fase.

DATOS Y CÁLCULOS

Datos de placa:

VLL= 220V AC

I nominal = 1.89 A

Potencia motor = 0.5 HP = 373 W

Cos ϕ = 0.79

Mediciones en vacío:

I = 0.9 A.

VLL = 244 V.

Cálculos:

$$P = V * I * \sqrt{3} * \cos\phi$$

$$373W = 244V * I * \sqrt{3} * 0.79$$

$$I = 373 / 244 * \sqrt{3} * 0.79$$

$$I = 373 / 333.87$$

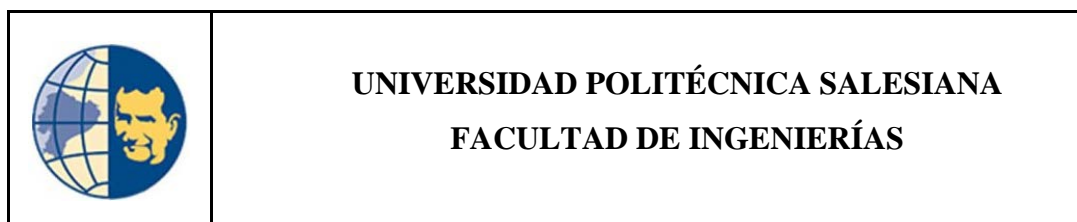
$$I = 1.11 A.$$

CONCLUSIONES

Los cálculos realizados con los valores de placa da un valor aproximado con respecto a los valores obtenido al momento de implementar la práctica, dejando en claro la diferencia entre lo teórico y los valores reales.
--

AUTORES Bolívar Cruz Joan Mestanza	REVISOR Ing. César Cáceres	APROBACIÓN	AUTORIZACIÓN
TESISTAS	TUTOR		

4.2 PRÁCTICA 2: Arranque Estrella – Delta de un motor trifásico



FACULTAD	CARRERA	TEMA DE APRENDIZAJE
Ingenierías	Electrónica	Generar alternativas de Diseño tanto de Control como de Fuerza para el funcionamiento de motores en secuencias de forma Manual o Automática.

PRÁCTICA	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	DURACIÓN
02	Arranque estrella – delta de un motor trifásico	2 Horas

FUNDAMENTO
El arranque estrella – delta por lo general se lo utiliza en motores de 15 HP en adelante, teniendo en cuenta que la corriente de arranque de un motor eléctrico es aproximadamente 7 veces la I nominal, entonces la corriente de arranque en un arranque directo para este tipo de motor es muy elevada.

OBJETIVOS
<ul style="list-style-type: none">• Cumplir las condiciones de funcionamiento de la práctica.• Lograr el funcionamiento del arranque estrella - delta.• Diseñar un Arranque Manual.• Diseñar un Arranque Automático.

EQUIPOS Y MATERIALES	
<ul style="list-style-type: none">• Contactores• Pulsantes	<ul style="list-style-type: none">• Amperímetros• Multímetros

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Motor • Guardamotor • Conductores • Supervisor de fase | <ul style="list-style-type: none"> • Luces Piloto • Fusibles • Breaker • Temporizador |
|---|---|

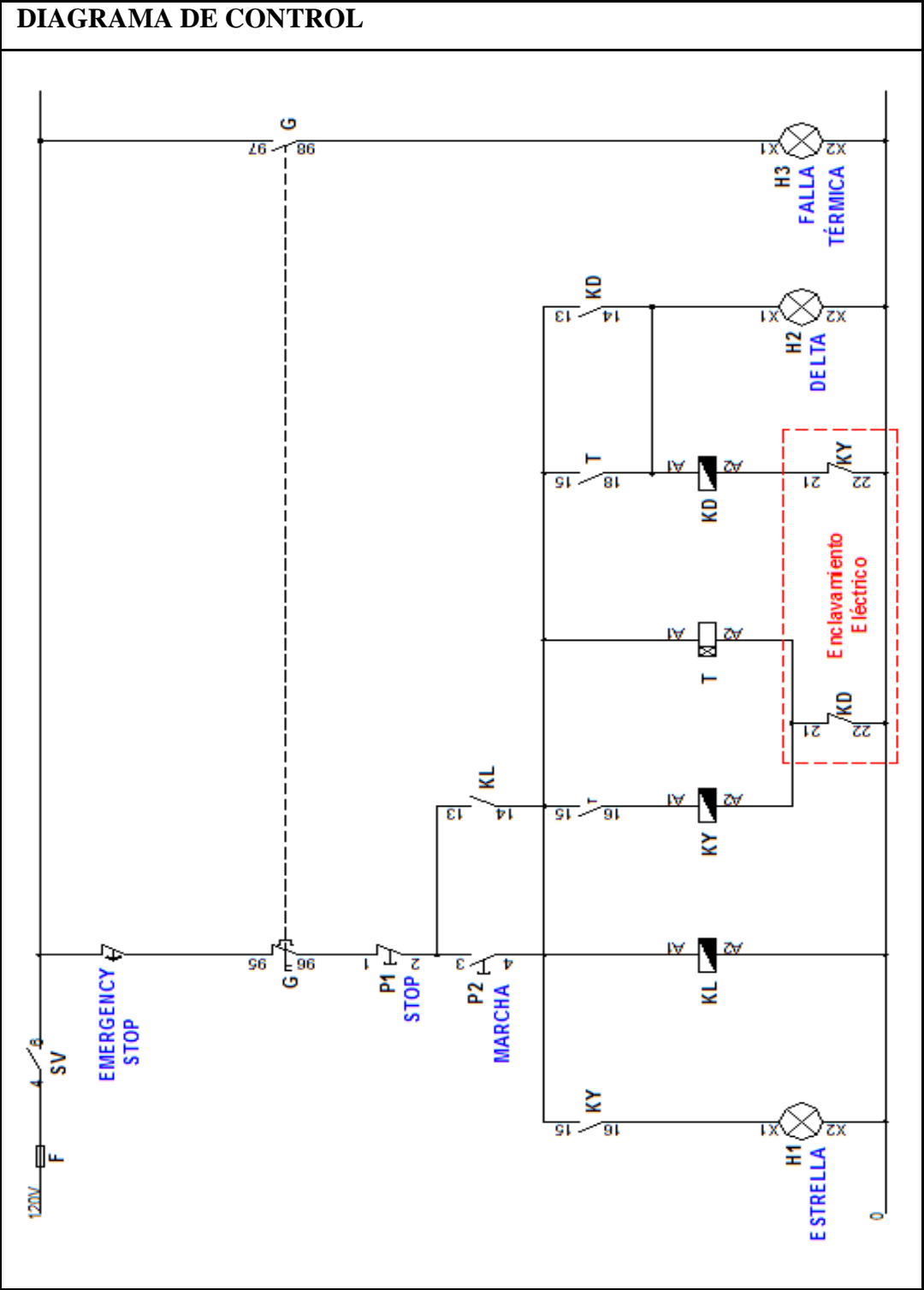
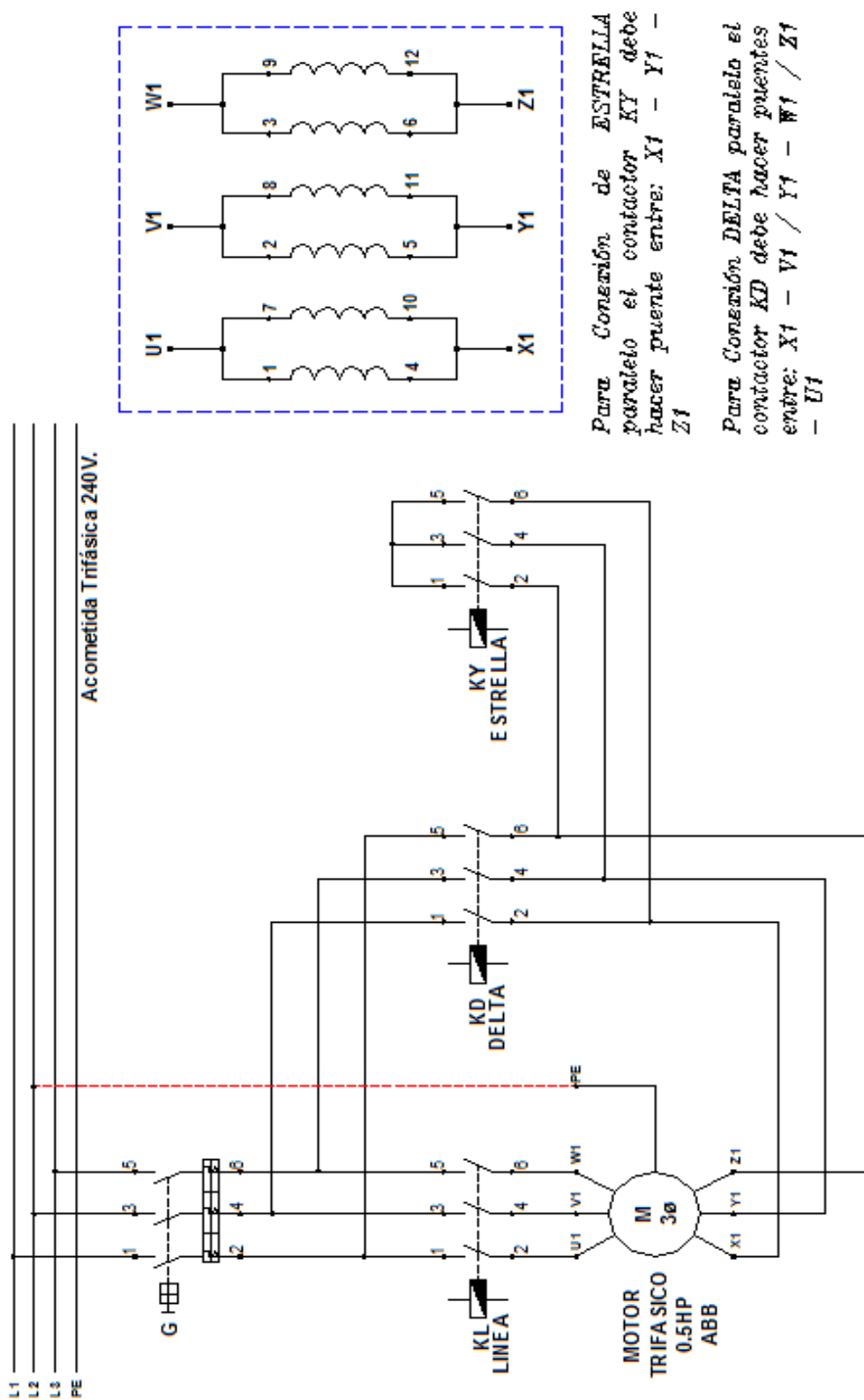


DIAGRAMA DE FUERZA



PROCEDIMIENTO

Hay que realizar dos circuitos:

Circuito de Fuerza

- Alimentación 220 V AC trifásica a la entrada del guardamotor, la salida del guardamotor a la entrada de los dos contactores.
- La salida de los tres contactores a los terminales del motor eléctrico trifásico.
- Conexión del motor de doce terminales, sus bobinas de fase ABC conectarlas en paralelo para poder obtener seis terminales.

Circuito de Control

- Se procede a alimentar el circuito de control con un transformador de 220 V/120 V AC con sus respectivos fusibles de control.
- Se realizan las conexiones en el tablero de control con sus respectivos plugs, pulsador de marcha, pulsador de paro, bobina de tres contactores, de tres luces piloto, un temporizador y supervisor de fase.

DATOS Y CÁLCULOS

Datos de placa:

VLL= 220V AC

I nominal = 1.89 A

Potencia motor = 0.5 HP = 373 W

Cos ϕ = 0.79

Mediciones en vacío conexión estrella:

I = 0.2 A.

VLL = 244 V.

Cálculos en vacío conexión estrella:

$$P = V * I * \sqrt{3} * \cos\phi$$

$$P = 244V * 0.2 * \sqrt{3} * 0.79$$

$$P = 66.77 \text{ W.}$$

Mediciones en vacío conexión delta:

I = 0.9 A.

VLL = 244 V.

