



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

### CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

#### TESIS DE GRADO

#### TITULO:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO CON VARIADOR DE FRECUENCIA COMO FUENTE DE AHORRO DE ENERGÍA EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ, AÑO 2015”**

Presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electromecánica.

#### **Autor:**

Pilaguano Gavilanez Luis Euclides

#### **Director:**

Ing. Amable Bienvenido Bravo

**La Maná – Ecuador**

**Enero, 2016**

# **AVAL DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN**

## **TESIS DE GRADO**

Sometido a consideración del tribunal de revisión y evaluación por: el Honorable Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de:

### **INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA**

#### **TEMA:**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO CON VARIADOR DE FRECUENCIA COMO FUENTE DE AHORRO DE ENERGÍA EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ, AÑO 2015”**

#### **RAVISADA Y APROBADA POR:**

#### **DIRECTOR DE TESIS**

Ing. Amable Bienvenido Bravo. -----

#### **MIEMBROS DEL TRIBUNAL ESPECIAL**

M.Sc. Héctor Arnulfo Chacha Armas. -----

Ing. Luis Fernando Jácome Alarcón. -----

Ph.D. Yoandrys Morales. -----

## **AUTORIA**

Los criterios emitidos en el presente trabajo de investigación **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO CON VARIADOR DE FRECUENCIA COMO FUENTE DE AHORRO DE ENERGÍA EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ, AÑO 2015”** , son de exclusiva responsabilidad del Autor.

.....  
Pilaguano Gavilanez Luis Euclides  
C.I. 050330103-8



## AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

En calidad de Director de trabajo de investigación sobre el tema:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO CON VARIADOR DE FRECUENCIA COMO FUENTE DE AHORRO DE ENERGÍA EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ, AÑO 2015”**

Del señor estudiante: Pilaguano Gavilanez Luis Euclides

Postulante de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica

### CERTIFICO QUE:

Una vez revisado el documento entregado a mi persona, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos - técnicos necesarios para ser sometidos a la **Evaluación del Tribunal de Validación de Grado**, que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, Enero 12 del 2016

EL DIRECTOR

.....  
Ing. Amable Bienvenido Bravo

**DIRECTOR DE TESIS**



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

COORDINACIÓN ACADÉMICA

## CERTIFICACIÓN

El suscrito, Lcdo. Ringo John López Bustamante Mg.Sc. Coordinador Académico y Administrativo de la Universidad Técnica de Cotopaxi, extensión La Maná, Certifico que el Sr. Pilaguano Gavilanez Luis Euclides, portador de la cédula de ciudadanía N° 050330103-8, egresado de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica, desarrolló su Tesis titulada “Diseño e implementación de un módulo didáctico con variador de frecuencia como fuente de ahorro de energía en el laboratorio de máquinas eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, extensión La Maná, año 2015” , la misma que fue ejecutada e implementada con satisfacción en el aula N° 2 del Bloque Académico “B” de la extensión La Maná.

Particular que comunico para fines pertinentes

ATENTAMENTE<sup>5</sup>

**“POR LA VINCULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CON EL PUEBLO”**

La Maná, Enero 12 del 2016

Lcdo. Mg.Sc. Ringo López Bustamante  
COORDINADOR DE LA EXTENSIÓN  
Universidad Técnica de Cotopaxi - La Maná

**RLB/eas**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por otorgarme el don de la vida, salud y los medios suficientes que han permitido la realización del trabajo investigativo.

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi La Maná por acoger y permitir así de esta manera formar como profesional para cumplir con los retos del futuro.

Expreso el más sincero agradecimiento al Ing. Amable Bravo Director de tesis, quien supo guiarme con conocimiento y dedicación en el desarrollo de este proyecto.

Finalmente quiero agradecer la colaboración a todos quienes contribuyeron a esta investigación que siempre estuvieron presentes de una manera desinteresada dieron consejos y apoyo incondicional, de esta manera el proyecto pudo llegar a un exitoso final.

Luis Pilaguano

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo va dedicado con eterna gratitud a mis padres Elías Pilaguano y Elisa Gavilanez, por el esfuerzo, apoyo y amor incondicional por enseñarme los verdaderos valores de la vida, que hicieron la culminación de esta etapa estudiantil.

A mis hermanas:

Rosa, Beatriz y Sonia, por los sueños y momentos compartidos juntos.

A mis compañeros y amigos, quienes me brindaron su ayuda incondicional cuando se necesitó.

A todos los docentes de la Carrera en ingeniería Electromecánica que me han capacitado para ser un profesional y así asegurarme un futuro con éxitos.