Cálculos en vacío conexión delta:

$$P = V * I * \sqrt{3} * \cos\theta$$

$$P = 244V * 0.9 * \sqrt{3} * 0.79$$

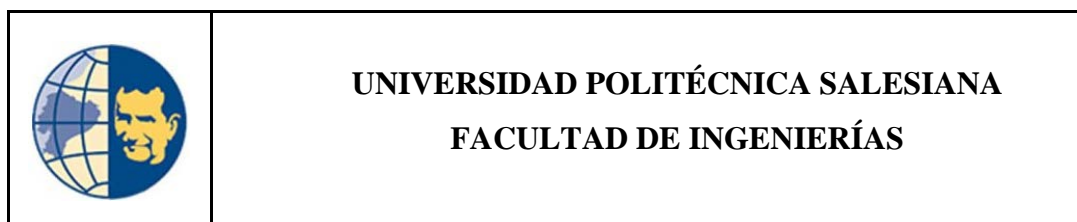
$$P = 300.48 \text{ W.}$$

CONCLUSIONES

La corriente de arranque en este tipo de arrancador, disminuye considerablemente porque al realizar la conexión estrella, aplicándole el VLL 240 V el fase es 140 V, por lo tanto disminuye considerablemente la corriente de arranque en comparación con el del arranque directo.

AUTORES Bolívar Cruz Joan Mestanza	REVISOR Ing. César Cáceres	APROBACIÓN	AUTORIZACIÓN
TESISTAS	TUTOR		

4.3 PRÁCTICA 3: Arranque delta – delta de un motor trifásico



FACULTAD	CARRERA	TEMA DE APRENDIZAJE
Ingenierías	Electrónica	Generar alternativas de Diseño tanto de Control como de Fuerza para el funcionamiento de motores en secuencias de forma Manual o Automática.

PRÁCTICA	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	DURACIÓN
03	Arranque delta – delta de un motor trifásico	2 Horas

FUNDAMENTO

El arranque part winding delta – delta por lo general se lo utiliza para disminuir su corriente en el arranque en motores de 15 HP en adelante, de doce terminales y motores de nueve terminales conexión delta.

OBJETIVOS

- Cumplir las condiciones de funcionamiento de la práctica.
- Lograr el funcionamiento del arranque part winding delta - delta.
- Diseñar un Arranque Manual.
- Diseñar un Arranque Automático.

EQUIPOS Y MATERIALES

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Contactores• Pulsantes• Motor | <ul style="list-style-type: none">• Amperímetros• Multímetros• Fusibles |
|---|---|

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Guardamotor • Conductores • Luces Piloto | <ul style="list-style-type: none"> • Breaker • Temporizador • Supervisor de fase |
|--|---|

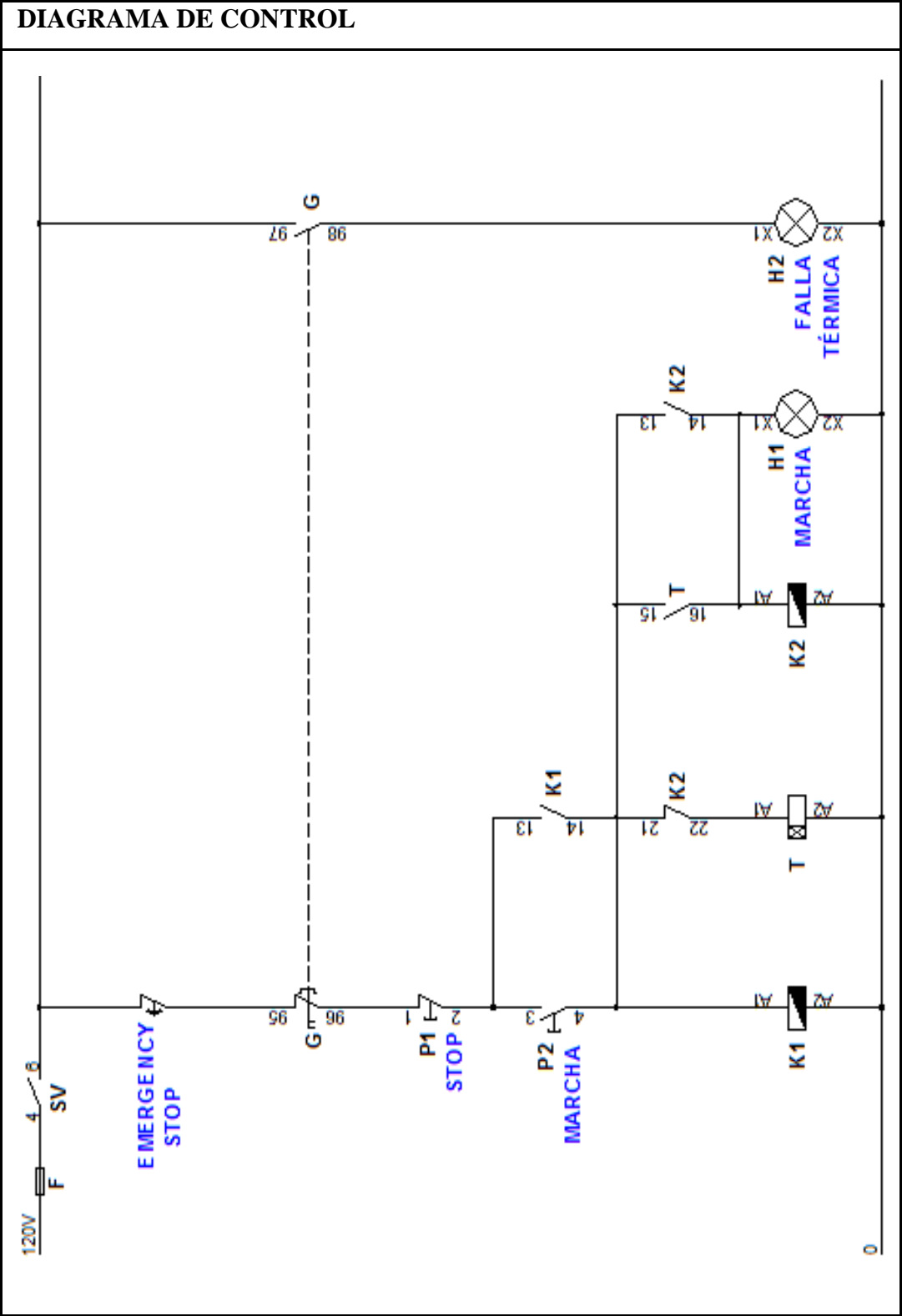
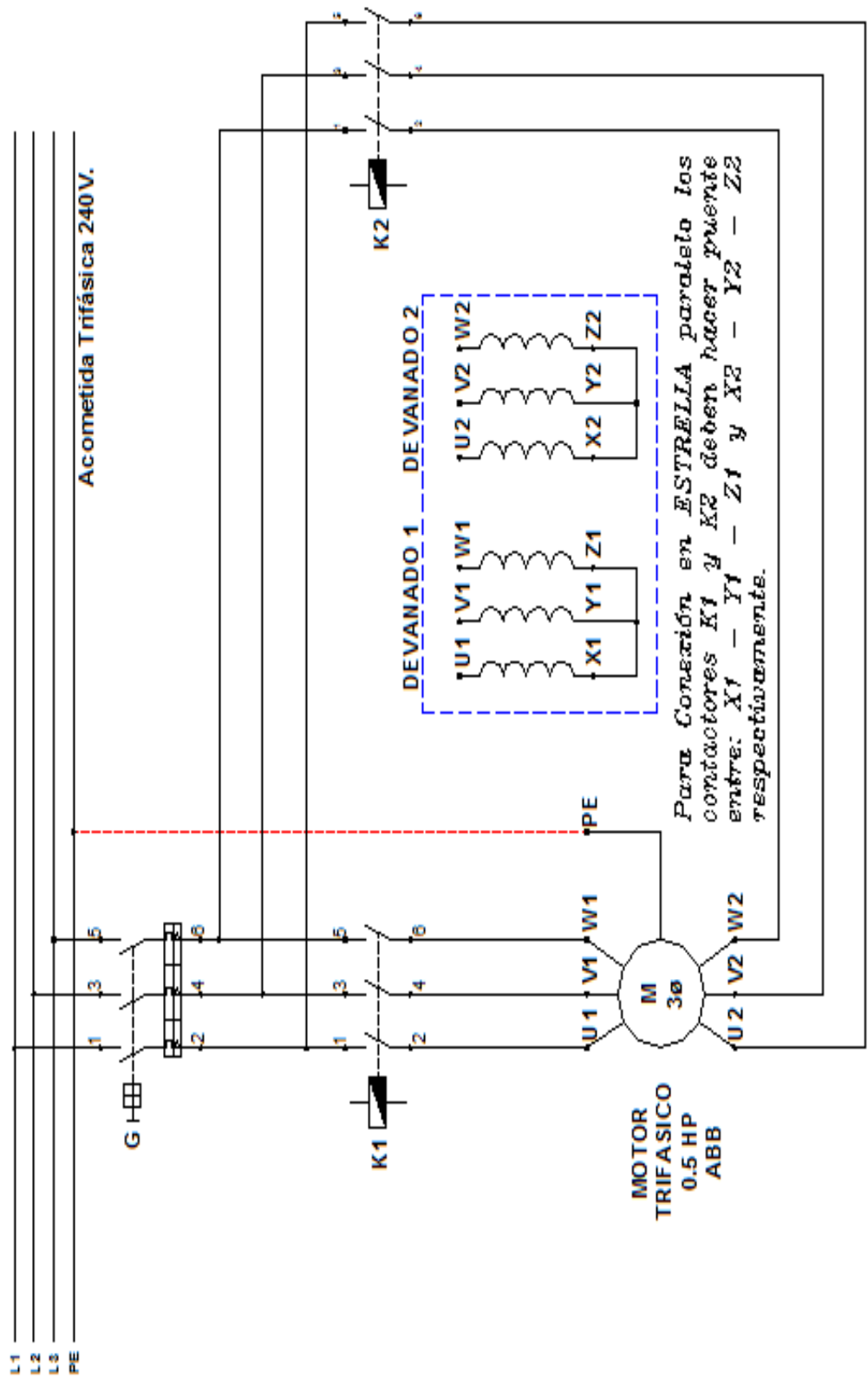


DIAGRAMA DE FUERZA



PROCEDIMIENTO

Hay que realizar dos circuitos:

Circuito de Fuerza

- Alimentación 220 V AC trifásica a la entrada del guardamotor, la salida del guardamotor a la entrada de los dos contactores.
- La salida de los dos contactores a los terminales del motor eléctrico trifásico.
- Conexión del motor de doce terminales, sus bobinas de fase ABC conectarlas en delta independiente para poder obtener seis terminales.

Circuito de Control

- Se procede a alimentar el circuito de control con un transformador de 220 V/120 V AC con sus respectivos fusibles de control.
- Se realizan las conexiones en el tablero de control con sus respectivos plugs, pulsador de marcha, pulsador de paro, bobina de dos contactores, de dos luces piloto, un temporizador y supervisor de fase.

DATOS Y CÁLCULOS

Datos de placa:

VLL= 220V AC

I nominal = 1.89 A

Potencia motor = 0.5 HP = 373 W

Cos ϕ = 0.79

Mediciones en vacío conexión delta parcial:

I = 0.7 A.

VLL = 244 V.

Cálculos en vacío conexión delta parcial:

$$P = V * I * \sqrt{3} * \cos\phi$$

$$P = 244V * 0.7 * \sqrt{3} * 0.79$$

$$P = 233.7 \text{ W.}$$

Mediciones en vacío conexión delta - delta:

I = 0.9 A.

VLL = 244 V.

Cálculos en vacío conexión delta - delta:

$$P = V * I * \sqrt{3} * \cos\phi$$

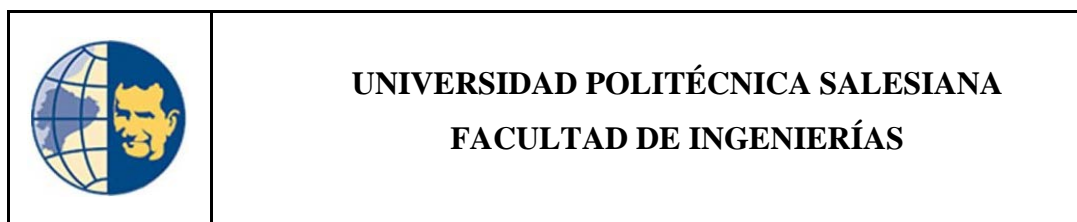
$$P = 244V * 0.9 * \sqrt{3} * 0.79 = 300.48 \text{ W.}$$

CONCLUSIONES

La corriente de arranque en este tipo de arrancador, disminuye aproximadamente a la mitad de la capacidad nominal del motor, porque se está utilizando la mitad de sus bobinas por un tiempo determinado.

AUTORES Bolívar Cruz Joan Mestanza	REVISOR Ing. César Cáceres	APROBACIÓN	AUTORIZACIÓN
TESISTAS	TUTOR		

4.4 PRÁCTICA 4: Arranque estrella – estrella de un motor trifásico



FACULTAD	CARRERA	TEMA DE APRENDIZAJE
Ingenierías	Electrónica	Generar alternativas de Diseño tanto de Control como de Fuerza para el funcionamiento de motores en secuencias de forma Manual o Automática.

PRÁCTICA	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	DURACIÓN
04	Arranque estrella – estrella de un motor trifásico	2 Horas

FUNDAMENTO
El arranque part winding estrella – estrella por lo general se lo utiliza para disminuir su corriente en el arranque en motores de 15 HP en adelante, de doce terminales y motores de nueve terminales conexión estrella.

OBJETIVOS
<ul style="list-style-type: none">• Cumplir las condiciones de funcionamiento de la práctica.• Lograr el funcionamiento del arranque part winding estrella - estrella.• Diseñar un Arranque Manual.• Diseñar un Arranque Automático.

EQUIPOS Y MATERIALES	
<ul style="list-style-type: none">• Contactores• Pulsantes• Motor	<ul style="list-style-type: none">• Amperímetros• Multímetros• Fusibles

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Guardamotor • Conductores • Luces Piloto | <ul style="list-style-type: none"> • Breaker • Temporizador • Supervisor de fase |
|--|---|

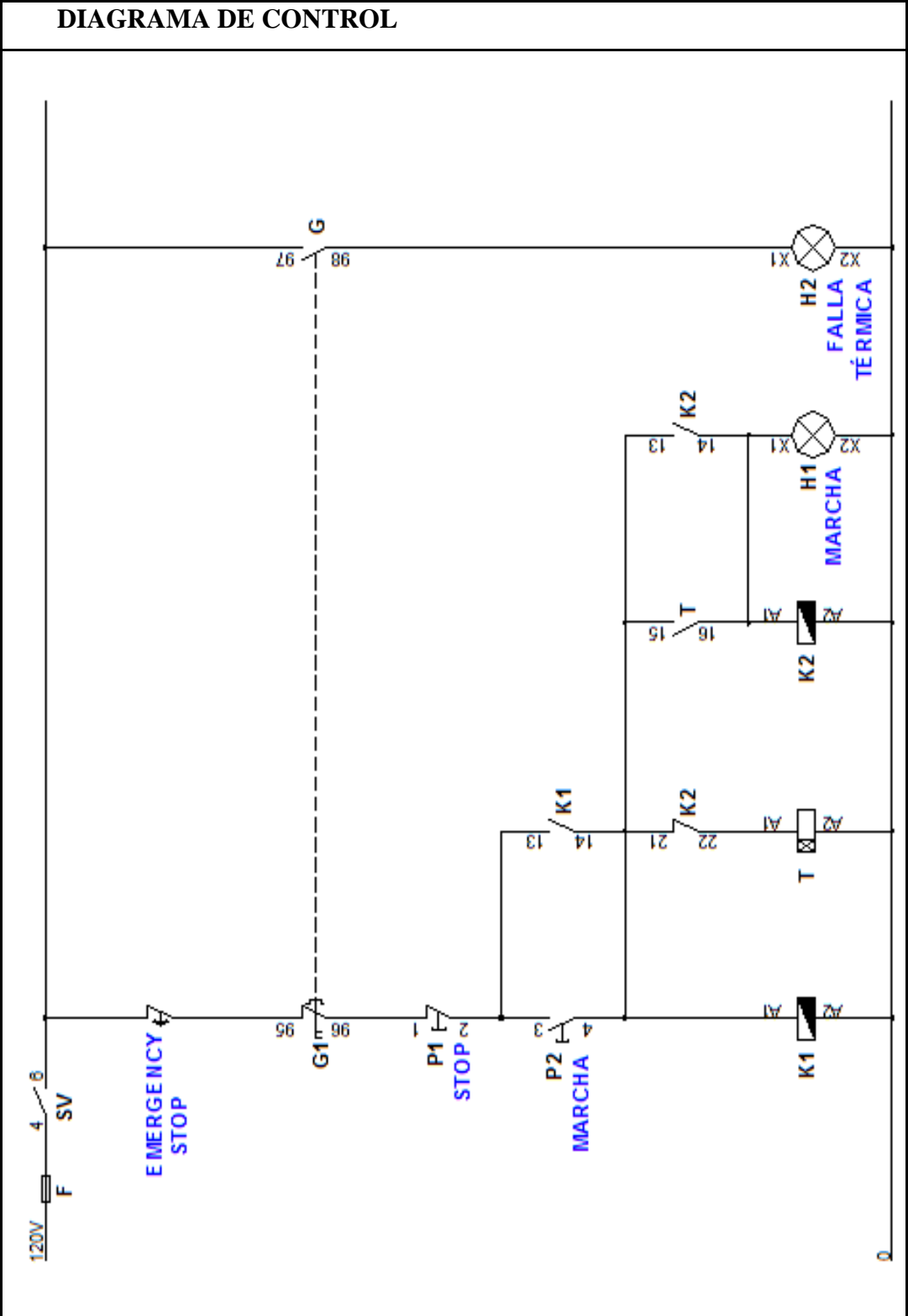
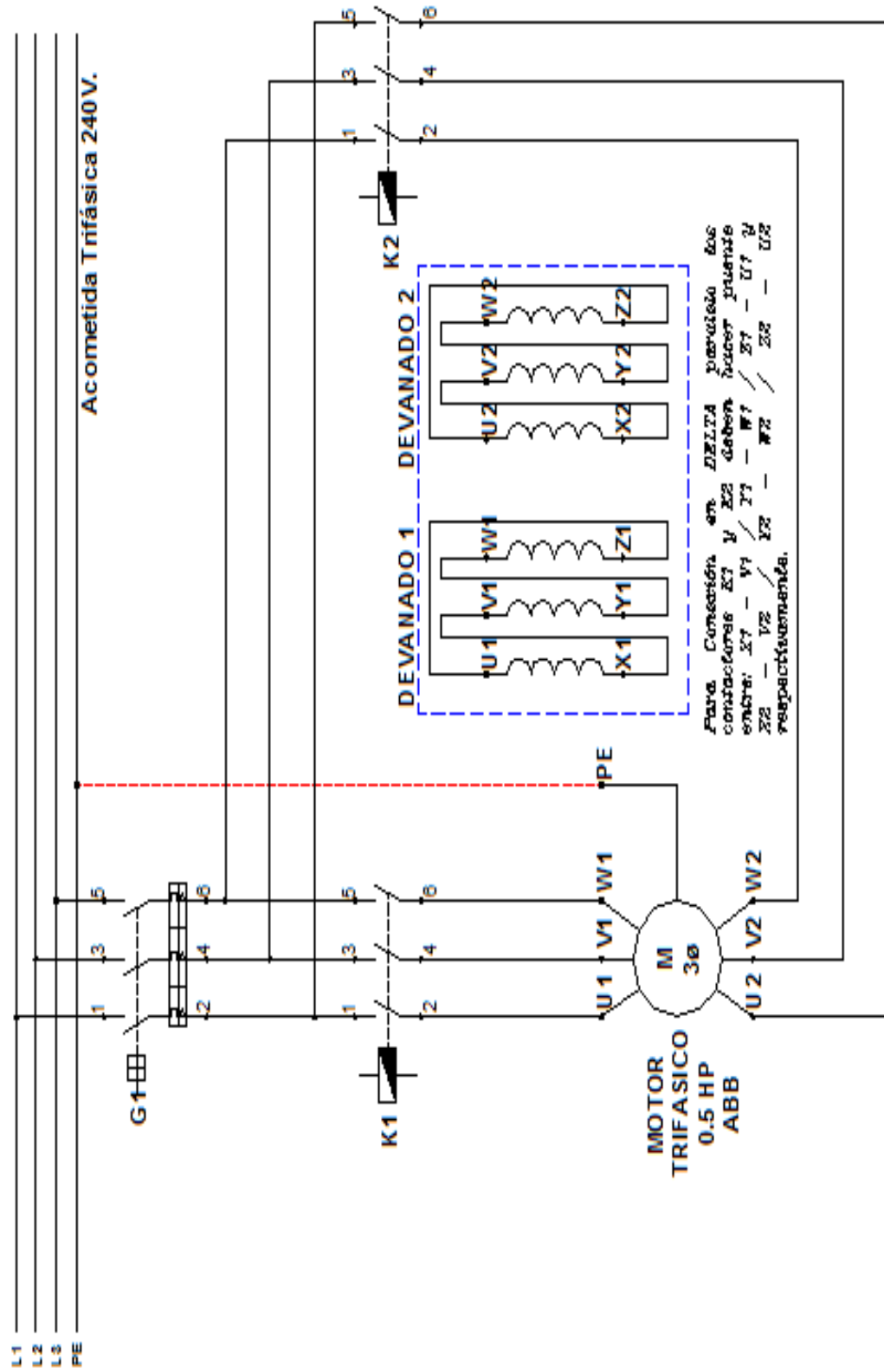


DIAGRAMA DE FUERZA



PROCEDIMIENTO

Hay que realizar dos circuitos:

Circuito de Fuerza

- Alimentación 220 V AC trifásica a la entrada del guardamotor, la salida del guardamotor a la entrada de los dos contactores.
- La salida de los dos contactores a los terminales del motor eléctrico trifásico.
- Conexión del motor de doce terminales, sus bobinas de fase ABC conectarlas en estrella independiente para poder obtener seis terminales.

Circuito de Control

- Se procede a alimentar el circuito de control con un transformador de 220 V/120 V AC con sus respectivos fusibles de control.
- Se realizan las conexiones en el tablero de control con sus respectivos plugs, pulsador de marcha, pulsador de paro, bobina de dos contactores, de dos luces piloto, un temporizador y supervisor de fase.

DATOS Y CÁLCULOS

Datos de placa:

VLL= 220V AC

I nominal = 1.89 A

Potencia motor = 0.5 HP = 373 W

Cos ϕ = 0.79

Mediciones en vacío conexión estrella parcial:

I = 0.2 A.

VLL = 244 V.

Cálculos en vacío conexión estrella parcial:

$$P = V * I * \sqrt{3} * \cos\phi$$

$$P = 244V * 0.2 * \sqrt{3} * 0.79$$

$$P = 66.77 \text{ W.}$$

Mediciones en vacío conexión estrella - estrella:

I = 0.3 A.

VLL = 244 V.

Cálculos en vacío conexión estrella – estrella:

$$P = V * I * \sqrt{3} * \cos\theta$$

$$P = 244V * 0.3 * \sqrt{3} * 0.79 = 100.2 \text{ W.}$$

CONCLUSIONES

La corriente de arranque en este tipo de arrancador, disminuye aproximadamente a la mitad de la capacidad nominal del motor, porque se está utilizando la mitad de sus bobinas por un tiempo determinado.

AUTORES Bolívar Cruz Joan Mestanza	REVISOR Ing. César Cáceres	APROBACIÓN	AUTORIZACIÓN
TESISTAS	TUTOR		

4.5 PRÁCTICA 5: Arranque por medio de variador de frecuencia de un motor trifásico.



FACULTAD	CARRERA	TEMA DE APRENDIZAJE
Ingenierías	Electrónica	Generar alternativas de Diseño tanto de Control como de Fuerza para el funcionamiento de motores en secuencias de forma Manual o Automática.

PRÁCTICA	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	DURACIÓN
05	Arranque por medio de variador de frecuencia de un motor trifásico	2 Horas

FUNDAMENTO
El arranque con variador de frecuencia es muy utilizado en la industria, porque aparte de controlar la corriente en el arranque, da la facilidad de controlar la velocidad del motor volviendo el sistema de control flexible.