## ÍNDICE

DESCRIPCIÓN	PÁG.
PORTADA.....	i
AVAL DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN .....	ii
AUTORÍA .....	iii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS.....	iv
CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
ÍNDICE DE CUADROS .....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xvii
RESUMEN .....	xx
ABSTRACT.....	xxi
CERTIFICADO DE INGLES .....	xxii
INTRODUCCIÓN .....	xxiii
CAPÍTULO I .....	1
1. MARCO TEÓRICO .....	1
1.1 Antecedentes de la investigación.....	1
1.1.1 Proyecto 1 .....	1
1.1.2 Proyecto 2 .....	2
1.2 Categorías Fundamentales.....	3
1.3 Marco Teórico .....	4
1.3.1 Variador de frecuencia .....	4
1.3.1.1 Definición.....	4
1.3.1.2 Principio de funcionamiento del variador de frecuencia.....	4
1.3.1.3 Motor asíncrono trifásico jaula de ardilla.....	7



1.3.2.	Funciones de la variación de frecuencia.....	8
1.3.2.1.	Definición .....	8
1.3.2.2.	Ventajas .....	9
1.3.2.3.	Desventajas.....	10
1.3.2.4.	Tipos de variadores de frecuencia. ....	10
1.3.2.4.1.	Variadores de frecuencia mecánicos.....	11
1.3.2.4.2.	Variadores de frecuencia eléctrico-electrónicos.....	12
1.3.2.4.3.	Variadores de frecuencia para motores de corriente continua. ....	13
1.3.2.5.	Descripción del sistema de variador de frecuencia (VFD).....	13
1.3.2.5.1.	Motor del sistema de variador de frecuencia (VFD) .....	13
1.3.2.5.2.	Controlador del variador de frecuencia (VFD).....	14
1.3.3.	Ahorro de energía relacionada con la utilización de variadores de frecuencia.....	15
1.3.3.1.	Definición .....	15
1.3.3.2.	Industrias donde se utilizan los variadores de frecuencia.....	16
1.3.3.2.1.	Metalúrgicas: .....	16
1.3.3.2.2.	Alimenticias.....	17
1.3.3.2.3.	Construcción.....	17
1.3.3.2.4.	Automovilísticas.....	17
1.3.3.2.5.	Plásticos.....	17
1.3.3.2.6.	Papeleras.....	17
1.3.3.3.	Sistemas de control.....	17
1.3.3.4.	Eficiencia y ahorro energético.....	19
1.3.4.	Sistema S7-1200.....	23
1.3.4.1.	Definición .....	23
1.3.4.2.	Características.....	23
1.3.4.2.1.	El controlador .....	23
1.3.4.2.2.	Los paneles .....	23
1.3.4.2.3.	El software .....	24
1.3.5.	Interfaz Hombre Máquina .....	24
1.3.5.1.	Definición .....	24
1.3.5.2.	Clasificación de interfaz hombre-máquina (HMI) .....	26

1.3.5.3	Operar y observar .....	27
1.3.5.4.	Facilidad de uso de la interfaz hombre-máquina.....	27
1.3.5.5	Evolución de las interfaces hombre-máquina (HMI) .....	28
1.3.5.6	Modelos de Diseño de Interfaz.....	29
1.3.5.7	Aspectos del Diseño .....	29
1.3.5.8	Herramientas de Implementación.....	31
1.3.5.9	Evaluación del Diseño .....	32
1.3.6	PLC.....	32
1.3.6. 1.	Definición.....	32
1.3.6. 2.	Leguaje Ladder .....	33
1.3.6. 3.	Aplicaciones del PLC en las industrias .....	35
1.3.6. 4.	Pantallas HMI.....	35
CAPÍTULO II.....		36
2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS..		36
2.1.	Breve Caracterización del Objeto de Estudio.....	36
2.1.1.	Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas .....	37
2.1.2.	Misión.....	38
2.1.3.	Visión .....	38
2.1.4.	Hipótesis .....	38
2.1.5.	Operacionalización de las Variables .....	39
2.2.	Metodología Empleada.....	40
2.2.1.	Tipos de Investigación.....	40
2.2.2.	Métodos de Investigación.....	40
2.2.2.1.	Método deductivo .....	40
2.2.2.2.	Método inductivo.....	41
2.2.2.3.	Método analítico.....	41
2.3.	Población y Muestra .....	42
2.3.1.	Población o universo de la investigación .....	42
2.3.2.	Tamaño de la muestra.....	42
2.3.3.3.	Criterios de selección de la muestra .....	43