OBJETIVOS
<ul style="list-style-type: none"> • Cumplir las condiciones de funcionamiento de la práctica. • Lograr el funcionamiento del arranque por medio de variador de frecuencia. • Diseñar un Arranque Manual, con su respectiva parametrización.

EQUIPOS Y MATERIALES	
<ul style="list-style-type: none"> • Pulsantes • Selector 	<ul style="list-style-type: none"> • Potenciómetro • Variador de frecuencia

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Motor • Conductores • Amperímetros • Multímetros • Fusibles | <ul style="list-style-type: none"> • Breaker • Supervisor de fase |
|---|---|

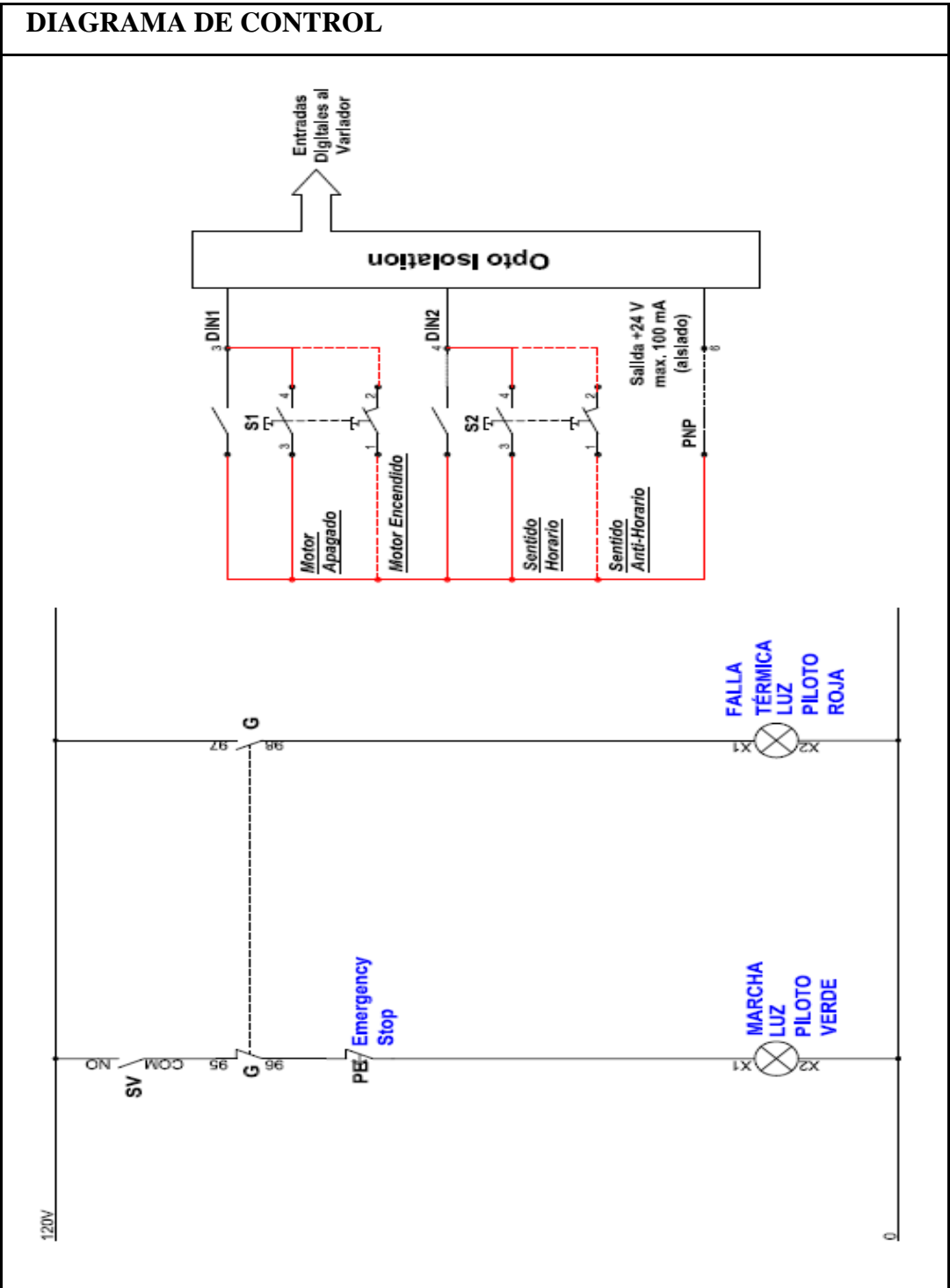


DIAGRAMA DE CONTROL

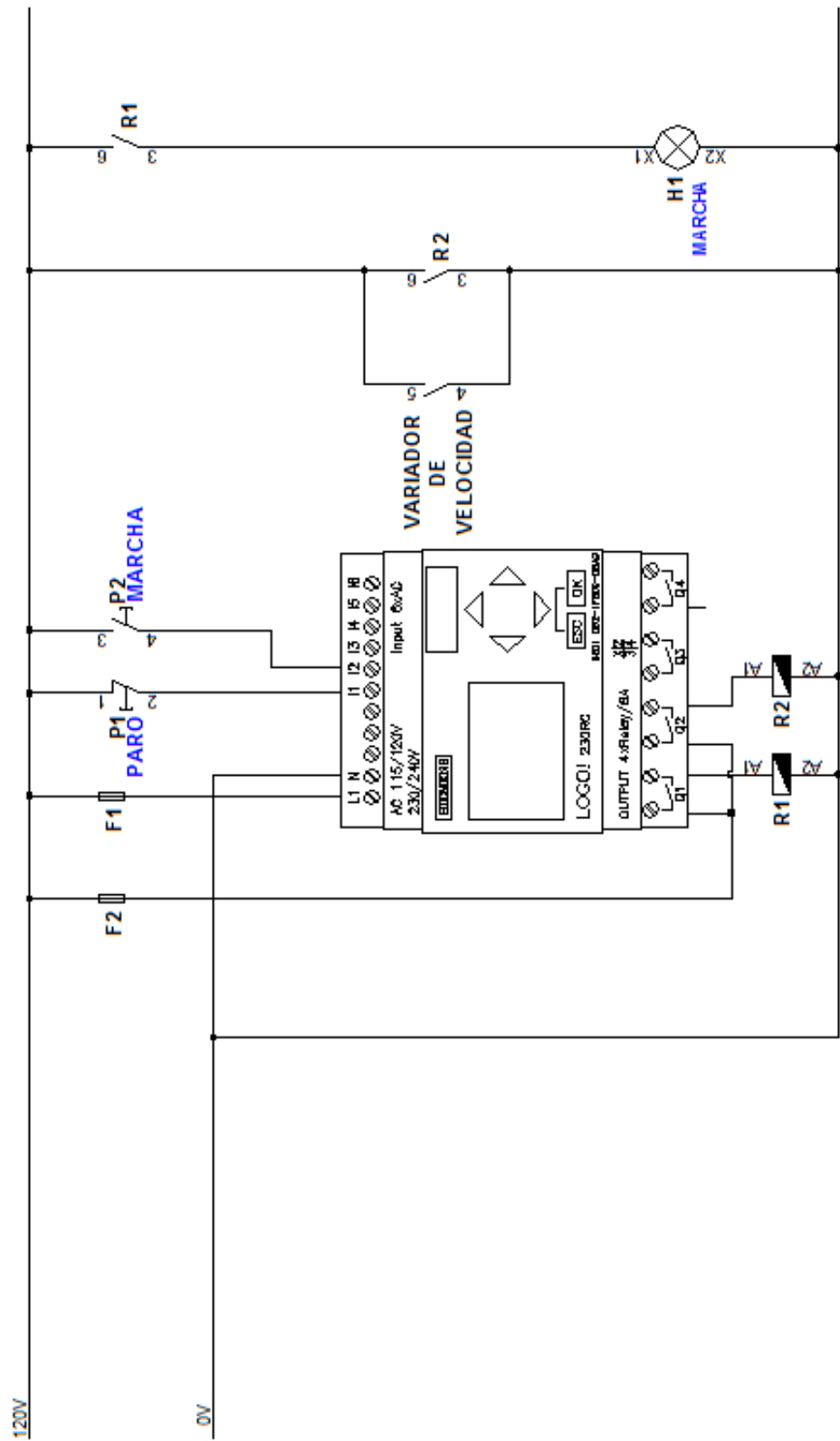
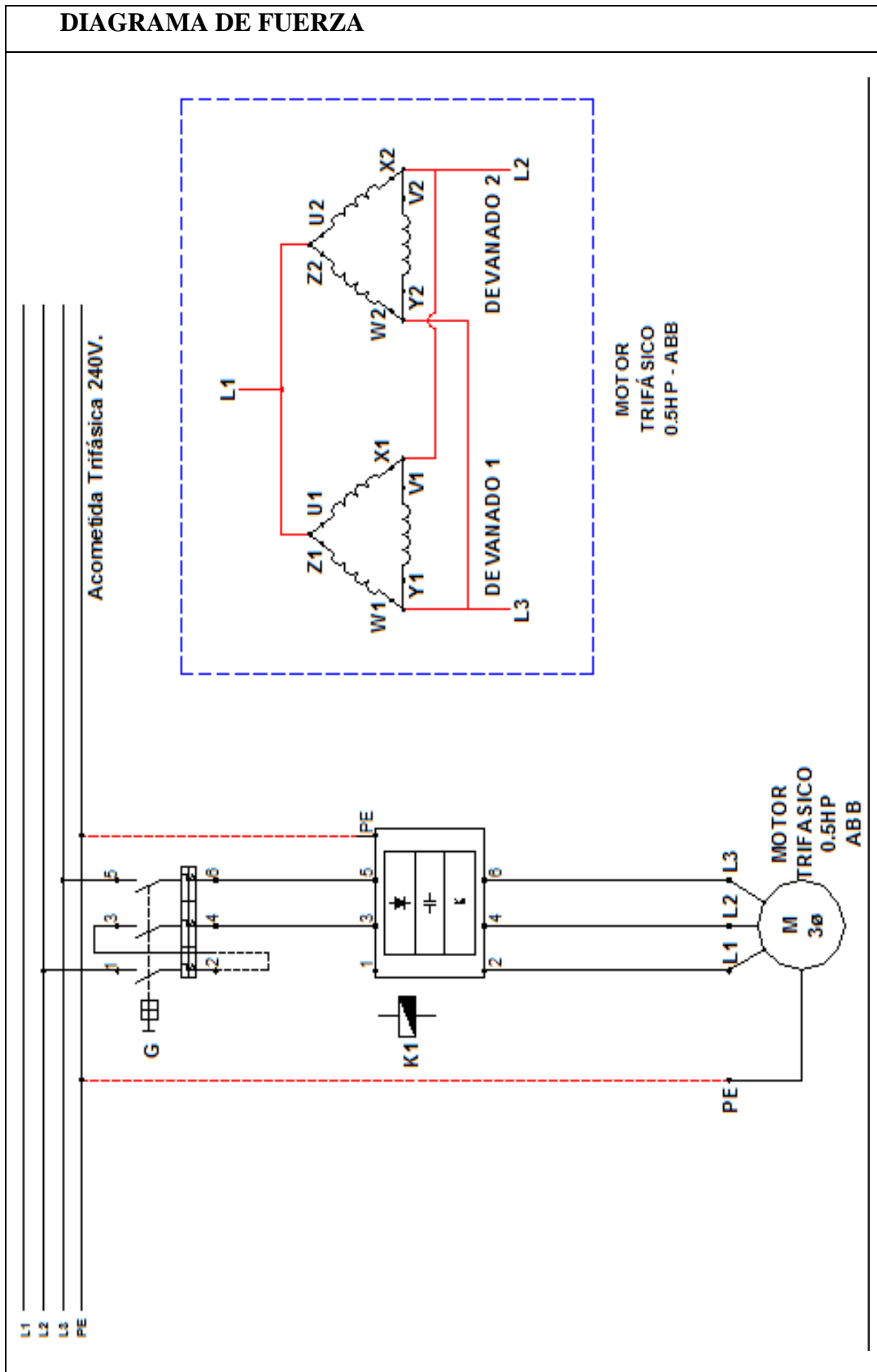


DIAGRAMA DE FUERZA



PROCEDIMIENTO

Hay que realizar dos circuitos:

Circuito de Fuerza

- Alimentación por medio de fusibles a la entrada monofásica del variador 220 V AC.
- La salida de los terminales del variador, se conectan con los terminales del motor eléctrico trifásico 220 V AC delta – delta.

Circuito de Control

- El variador de frecuencia genera su propio voltaje de control, en el cual se procede a conectar según el manual.

DATOS Y CÁLCULOS

Datos de placa:

VLL= 220V AC ; I nominal = 1.89 A

Potencia motor = 0.5 HP \approx 373 W; $\text{Cos}\phi = 0.79$

Mediciones en vacío por medio de variador de frecuencia conexión delta - delta:

I = 0.9 A / 60 HZ; VLL = 246 V.

Cálculos en vacío con datos de mediciones de variador frecuencia conexión delta - delta:

$$P = V * I * \sqrt{3} * \text{cos}\phi$$

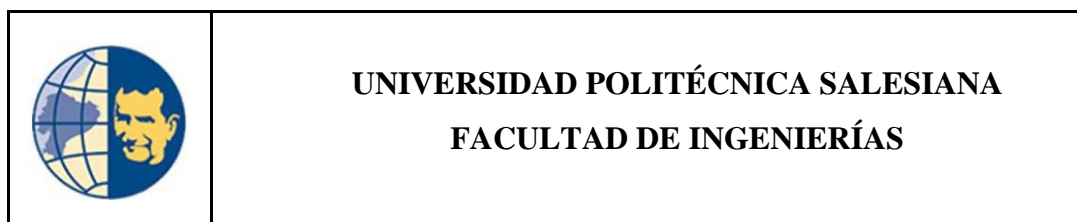
$$P = 246\text{V} * 0.9 * \sqrt{3} * 0.79 = 302 \text{ W.}$$

CONCLUSIONES

La corriente de arranque por medio del variador de frecuencia es amortiguada desde 0 A hasta I nominal, y su velocidad es controlable desde 0 hasta 1740 RPM.

AUTORES Bolívar Cruz Joan Mestanza	REVISOR Ing. César Cáceres	APROBACIÓN	AUTORIZACIÓN
TESISTAS	TUTOR		

4.6 PRÁCTICA 6: Arranque por medio de arrancador suave de un motor trifásico.



FACULTAD	CARRERA	TEMA DE APRENDIZAJE
Ingenierías	Electrónica	Generar alternativas de Diseño tanto de Control como de Fuerza para el funcionamiento de motores en secuencias de forma Manual.

PRÁCTICA	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	DURACIÓN
06	Arranque por medio de arrancador suave de un motor trifásico	2 Horas

FUNDAMENTO
<p>El arrancador suave como su nombre mismo lo indica solo sirve para el arranque, es bastante utilizado en la industria ya que brinda las siguientes ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none">• Disminución de corriente pico en el arranque.• Ahorro de energía eléctrica.• Ahorro en elementos utilizados de fuerza (contactores, guardamotores)

OBJETIVOS
<ul style="list-style-type: none">• Cumplir las condiciones de funcionamiento de la práctica.• Lograr el funcionamiento del arranque por medio de arrancador suave.• Diseñar un Arranque Manual, con su respectiva parametrización.

EQUIPOS Y MATERIALES

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Pulsantes • Selector • Motor • Conductores • Fusibles | <ul style="list-style-type: none"> • Breaker • Supervisor de fase • Arrancador Suave • Amperímetros • Multímetros |
|---|--|

DIAGRAMA DE CONTROL

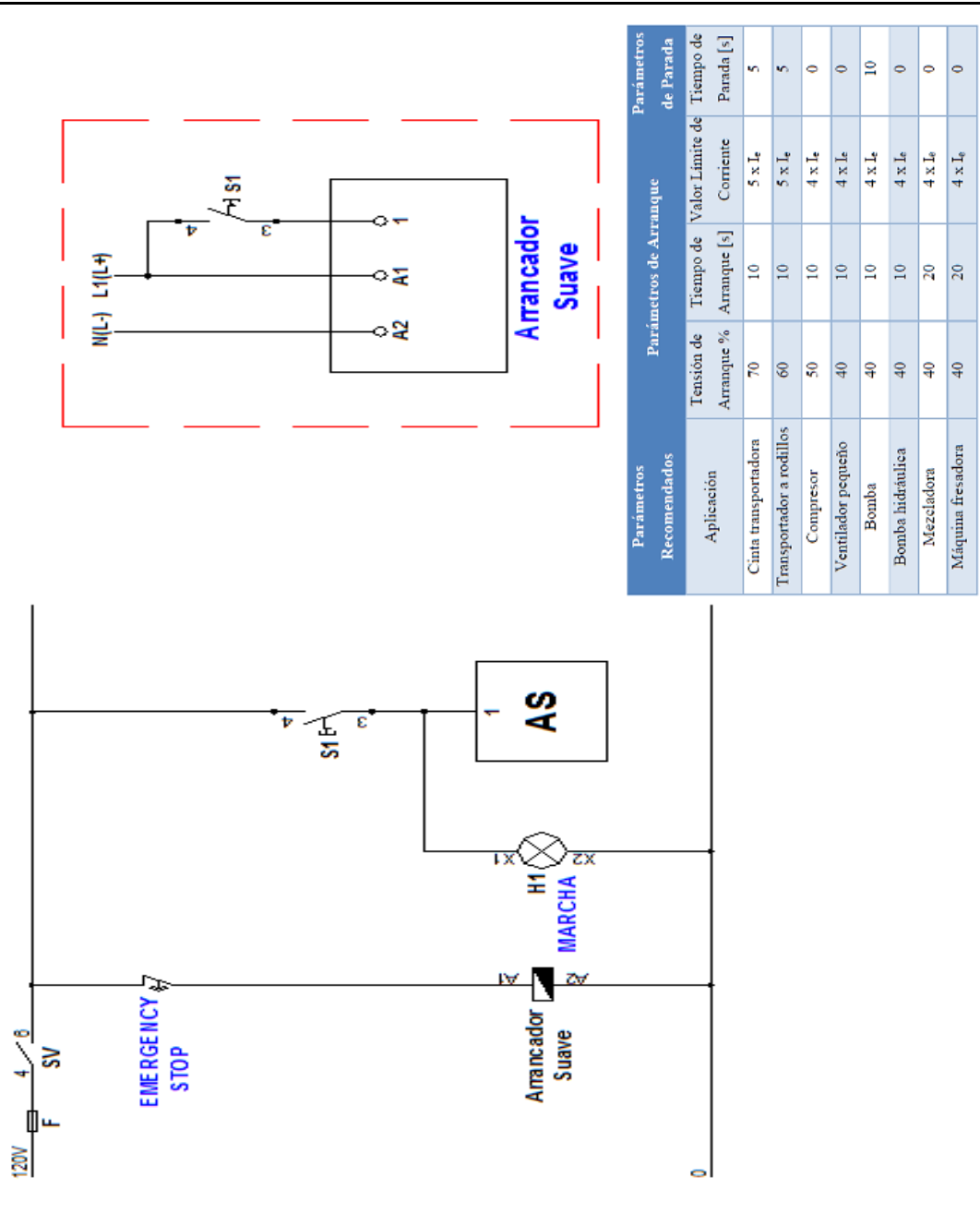
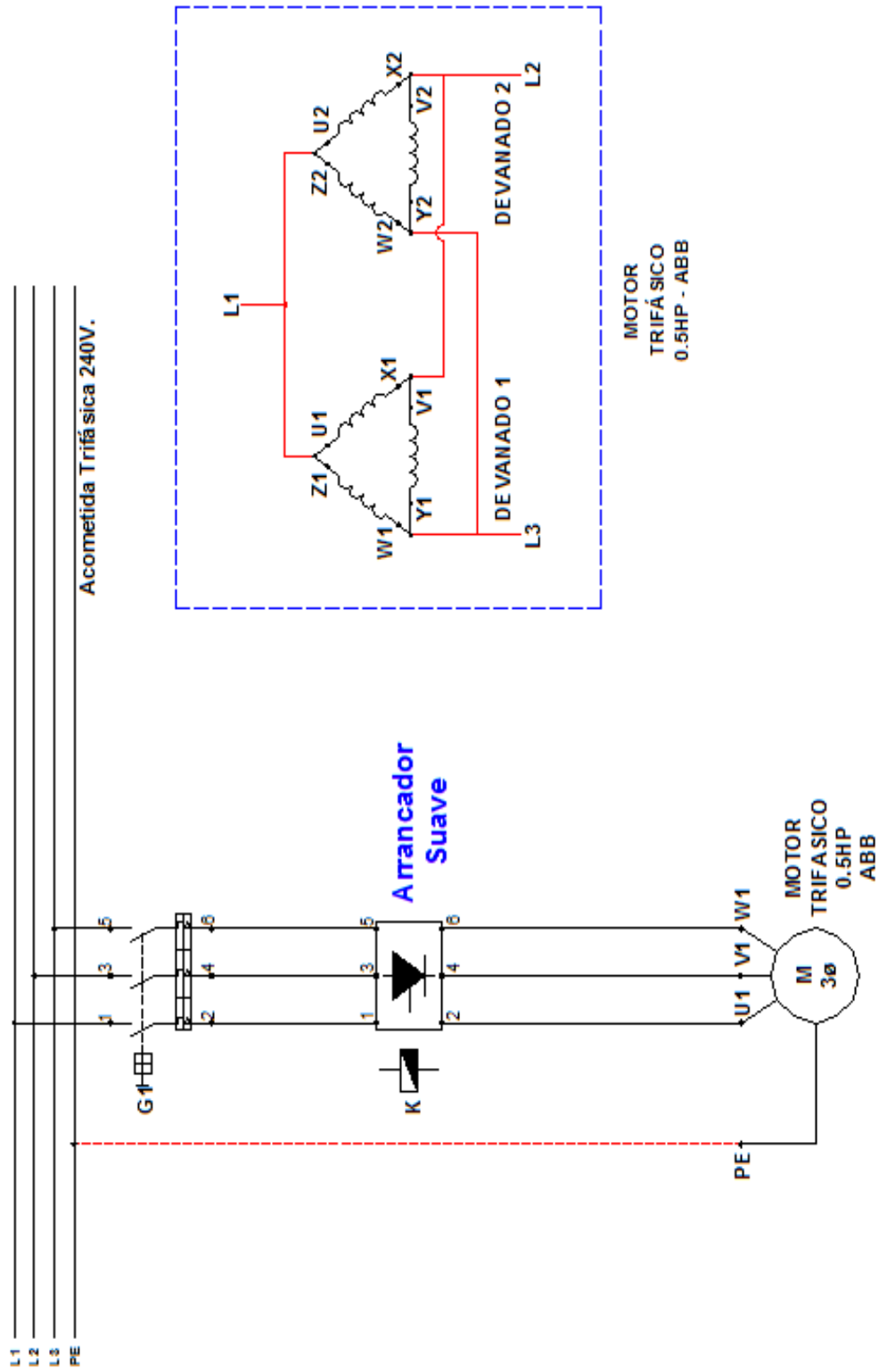


DIAGRAMA DE FUERZA



PROCEDIMIENTO

Circuito de Fuerza

- Alimentación por medio de fusibles a la entrada trifásica del arrancador suave.
- La salida de los terminales del arrancador suave a los terminales de conexión del motor eléctrico trifásico.

Circuito de Control

- Se procede a alimentar el circuito de control con un transformador de 220 V/120 V AC con sus respectivos fusibles de control.
- Se alimenta la bobina del arrancador suave con 120 V AC, y se procede a dar marcha con un selector que excita al equipo con el contacto 1 según el manual.

DATOS Y CÁLCULOS

Datos de placa:

VLL= 220V AC; I nominal = 14 A

Potencia motor = 5.3 HP \approx 4KW; Cos ϕ = 0.88

Mediciones en vacío por medio de arrancador suave:

I = 3 A.; VLL = 240 V.

Cálculos en vacío con datos de mediciones de arrancador suave:

$$P = V * I * \sqrt{3} * \cos\phi = 240V * 3 * \sqrt{3} * 0.88 = 1.1 \text{ KW.}$$

CONCLUSIONES

Para maniobrar este equipo hay que tener bien claro cada parámetro que indique el manual, para así optimizar la vida útil y ahorro de energía eléctrica. Para estas pruebas se necesita un motor de capacidad mínima de 5 HP 220 V AC trifásico.