2.3.3.4	Métodos y técnicas a ser empleadas .....	44
2.4.	Análisis e Interpretación de Resultados .....	46
2.4.1.	Encuesta realizada a los estudiantes .....	46
2.5.	Verificación de la Hipótesis .....	56
2.6	Conclusiones y Recomendaciones .....	57
2.6.1.	Conclusiones.....	57
2.6.2.	Recomendaciones .....	58
2.7.	Objetivos.....	58
2.7.1.	Objetivo general .....	58
2.7.2	Objetivos específicos.....	59
2.8.	Justificación.....	59
2.9.	Importancia de la Propuesta .....	60
2.9.1.	Descripción de la Propuesta .....	60
CAPÍTULO III.....		61
3. VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA.....		61
3.1.1.	Estructura del variador de frecuencia .....	62
3.2.	Construcción del módulo de laboratorio con variador de frecuencia .....	62
3.2.1.	Planificación del ensamble del módulo didáctico de laboratorio..	62
3.3.	Dimensiones de la estructura modular .....	63
3.3.1	Datos Técnicos y Parámetros de Funcionamiento del TIA PORTAL V12	64
3.3.2.	Aspectos destacables de las HMI KTP 400 Básico Color PN.....	67
3.3.3.	Entradas y salidas del módulo PLC S7 1200.....	69
3.3.4.	Datos técnicos de PLC SIMATIC S7-1200.....	70
3.3.4.1.	Características técnicas del PLC SIMATIC S7-1200.....	72
3.3.4.2.	Clasificación de la gama Simatic HMI Basic Paneles.....	74
3.4.	Configuración del PLC S7 1200 en el TIA portal.....	74
3.4.1.	Configuración del touch panel HMI.....	78
3.5.	Datos técnicos para la implementación del módulo .....	81
3.5.1.	Motor trifásico.....	81

3.5.1.1	Ventajas .....	81
3.5.2.	Amperímetro analógico .....	82
3.5.2.1.	Ventajas .....	82
3.5.3.	Voltímetros .....	83
3.5.3.1.	Ventaja.....	83
3.5.4.	Contactador .....	83
3.5.4.1.	Ventaja.....	84
3.5.5.	Relé térmico.....	84
3.5.5.1.	Ventajas .....	85
3.5.6.	Guardamotor .....	85
3.5.6.1.	Ventajas .....	86
3.5.7.	Pulsador .....	86
3.5.7.1.	Ventaja.....	86
3.5.8.	Selector eléctrico .....	87
3.5.9.	HMI (Human Machine Interface).....	87
3.5.10.	CPU (Central Processing Unit) .....	88
3.5.10.1.	Ventaja.....	88
3.5.11.	Temporizador .....	89
3.5.12.	Variador de frecuencia .....	90
3.5.13.	Fuente de poder logo de 24 VDC .....	90
3.5.14.	Breaker tripolar 16 Amperios 230/400 VAC.....	91
3.6.	Conclusiones y recomendaciones .....	92
3.6.2.	Recomendaciones .....	93
3.6.3.	BIBLIOGRAFÍA .....	94
3.7.	ANEXOS .....	97

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° 1	
Operalización de las Variables.....	39
CUADRO N° 2	
Población.....	42
CUADRO N° 3	
Aleatorio Estratificado Proporcional .....	44
CUADRO N° 4	
Diseño asistido por computadora.....	46
CUADRO N° 5	
Ampliación de laboratorio.....	47
CUADRO N° 6	
Servicio a la comunidad.....	48
CUADRO N° 7	
Instalación de software.....	49
CUADRO N° 8	
Diseños de piezas mecánicas.....	50
CUADRO N° 9	
Software para diseño de piezas mecánicas.....	51
CUADRO N° 10	
Implementación de laboratorios.....	52
CUADRO N° 11	
Trabajos asistidos por computadoras.....	53

CUADRO N° 12

Utilización de software en la especialidad..... 54

CUADRO N° 13

Conocimiento sobre laboratorio..... 55

CUADRO N° 14

Dimensiones de la estructura modular..... 64

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 1	
Categorías Fundamentales.....	3
GRÁFICO N° 2	
Principio de funcionamiento del variador de frecuencia.....	6
GRÁFICO N° 3	
Diagrama de variador de frecuencia con Modulación de Ancho de Pulso (PWM).	14
GRÁFICO N° 4	
Ahorro de consumos de energía y potencia con variador de velocidad.....	21
GRÁFICO N° 5	
Convertidor de frecuencia.....	22
GRÁFICO N° 6	
Escala de convertidor de frecuencia .....	22
GRÁFICO N° 7	
Diseño asistido por computadora.....	46
GRÁFICO N° 8	
Ampliación de laboratorio.....	47
GRÁFICO N° 9	
Servicio a la comunidad.....	48
GRÁFICO N° 10	
Instalación de software.....	49
GRÁFICO N° 11	
Diseños de piezas mecánicas.....	50