AUTORES Bolívar Cruz Joan Mestanza	REVISOR Ing. César Cáceres	APROBACIÓN	AUTORIZACIÓN
TESISTAS	TUTOR		

CONCLUSIONES

Este trabajo puede ayudar a mejorar el proceso de enseñanza de los estudiantes, para que estos vayan con noción de procesos industriales que se realizan en cualquier industria y puedan desenvolverse de manera eficaz.

El desarrollo del proyecto del diseño e implementación de las maletas didácticas para secuencia de arranque de motores eléctricos trifásicos de forma manual o automática, fue la aplicación de todos los conocimientos y experiencia obtenida en el proceso de estudio de la carrera Ing. Electrónica mención sistemas industriales en la Universidad Politécnica Salesiana.

En cada desarrollo de las prácticas el estudiante va adquiriendo nuevos conocimientos y desarrollando nuevas destrezas.

Los resultados obtenidos en las prácticas, demuestran que es el complemento que necesitan los estudiantes para pulir sus conocimientos teóricos.

RECOMENDACIONES

El docente o el estudiante antes de usar la maleta didáctica con fines educativos o de mejoras del proceso tendrán que leer el capítulo 4 en donde se detallará la funcionalidad del mismo.

El docente o el estudiante debe tener bien claro el circuito de control del plc para sus respectivas conexiones 120 V AC o 24 V DC.

Es recomendable leer los manuales de operación de cada dispositivo eléctrico y electrónico que forman la maleta didáctica.

Se recomienda también la revisión y constatación de todas las conexiones y protecciones de los equipos eléctricos y electrónicos, para mejorar la vida útil de la maleta didáctica.

CRONOGRAMA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA																									
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MALETAS DIDÁCTICAS CON LOS MINI PLCS LOGO Y ZELIO PARA APLICACIONES EN SECUENCIA DE MOTORES																									
ACTIVIDADES	24-oct-14	01-nov-14	27-nov-14	01-dic-14	10-dic-14	17-dic-15	03-ene-14	04-ene-15	15-ene-15	21-ene-15	27-ene-15	30-ene-15	05-feb-15	19-feb-15	26-feb-15	05-mar-15	13-mar-15	26-mar-15	28-mar-15	29-mar-15	02-abr-15	03-abr-15	04-abr-15		
Diseño de estructura del módulo didáctico	2	2	1	2	2	1																			
Diseño de planos en AutoCAD de diagramas de fuerza y control de las prácticas/compra de materiales para módulo prototipo							3	2	2	2	2	2													
Montaje de elementos y cableado del 1er módulo Didáctico/ Presentación al Director De Carrera/aprobación del módulo/montaje de elementos y cableado del 2do y 3er módulo didáctico													4	5	4										
Montaje de elementos y cableado del 2do y 3er Módulo Didáctico/Desarrollo de documentación Capítulo I & Capítulo II/Pruebas De módulo didáctico/Realización de prácticas																4	5	5	4	3					
Realización de prácticas/desarrollo de documentación Capítulo III & Capítulo IV																					7	5	6		
Total de Horas	2	2	1	2	2	1	3	2	2	2	2	2	4	5	4	4	5	5	4	3	7	5	6		

PRESUPUESTO

En este presupuesto se detallada todos los equipos e insumos que se necesita para ejecutar su construcción.

Este presupuesto fue asumido en su totalidad por los autores de este proyecto.

GRUPO: CRUZ-MESTANZA				
DETALLE DE LOS GASTOS DE 1 MALETA DIDÁCTICA				
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
1	Motor Trifásico 0.5 HP ABB 220/440 V	1	\$ 120,00	\$ 120,00
2	LÁMPARA DE SEÑALIZACIÓN COMPACTA 22 MM PLÁSTICO REDONDO LED INTEGRADO 120 AC AMARILLA	1	\$ 7,92	\$ 7,92
3	LÁMPARA DE SEÑALIZACIÓN COMPACTA 22 MM PLÁSTICO REDONDO LED INTEGRADO 120 AC VERDE	2	\$ 7,92	\$ 15,84
4	LÁMPARA DE SEÑALIZACIÓN COMPACTA 22 MM PLÁSTICO REDONDO LED INTEGRADO 120 AC ROJA	1	\$ 7,92	\$ 7,92
5	STOP DE EMERGENCIA 22 MM PLÁSTICO PULSADOR HONGO 40MM	1	\$ 11,86	\$ 11,86
6	SELECTOR METAL 22MM (I- O) SIEMENS	1	\$ 15,84	\$ 15,84
7	KIT DE PROGRAMACIÓN POR PC VARIADOR SINAMICS G110	1	\$ 66,31	\$ 66,31

8	CONTACTOR G.E. 9A 1NO+1NC BOBINA 120V	3	\$ 30,00	\$ 90,00
9	GUARDAMOTOR SURION (1 - 1,6A)	1	\$ 48,25	\$ 48,25
10	CONTACTOS 1NO+1NC AUXILIARES DE GUARDAMOTOR	1	\$ 15,21	\$ 15,21
11	TEMPORIZADOR EN 120V	1	\$ 45,80	\$ 45,80
12	POTENCIÓMETRO 5K 10VUELTAS	2	\$ 65,00	\$ 130,00
13	PERILLA GIRATORIA 0-999 PARA POT	2	\$ 36,00	\$ 72,00
14	BLOQUE AUXILIAR PARA CONTACTORES 1NC + 1NO	3	\$ 5,00	\$ 15,00
15	DISYUNTOR TRIFÁSICO 3P- 30AMP	1	\$ 16,80	\$ 16,80
16	BASES PORTA FUSIBLES 10X38MM - 32AMP	8	\$ 2,50	\$ 20,00
17	BASES SOCKET PARA RÉLES	4	\$ 4,00	\$ 16,00
18	RÉLES AUXILIARES EN 120V	4	\$ 8,00	\$ 32,00
19	FUSIBLES DE 2 AMP TIPO 10X38MM	8	\$ 1,00	\$ 8,00
20	SUPERVISOR TRIFÁSICO ICM 408	1	\$ 95,85	\$ 95,85
21	ARRANCADOR SUAVE DE 25 AMP SIEMENS	1	\$ 270,27	\$ 270,27
22	PLC LOGO CON PUERTO Ethernet Siemens	1	\$ 265,00	\$ 265,00
23	TRANSFORMADOR 110 V / 220 V MONOFÁSICO 75VA	1	\$ 50,20	\$ 50,20
24	VARIADOR SINAMICS G110 0,5 HP - 220 SIEMENS	1	\$ 189,78	\$ 189,78
25	PANEL DE OPERADOR	1	\$ 41,79	\$ 41,79

	BÁSICO (BOP)			
26	ELABORACIÓN DE BORNAS Y SERIGRAFÍA	1	\$ 50,00	\$ 50,00
27	CONSTRUCCIÓN DE MALETA DIDÁCTICA	1	\$ 220,00	\$ 220,00
28	TOMACORRIENTE TIPO TORSIÓN TRIFÁSICO DE 30 AMP	2	\$ 25,00	\$ 50,00
29	ENCHUFE TIPO TORSIÓN TRIFÁSICO	2	\$ 18,00	\$ 36,00
30	PLACA METÁLICA PARA ENCHUFE	2	\$ 2,00	\$ 4,00
31	METROS DE CABLE CONCÉNTRICO 3X14 DE ALIMENTACIÓN	2	\$ 1,20	\$ 2,40
32	BORNERAS AISLADAS	218	\$ 0,90	\$ 196,20
33	PLUG TIPO BANANA AISLADAS	250	\$ 0,90	\$ 225,00
34	CABLE SUPER FLEXIBLE PARA ARMAR PLUGS	100	\$ 0,45	\$ 45,00
35	MATERIALES PEQUEÑOS TALES COMO: CANALETA PLÁSTICA RANURADA- AMARRAS PLÁSTICAS- CINTA ESPIRAL- TERMINALES DE PUNTA- TERMINALES DE OJO- TORNILLOS AUTO ROSCABLES, RIEL DIN-ETC.	1	\$ 120,00	\$ 120,00
36	MATERIALES EXTRA: CABLE#16 - CABLE#14	300	\$ 0,65	\$ 195,00
37	MATERIALES DE OFICINA	1	\$ 50,00	\$ 50,00
SUBTOTAL				\$ 2.861,24
IVA				\$ 343,35
TOTAL				\$ 3.204,59

GRUPO: CRUZ-MESTANZA				
DETALLE DE LOS GASTOS DE 1 MAQUETA DEMOSTRATIVA				
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
1	MOTOR SIEMENS 0.5 HP 6 TERMINALES	2	\$ 130,00	\$ 260,00
2	SERIGRAFÍA PARA CONEXIÓN DE MOTORES	2	\$ 7,50	\$ 15,00
3	MESA PARA SECUENCIA DE MOTORES	1	\$ 110,00	\$ 110,00
4	MATERIALES VARIOS: PLUGS Y PLACA PARA BASE DE MOTOR	1	\$ 20,00	\$ 20,00
SUBTOTAL				\$ 405,00
IVA				\$ 48,60
TOTAL				\$ 453,60

GRUPO: CRUZ-MESTANZA				
DETALLE DE LOS GASTOS TOTALES POR 3 MALETAS DIDACTICAS				
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
1	DETALLE DE LOS GASTOS DE MALETA DIDÁCTICA	3	\$ 2.861,24	\$ 8.583,72
2	DETALLE DE LOS GASTOS DE MAQUETA	1	\$ 405,00	\$ 405,00
3	GASTOS DE MOVILIZACIÓN	1	\$ 50,00	\$ 50,00
4	IMPREVISTOS	1	\$ 50,00	\$ 50,00
SUBTOTAL				\$ 9.088,72
IVA				\$ 1.090,65
TOTAL				\$ 10.179,37

REFERENCIAS.

Área Tecnología. (26 de Marzo de 2015). *Potenciómetro*. Obtenido de <http://www.areatecnologia.com/electronica/potenciometro.html>

Bastian, P., Eichler, W., Huber, F., Jaufmann, N., Manderla, J., Spielvogel, O., . . . Tkotz, K. (2000). *Electrotécnica*. Madrid: Akal.

Bricos. (8 de Noviembre de 2012). *Temporizadores: Clases y funcionamiento*. Obtenido de <http://bricos.com/2012/11/temporizadores-clases-y-funcionamiento/>

Brown, M. (10 de Diciembre de 1997). *Accionamientos Estándar Siemens*. Obtenido de Manual de Aplicaciones: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/404/5824404/att_47647/v1/Accionamientos_Estndar_Siemens.pdf

Endesa Educa. (2010). *Funcionamiento de los Transformadores*. Obtenido de http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/conceptos-basicos/funcionamiento-de-los-transformadores

FUSELCO LTDA. (2010). *Características Eléctricas y Mecánicas de los Fusibles*. Obtenido de Definición del Fusible Eléctrico: http://www.fusibles.cl/files/memorias/mem_1_1252620101.pdf

Hoffmann, I. C. (2 de Marzo de 2004). *Manual de Motores Eléctricos*. WEG Exportadora. Obtenido de http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_el%C3%A9ctrico

ICM Controls. (1 de Febrero de 2015). *ICM 408*. Obtenido de http://www.icmcontrols.com/ProdImages/ss_LIS120-1.pdf

MicroStrategy. (12 de Marzo de 2013). *Definición de un Selector*. Obtenido de http://www2.microstrategy.com/producthelp/9.3.1/WebUser/WebHelp/Lang_3082/Defining_a_selector.htm

Páez Rivera, O. (9 de Abril de 2015). *Definiciones en Control Automático*. Obtenido de www.automaticausach.cl/asignaturas/.../304_Definiciones_en_Control.pd...

Siemens. (2007). *Arrancadore Suaves SIRIUS*. Obtenido de www.siemens.com/lowvoltage/technical-assistance

Tuningpedia. (25 de Mayo de 2008). *Portafusibles*. Obtenido de <http://www.tuningpedia.org/general/portafusibles>

Universidad del País Vasco. (9 de Noviembre de 2004). *Autómatas Programables*. Obtenido de El PLC: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMHI/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm>

Velasquez. (3 de Marzo de 2007). *Los Relés Electromagnéticos*. Obtenido de http://www.velasquez.com.co/aplicaciones/AN_Reles_electromagneticos.pdf

Vilches. (2004). Obtenido de El Pulsador: <http://www.upnfm.edu.hn/bibliod/images/stories/xxtindustrial/libros%20de%20electricidad/Controles%20Electromecanicos/CONTACTORES%20Y%20ACTUADORES.pdf>

Vilches, E. (2004). *Contactores y Actuadores*. Obtenido de El Disyuntor: <http://www.upnfm.edu.hn/bibliod/images/stories/xxtindustrial/libros%20de%20electricidad/Controles%20Electromecanicos/CONTACTORES%20Y%20ACTUADORES.pdf>

Vilches, E. (2004). *El Contactor*. Obtenido de <http://www.upnfm.edu.hn/bibliod/images/stories/xxtindustrial/libros%20de%20electricidad/Controles%20Electromecanicos/CONTACTORES%20Y%20ACTUADORES.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1

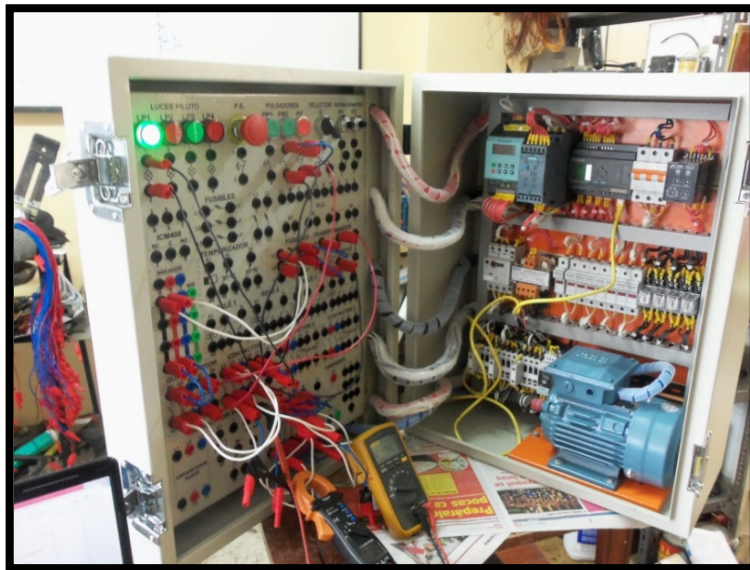
Imágenes pruebas de funcionamiento en campo arranque directo

Medición de corriente y voltaje en el arranque directo



Fuente: Los autores, 2015

Cableado de control y fuerza del arranque directo



Fuente: Los autores, 2015

ANEXO 2

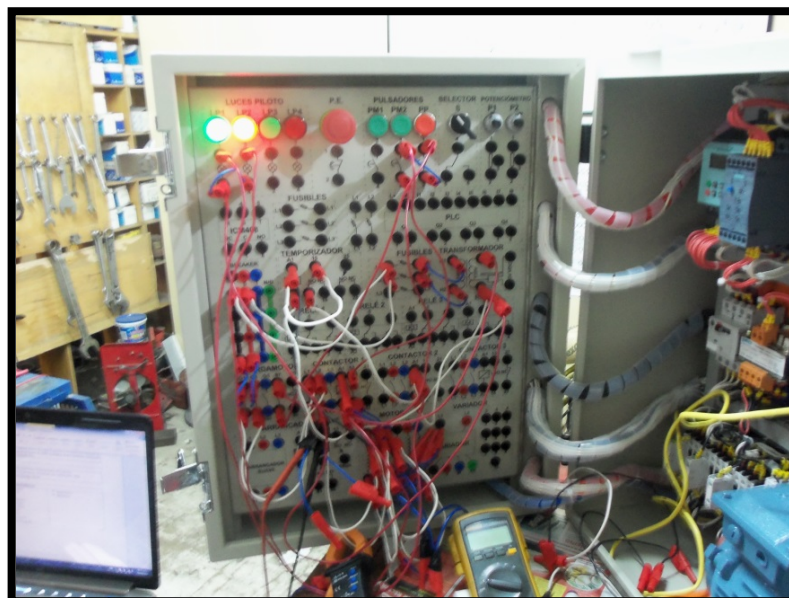
Imágenes pruebas de funcionamiento en campo arranque por devanados parciales
delta – delta

Cableado de control y fuerza del arranque por devanados parciales delta-delta



Fuente: Los autores, 2015

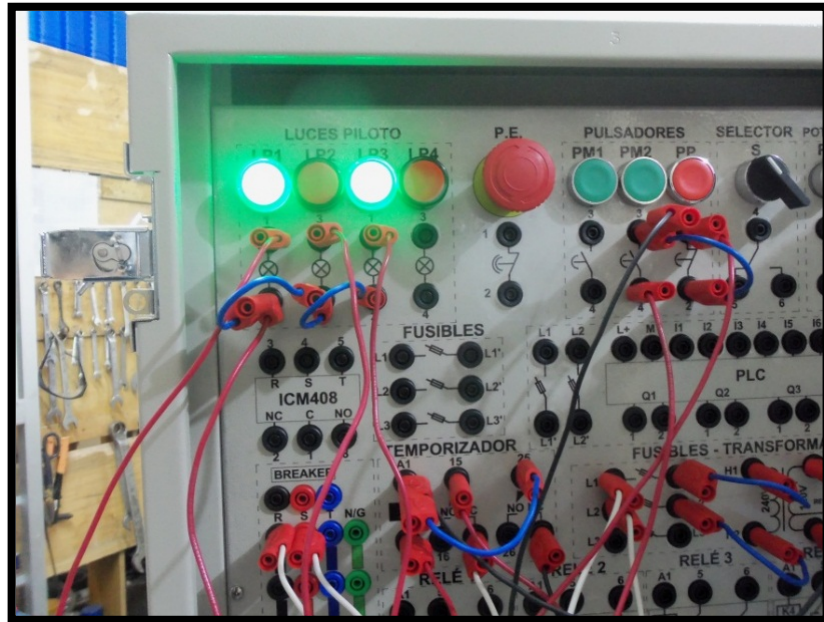
Medición de corriente y voltaje del arranque por devanados parciales delta – delta



Fuente: Los autores, 2015

ANEXO 3

Imágenes pruebas de funcionamiento en campo arranque estrella – delta
Cableado de control y fuerza del arranque estrella-delta



Fuente: Los autores, 2015

Medición de corriente y voltaje del arranque estrella – delta



Fuente: Los autores, 2015

ANEXO 4

Imágenes pruebas de funcionamiento en campo operación de un motor mediante
Arrancador Suave

Cableado de control y fuerza del arrancador suave para la operación de un motor de
5HP 220V AC trifásico



Fuente: Los autores, 2015

Medición de corriente del arrancador suave para la operación de un motor de 5HP
220V AC trifásico



Fuente: Los autores, 2015

ANEXO 5

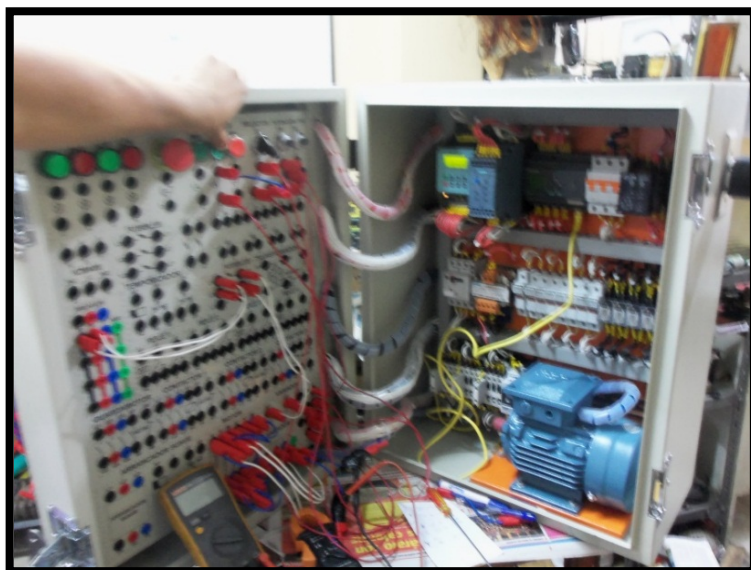
Imágenes pruebas de funcionamiento en campo operación de un motor mediante
Variador de Frecuencia

Parametrización del variador de frecuencia según el manual de instrucciones



Fuente: Siemens, 2015

Cableado de control y fuerza del variador de frecuencia con un motor de 0.5 HP
trifásico



Fuente: Los autores, 2015

ANEXO 6

Parametrización básica del variador de frecuencia *SINAMIC G110*

Pasos a seguir para la respectiva configuración del variador.

Para la puesta en servicio rápida (P0010=1) se requieren los parámetros siguientes:

Puesta en servicio (P0010=1)

No	Nombre	Nivel de acceso	Cstat
P0100	Europa / Norte América	1	C
P0304	Tensión nominal del motor	1	C
P0305	Corriente nominal del motor	1	C
P0307	Potencia nominal del motor	1	C
P0308	CosPhi nominal del motor	3	C
P0309	Rendimiento nominal del motor	3	C
P0310	Frecuencia nominal del motor	1	C
P0311	Velocidad nominal del motor	1	C
P0335	Ventilación del motor	3	CT
P0640	Factor de sobrecarga del motor [%]	3	CUT
P0700	Selección de la fuente de órdenes	1	CT
P1000	Selección de la consigna de frecuencia	1	CT
P1080	Velocidad Mín.	1	CUT
P1082	Velocidad Máx.	1	CT
P1120	Tiempo de aceleración	1	CUT
P1121	Tiempo de deceleración	1	CUT
P1135	Tiempo de deceleración OFF3	3	CUT
P1300	Modo de control	2	CT
P3900	Fin de la puesta en servicio	1	C

Fuente: Siemens, 2015

ANEXO 7

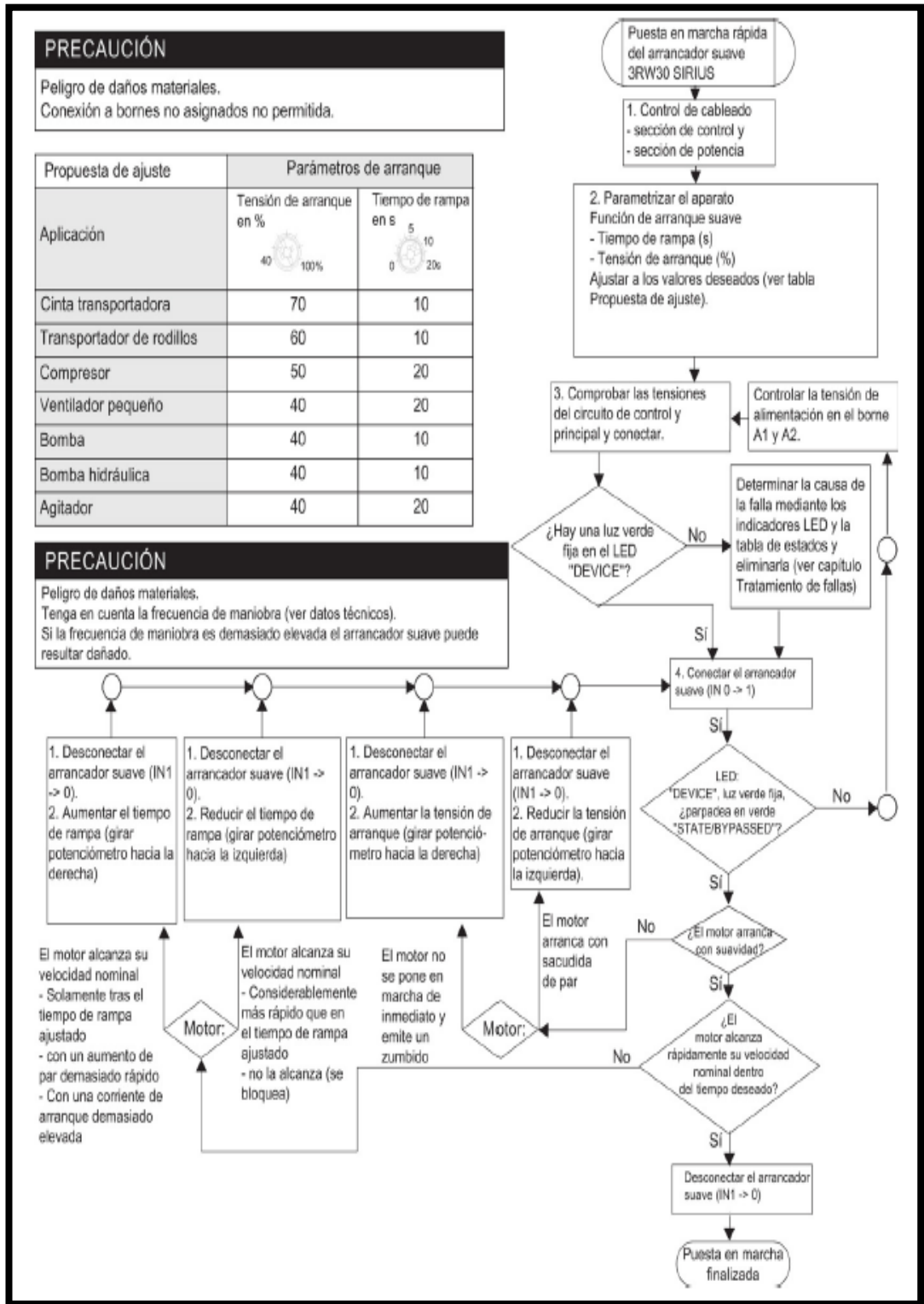
Datos técnicos del variador de frecuencia SINAMIC G110