GRÁFICO N° 12	
Software para diseño de piezas mecánicas.....	51
GRÁFICO N° 13	
Implementación de laboratorios.....	52
GRÁFICO N° 14	
Trabajos asistidos por computadoras.....	53
GRÁFICO N° 15	
Utilización de software en la especialidad.....	54
GRÁFICO N° 16	
Conocimiento sobre laboratorio.....	55
GRÁFICO N° 17	
Tiempo de evolución de procesos.....	65
GRÁFICO N° 18	
Partes del PLC SIMATIC S7-1200.....	72



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1	
Ingresar al Software.....	74
FIGURA N° 2	
Ejecutar aplicación.....	75
FIGURA N° 3	
Crear proyecto.....	75
FIGURA N° 4	
Configurar dispositivo.....	76
FIGURA N° 5	
Elegir CPU.....	76
FIGURA N° 6	
Agregar CPU.....	77
FIGURA N° 7	
Establecer conexión online.....	77
FIGURA N° 8	
Insertar pantalla HMI.....	78
FIGURA N° 9	
Asignación de variables por cada segmento.....	80
FIGURA N° 10	
Main para programar.....	80
FIGURA N° 11	
Motor trifásico.....	81
FIGURA N° 12	

Amperímetro analógico.....	82
FIGURA N° 13	
Voltímetro.....	83
FIGURA N° 14	
Contactador.....	84
FIGURA N° 15	
Relé térmico.....	84
FIGURA N° 16	
Guardamotor.....	85
FIGURA N° 17	
Pulsador.....	86
FIGURA N° 18	
Selector eléctrico.....	87
FIGURA N° 19	
HMI (Human Machine Interface).....	88
FIGURA N° 20	
CPU (Central Processing Unit).....	88
FIGURA N° 21	
Temporizador.....	89
FIGURA N° 22	
Variador de frecuencia.....	90
FIGURA N° 23	
Fuente de poder logo de 24 VDC.....	91
FIGURA N° 24	
Breaker tripolar 16 Amperios 230/400 VAC.....	91

## ÍNDICE DE ANEXOS

### ANEXO 1

Formato de encuesta.

### ANEXO 2

Proceso de preparación del módulo didáctico.

### ANEXO 3

Estructura modular terminado.

### ANEXO 4

Ubicación de los conectores para la alimentación.

### ANEXO 5

Conexión de los breaker y guarda motor.

### ANEXO 6

Instalación del variador de frecuencia.

### ANEXO 7

Instalación del PLC S7-1200.

### ANEXO 8

Acople del motor con el reductor y freno de inyección.

### ANEXO 9

Módulo didáctico de laboratorio terminado.



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ

## CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

---

**TEMA: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO CON VARIADOR DE FRECUENCIA COMO FUENTE DE AHORRO DE ENERGÍA EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ, AÑO 2015”**

### **AUTOR:**

Pilaguano Gavilanez Luis Euclides

### **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación tiene el objetivo de reponer el laboratorio de máquinas eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, teniendo presente aquello se diseñó e implementó un módulo didáctico con variador de frecuencia G110 Sinamics como fuente de ahorro de energía, para el control de un motor trifásico a través del panel de operaciones (BOP). Para demostrar el ahorro energético se desarrolló el arranque estrella triángulo y arranque con variador de frecuencia de un motor, para comparar el consumo de energía en el módulo se instaló un instrumento adecuado para medir el amperaje y así observar y constatar el ahorro. Se diseñaron diez guías prácticas sobre varios procesos planteados de una manera comprensible que permitirán la operación y la utilidad del PLC S7-1200, esto ayudará al desarrollo del análisis y el aprendizaje de los estudiantes. El módulo está diseñado para la operación en forma manual, comandada con selectores y pulsadores, y en forma automática comandada con el HMI (Human Machine Interface) estos procesos están dentro de la operación del módulo.



**COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY**  
**ENGINEERING AND APPLIED SCIENCE CAREER**

**ELECTROMECHANICAL ENGINEERING**

**ABSTRACT**

THEME” DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A TRAINING MODULE WITH VARIABLE FREQUENCY DRIVE AS A SOURCE OF ENERGY SAVING LABORATORY OF ELECTRICAL MACHINES TECHNICAL UNIVERSITY COTOPAXI EXTENSION OF THE MANA, 2015”

AUTHOR:

**Pilaguano Gavilanez Luis Euclides**

The present research aims to re boost electrical machines laboratory of the Technical University Extension Cotopaxi La Maná, bearing in mind that, it was designed and implemented a training module with Sinamics G110 variable frequency drive as a source of energy saving, control a three-phase motor through the operation panel (BOP). To demonstrate the energy saving it was developed triangle star started and start with frequency of an engine, in order to compare energy in the appropriate instrument, a module was installed to measure the amperage and observe and verify the savings. Ten practical guides on various processes raised in an understandable manner were designed will allow the operation and usefulness of the S7-1200 PLC this will help the development of analysis and learning of student who study by Electromechanics. The module is designed for operation commanded selectors and buttons, and automatically led to the HMI (Human Machine Interface) these processes are within the module operation.



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Centro  
Cultural de  
Idiomas

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

### CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

La Maná - Ecuador

#### *CERTIFICACIÓN*

En calidad de Docente del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por el señor egresado: Pilaguano Gavilanez Luis Euclides cuyo título versa **“Diseño e implementación de un módulo didáctico con variador de frecuencia como fuente de ahorro de energía en el laboratorio de máquinas eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, extensión La Maná, año 2015”**, Lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

La Maná, Enero 12, 2016

Atentamente

.....  
Lcdo. Luis Bravo Minda, Mg.

**DOCENTE**

**C.I. 1709426694**

## INTRODUCCIÓN

Actualmente es importante contar con laboratorios que simulen diferentes procesos de control, que sirvan para realizar las prácticas de los estudiantes sobre los diferentes temas de su especialidad. Por lo tanto el diseño e implementación de un módulo didáctico con variador de frecuencia como fuente de ahorro de energía en el laboratorio de máquinas eléctricas, es importante para realizar ejercicios de simulación prácticos para los estudiantes.

Debido a esto el desarrollo de la implementación de este módulo didáctico sin duda servirá para la enseñanza-aprendizaje en la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná un variador de frecuencia, además de ser una interfaz hombre-máquina, también permite que el operador, en ciertas circunstancias, vaya más allá del manejo de la máquina y observe el estado del equipo e intervenga en el proceso.

En el Capítulo I, se hace referencia al marco teórico, detallando antecedentes y cada una de las categorías fundamentales tomando como fuente diferentes autores las mismas que permiten tener un mejor desarrollo en nuestros conocimientos para la correcta realización de la investigación.

El Capítulo II, se relaciona con una breve caracterización de sistemas de automatización de procesos industriales así como los datos históricos de la Universidad, misión y visión, además la metodología y operacionalización de las variables utilizadas, también se desarrolla el análisis e interpretación de la información obtenida durante la investigación mediante la observación y la realización la de una encuesta, la información se encuentra representada en gráficos estadísticos con su respectiva interpretación.

Dentro del Capítulo III, se desarrolló y aplico la propuesta, con el detalle de los estudios realizados y el diseño de un laboratorio de máquinas eléctricas, posteriormente se encuentra las conclusiones y las recomendaciones las referencias bibliográficas y los anexos de respaldo.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes de la investigación

Una vez realizados las investigaciones en torno al tema, se presentan a continuación la información de dos proyectos que tienen relación directa con el tema de la presente investigación, a fin de aclarar nuestras dudas respecto a la problemática planteada desde el punto de vista de otros autores los mismos que sirvieron de base para desarrollar de la mejor manera el presente trabajo de investigación científica.

#### *1.1.1 Proyecto 1*

*Diseño de un sistema de control mediante PLC para las instalaciones de aire acondicionado central (agua helada) e iluminación de un edificio de laboratorios.*

#### *Resumen*

El presente trabajo se presenta el diseño de un sistema para la automatización de los sistemas de aire acondicionado y luminarias del edificio de laboratorios Lab Volt ubicado en el Vigía- Edo, mérida, con la finalidad de mejorar las condiciones de confort del edificio para los usuarios controlando la temperatura de los espacios manteniendo una temperatura de 74°F y reducir el consumo de energía eléctrica de éste mediante la programación horaria y la colocación de detectores de presencia, que controlan el encendido iluminación y aire acondicionado mediante la correcta selección de los actuadores y sensores a utilizar para el



control, la elección del Controlador Lógico Programable Telemecanique modelo Twido, además de los diferentes módulos de ampliación para manejar los procesos, también se estudiaron las diferentes formas de comunicación remota por vía Ethernet y por vía GSM, apoyando el diseño con una interfaz humano maquina en donde se podrán visualizar y manipular las variables implícitas en los mismos.(MANTILLA, Silvio.2010, pág. 15).