SINAMICS G110					
Datos técnicos					
Tamaño constructivo	A		A con disipador plano	B	C
Potencia	0,12 ... 0,37 kW	0,55 ... 0,75 kW	0,12 ... 0,75 kW	1,1 ... 1,5 kW	2,2 ... 3 kW
Intensidad asignada de entrada (a 230 V)	2,3 ... 6,2 A	7,7 ... 10 A	2,3 ... 10 A	14,7 ... 19,7 A	27,2 ... 35,6 A
Intensidad asignada de salida (a 40 °C)	0,9 ... 2,3 A	3,2 ... 3,9 A	0,9 ... 3,9 A	6 ... 7,8 A	11 ... 13,6 A
Datos mecánicos					
Grado de protección	IP20				
Temperatura de servicio	-10 ... +40 °C, hasta +50 °C con derating				
Ancho × Alto × Profundidad (mm)	90 × 150 × 116	90 × 150 × 131	90 × 150 × 101	140 × 160 × 142	184 × 181 × 152
Datos eléctricos					
Tensión de red	1 AC 200 ... 240 V ±10 %				
Frecuencia de red	47 ... 63 Hz				
Capacidad de sobrecarga	Corriente de sobrecarga 1,5 × corriente asignada a la salida (es decir, 150 % sobrecarga) durante 60 s, a continuación 0,85 × corriente asignada de salida durante 240 s, tiempo de ciclo 300 s				
Frecuencia de salida	0 ... 650 Hz				
Frecuencia de pulsación	8 kHz (estándar), 2 ... 16 kHz (en escalones de 2 kHz)				
Rango de frecuencias inhibibles	1, parametrizable				
Rendimiento del convertidor	En equipos < 0,75 kW: 90 ... 94 %, en equipos ≥ 0,75 kW: 95 %				
Filtro CEM	Variante con filtro CEM integrado de clase A/B				
Entradas digitales	Hasta 4				
Salidas digitales	1 salida por optoacoplador con aislamiento galvánico (24 V DC, 50 mA, óhm., tipo NPN)				
Entrada analógica	Variante con una entrada analógica (también utilizable como entrada digital)				
Interfaces de comunicación	Variante con interfaz serie RS485 para funcionar con protocolo USS				
Funciones					
Métodos de control/regulación	<ul style="list-style-type: none"> • Característica U/f lineal (con elevación de tensión parametrizable) • Característica U/f cuadrática • Característica multipunto (característica U/f parametrizable) 				
Funciones operativas	<ul style="list-style-type: none"> • Modo manual a impulsos • Rearranque automático tras un paro provocado por un corte de red • Conexión suave del convertidor al motor girando (rearranque al vuelo) 				
Frecuencias fijas	3, parametrizables				
Funciones de freno	Frenado por inyección de corriente continua, frenado combinado				
Funciones de protección	Subtensión, sobretensión, defecto a tierra, cortocircuito, vuelco del motor, protección térmica de motor I^2t , sobretemperatura en convertidor, sobretemperatura en motor				
Motores aptos para conectar	Motores asíncronos de baja tensión				
Longitud máx. del cable al motor	25 m (apantallado), 50 m (no apantallado)				
Normas					
Conformidad con normas	UL, cUL, CE, c-tick,				
Marcado CE	Según Directiva de baja tensión 73/23/CEE				
Accesorios					
	Basic Operator Panel, juego de conexión PC-convertidor, adaptador para el montaje en perfil DIN, bobina de red				

Fuente: Siemens, 2015

ANEXO 8

Parametrización básica del arrancador suave 3RW40



Fuente: Siemens, 2015

ANEXO 9

Datos técnicos del arrancador suave 3RW40

3RW30 18-1BB14		3RW30 28-1BB14		3RW30 38-1BB14		3RW30 47-1BB14				
Temperatura ambiente de 40 °C				Temperatura ambiente de 50 °C				Tamaño	Arranque normal	
Intensidad asignada de empleo $I_e^{1)}$	Potencias asignadas de motores trifásicos con tensión asignada de empleo U_e			Intensidad asignada de empleo $I_e^{1)}$	Potencias asignadas de motores trifásicos con tensión asignada de empleo U_e			Referencia		
	230 V	400 V	500 V		200 V	230 V	460 V			575 V
A	kW	kW	kW	A	hp	hp	hp	hp		
Tensión asignada de empleo U_e 200 ... 480V²⁾										
•con bornes de tornillo o de resorte										
3,6	0,75	1,5	-	3	0,5	0,5	1,5	-	S00	3RW30 13-□BB□4
6,5	1,5	3	-	4,8	1	1	3	-	S00	3RW30 14-□BB□4
9	2,2	4	-	7,8	2	2	5	-	S00	3RW30 16-□BB□4
12,5	3	5,5	-	11	3	3	7,5	-	S00	3RW30 17-□BB□4
17,6	4	7,5	-	17	3	3	10	-	S00	3RW30 18-□BB□4
•con bornes de tornillo										
25	5,5	11	-	23	5	5	15	-	S0	3RW30 26-□BB□4
32	7,5	15	-	29	7,5	7,5	20	-	S0	3RW30 27-□BB□4
38	11	18,5	-	34	10	10	25	-	S0	3RW30 28-□BB□4
•con bornes de tornillo o de resorte										
45	11	22	-	42	10	15	30	-	S2	3RW30 36-□BB□4
63	18,5	30	-	58	15	20	40	-	S2	3RW30 37-□BB□4
72	22	37	-	62	20	20	40	-	S2	3RW30 38-□BB□4
•con bornes de tornillo o de resorte										
80	22	45	-	73	20	25	50	-	S3	3RW30 46-□BB□4
106	30	55	-	98	30	30	75	-	S3	3RW30 47-□BB□4
Complemento a referencia para tipo de conexión										
•con bornes de tornillo										
•con bornes de resorte ³⁾										
Complemento a referencia para tensión asignada de alimentación de circuito de control U_g										
•24 V AC/DC										
•110 ... 230 V AC/DC										
									1	
									2	
									0	
									1	

1) Instalación independiente sin ventiladores adicionales.

2) Arrancador suave con bornes de tornillo.

3) Conexión principal: bornes de tornillo.

Fuente: Siemens, 2015

ANEXO 10


Datos técnicos del logo plc 12/24 RCE & 230 RCE

LOGO! 12/24 RCE	LOGO! 230 RCE
8	8
4 (0 a 10 V)	-
12/24 V DC	115/240 V AC/DC
10,8 V ... 28,8 V DC máx. 5 V DC mín. 8,5 V DC 1,5 mA (I3 ... I6) 0,1 mA (I1, I2, I7, I8)	85 ... 265 V AC 100 ... 253 V DC máx. 40 V AC/30 V DC mín. 79 V AC/79 V DC, 0,08 mA
4 relés	4 relés
10 A con carga óhmica; 3 A con carga inductiva	10 A con carga óhmica; 3 A con carga inductiva
Protección externa necesaria	Protección externa necesaria
2 Hz con carga óhmica; 0,5 Hz con carga inductiva	2 Hz con carga óhmica; 0,5 Hz con carga inductiva
< 0,1 ms/función	< 0,1 ms/función
sí/típ. 480 h; sin pila	sí/típ. 480 h; sin pila

Fuente: Siemens, 2015

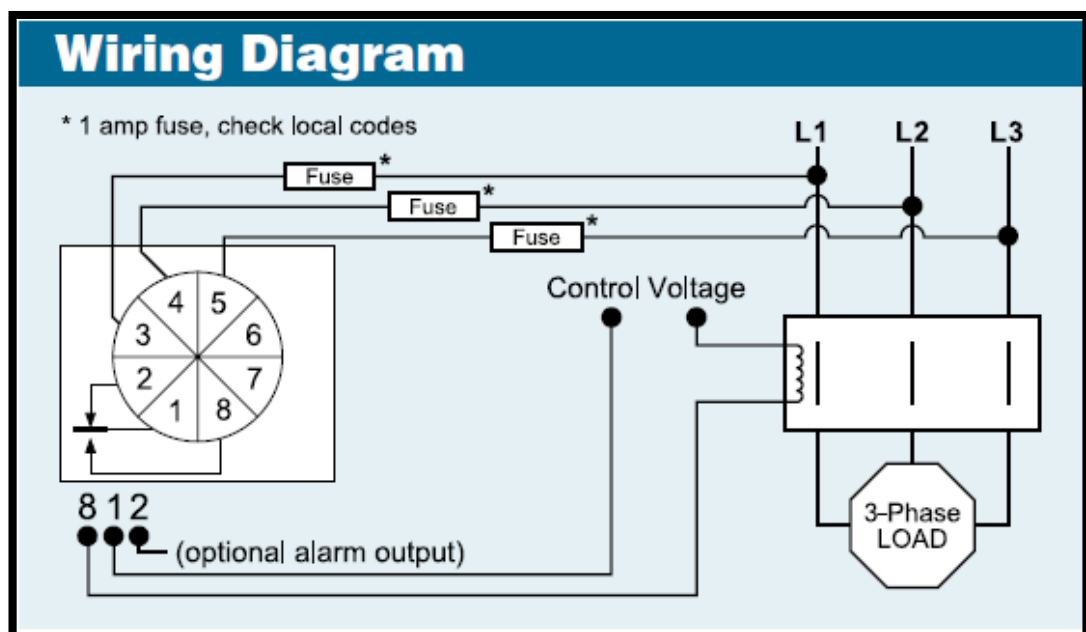
ANEXO 11

Características, Aplicaciones & Especificaciones del ICM 408

Controles ICM	Características y aplicaciones	Especificaciones
	<p>ICM408</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protección trifásica confiable para un solo lado • Supervisa inversión de fase, pérdida de fase, % de descompensación y alto / bajo voltaje • Indicadores luminosos tipo LED para ON (Encendido) y FAULT (Falla) • Corte de alto / bajo voltaje: <ul style="list-style-type: none"> - Valor de referencia de corte de alto / bajo voltaje: +12% - Valor de referencia de corte de bajo voltaje: -12% • Dispositivos electrónicos pasivos altamente confiables • Detección de pérdida de fase / potencia: dentro de 100 ms • Voltaje de descompensación seleccionable por el usuario: 2 a 8% • Detección de inversión de fase: se detecta al encender • Retardo en energización seleccionable por el usuario: 0.1 a 5 minutos • Montaje enchufable de 8 clavijas 	<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje: 190 a 480 V de CA • Frecuencia: 50 a 60 Hz • Retardo en desconexión ajustable: 0.1 a 5 minutos • Retardo en energización ajustable: 0.1 a 5 minutos • SPDT para uso industrial Salida de relé: <ul style="list-style-type: none"> contactos normalmente abiertos / normalmente cerrados: 10 amperios de resistencia a 250 V de CA • Dimensiones: 4" x 2.5" x 1.75"

Fuente: ICM, 2015

Diagrama de control del ICM 408



Fuente: ICM, 2015