### ***1.1.2 Proyecto 2***

***Diseño de una red PLC (power line communication) para dar un servicio de transporte de voz, datos y video.***

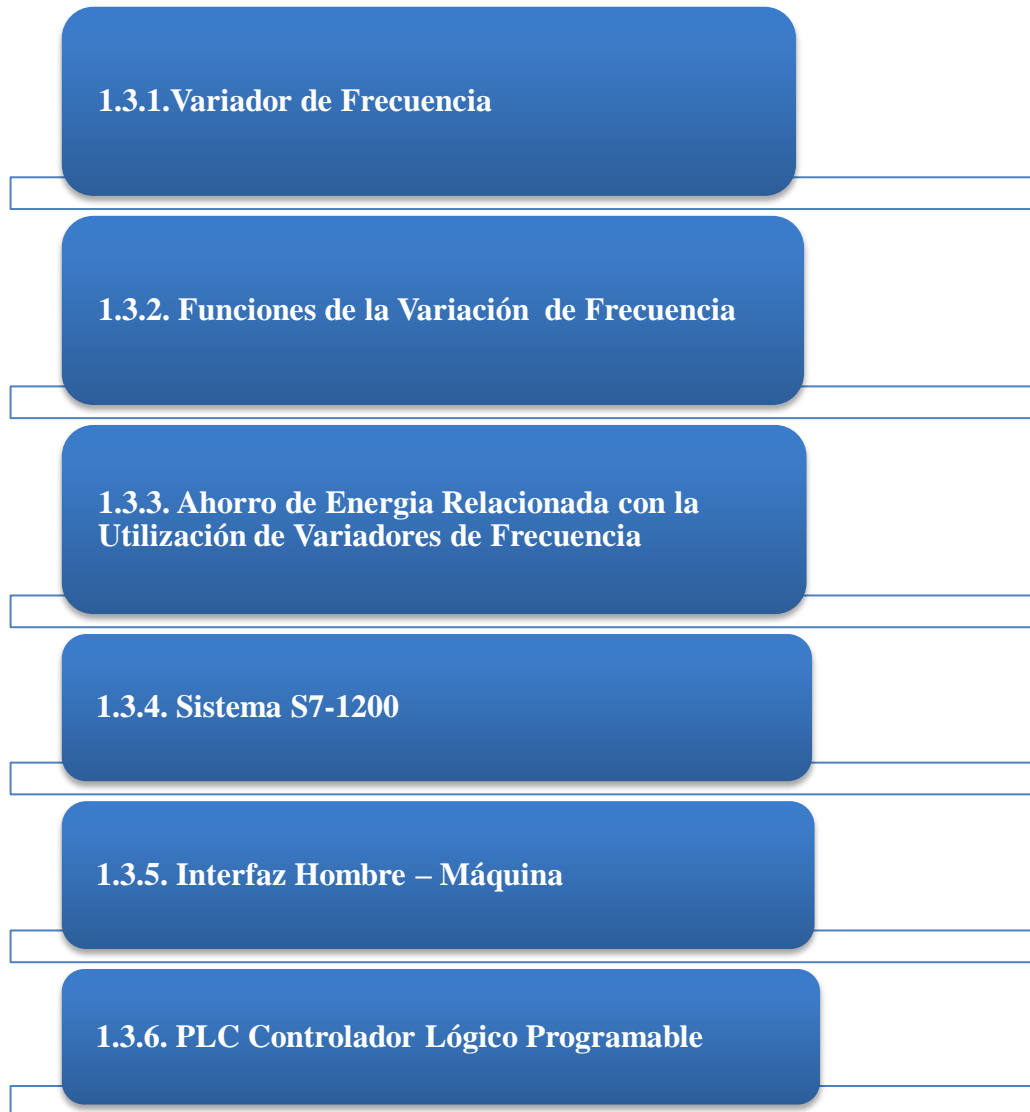
#### ***Resumen***

Actualmente la red de acceso para la transmisión de datos es uno de los mayores impedimentos para tener conectividad total en una región, debido al alto costo que implica su instalación, por lo que no cubre áreas donde la población se encuentra alejada y dispersa, la tecnología PLC es una alternativa que se presenta para enfrentar el problema de acceso tanto en áreas cercanas como en áreas alejadas ya que involucra a una de las infraestructuras más extendida en el territorio nacional como lo es la Red de transmisión eléctrica, el área que se consideró para el desarrollo del diseño de la Red PLC en este trabajo comprende la zona central de la ciudad de Latacunga, cuya red eléctrica está formada por un conjunto de Cámaras de transformación subterráneas interconectadas entre sí a través de la red de Media tensión de 13,8 KV y que alimentan a un importante sector comercial de la ciudad. Las Cámaras de Transformación alimentan a través de sus varios circuitos a la red de Baja Tensión de la ciudad, a un total de 2694 contadores de energía que representa a los usuarios del servicio eléctrico y que para el diseño se consideran como un potencial cliente para el servicio de datos en la red PLC. El diseño se estructuró sobre la interconexión de una red de distribución de Fibra óptica en la Red de MT y una red PLC en la red de BT. (ANDRE Samuel , 2010 pág. 56).

## 1.2 Categorías Fundamentales

### GRÁFICO N° 1.

#### CATEGORÍAS FUNDAMENTALES



**Fuente:** La Investigación

**Elaborado por:** Pilaguano Gavilanez Luis Euclides.

## **1.3 Marco Teórico**

### ***1.3.1. Variador de Frecuencia***

#### **1.3.1.1. Definición**

El control de procesos y el ahorro de energía son las dos de las principales razones para el empleo de variadores de frecuencia, históricamente los variadores de frecuencia fueron desarrollados originalmente para el control de procesos, pero el ahorro energético ha surgido como un objetivo tan importante como el primero. (BECERRA, Jhonatan.2010, pág.45).

El variador de frecuencia es un dispositivo electrónico que permite controlar y regular la velocidad de motores eléctricos de inducción, esta regulación se realiza por medio del control de la frecuencia de alimentación que se le suministra al motor. (CARREÑO, Ines.2010, pág.90).

Los variadores de frecuencia permiten el correcto funcionamiento de los motores eléctricos, ya que regulan la velocidad a la cual funcionan, el funcionamiento de las maquinarias eléctricas puede operar a velocidades constantes o variables, dependiendo del tipo de alimentación, de las características del motor y de las exigencias del proceso, para controlar que la velocidad del motor sea la óptima, se emplean controladores de velocidad llamados variadores de frecuencia o de velocidad.

#### **1.3.1.2. Principio de funcionamiento del variador de frecuencia.**

El variador de frecuencia es un aparato de la electrónica de potencia para la alimentación de accionamientos trifásicos de alta dinámica dentro de una gama de potencias de 0,55 kW a 15 kW el aparato se puede conectar a una red de corriente trifásica con una tensión comprendida entre 220V y 380 V, con una frecuencia de 50/60 Hz. (CEPEDA, Gustavo.2009, pág.142).

La corriente de la red se rectifica y se introduce al circuito intermedio, con el ondulator se produce, de la tensión continua del circuito intermedio, mediante la modulación de duración de impulsos, un sistema de corriente trifásica con una frecuencia de salida que oscila entre 0 Hz y 400 Hz, la alimentación de la tensión interna de CC de 24V se toma de una fuente de alimentación integrada, la electrónica de regulación se encarga del control del aparato, esta se compone de un microprocesador y un procesador analógico digital, las funciones se realizan por medio del software del equipo. (FROIDEVAUX, Gabriel, 2010 pág. 76).

El manejo se realiza con el panel del equipo, el panel de mandos opcional, el regletero de bornes o a través de un sistema de bus, los variadores de frecuencia están compuestos por:

**Etapa Rectificadora:** Transforma la tensión alterna en continua mediante rectificadores de diodos, tiristores.

**Etapa intermedia:** Filtro para suavizar la tensión rectificada y reducir la emisión de armónicos

- **Inversor o "Inverter":** Transforma la tensión continua en otra de tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulsos, actualmente se emplean IGBT's (Isolated Gate Bipolar Transistors) para generar los pulsos controlados de tensión. Los equipos más modernos utilizan IGBT's inteligentes que incorporan un microprocesador con todas las protecciones por sobre-corriente, sobretensión, baja tensión, cortocircuitos, puesta a masa del motor, sobre-temperaturas, etc. (MARVAL, Salvador.2011, pág.67).

- **Etapa de control:** Esta etapa controla los IGBT's para generar los pulsos variables de tensión y frecuencia. Y además controla los parámetros externos en general, etc. Los variadores más utilizados emplean modulación PWM (Modulación de Ancho de Pulsos) y se usan en la etapa rectificadora puente de diodos rectificadores. En la etapa intermedia se usan condensadores y bobinas

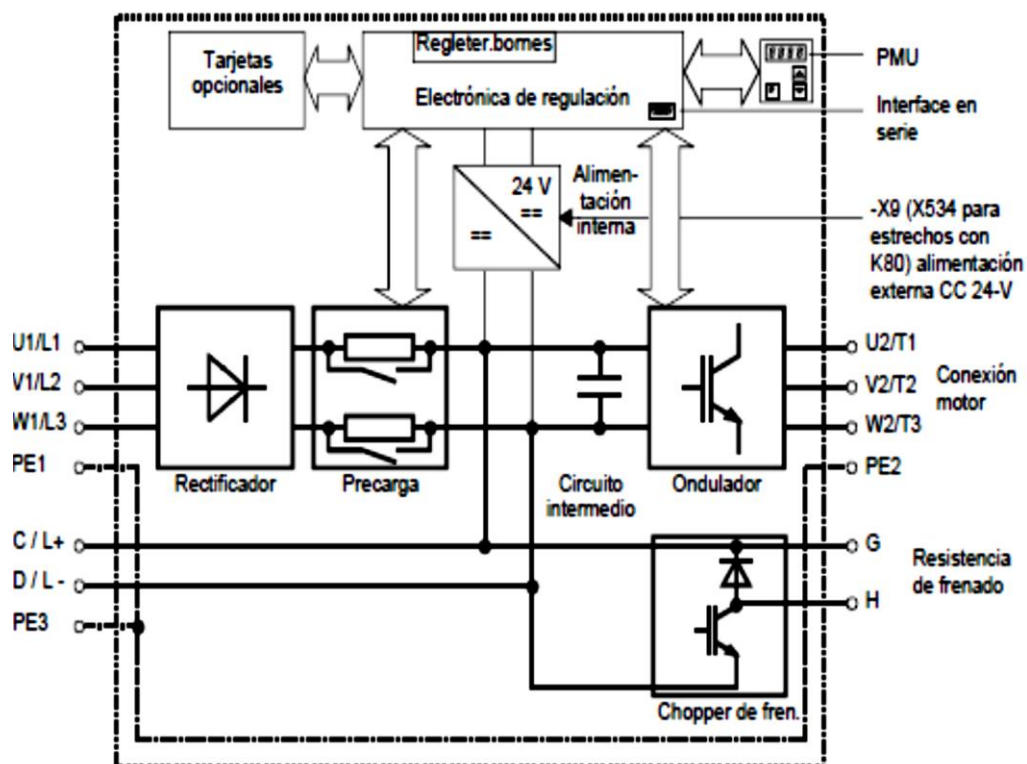
para disminuir las armónicas y mejorar el factor de potencia. (MARVAL, Salvador.2011, pág.45).

El Inversor o Inverter transforma la tensión continua de la etapa intermedia en una tensión de frecuencia y tensión variables, los IGBT's envían pulsos de duración variable y se obtiene una corriente casi senoidal en el motor la frecuencia portadora de los IGBT's se encuentra entre 2 a 16kHz, una portadora con alta frecuencia que reduce el ruido acústico del motor pero disminuye el rendimiento del mismo y la longitud permisible del cable hacia el motor, por otra parte, los IGBT's generan mayor calor. (CEPEDA, Gustavo. 2009 , pág. 89).

Los signos de control para arranque, parada y variación de velocidad (potenciómetro o señales externas de referencia) están aislados galvánicamente para evitar daños en sensores o controles y evitar ruidos en la etapa de control.

## GRÁFICO N° 2.

### PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL VARIADOR DE FRECUENCIA



Fuente: (FROIDEVAUX, Gabriel.2010, pág.56).

**Red de suministro:** Acometida de C.A, monofásica en aparatos para motores pequeños de hasta 1,5 kw (2 C.V. aprox), y trifásica, para motores de más potencia, hasta valores de 630 kw o más.

**Entradas y salidas (E/S o I/O):** Diferentes conexiones de entradas y salidas de control; pueden ser digitales tipo todo o nada (contactos, pulsadores, conmutadores, contactos de relé) o analógicas mediante valores de tensión (0 a 10 V o similares) e intensidad (4 a 20 mA o similares). Además puede incluir terminales de alarma, avería, etc.

**Comunicaciones:** Estos dispositivos pueden integrarse en redes industriales, por lo que disponen de un puerto de comunicaciones, por ejemplo RS-232, RS-485, red LAN, buses industriales o conexiones tipo RJ-45 o USB para terminales externos y ordenadores. Cada fabricante facilita el software de control, directo o mediante bus de comunicaciones. Que permitirá el control, programación y monitorización del variador (o variadores) en el conjunto de aparatos de control empleados.

**Salida:** Conexión al motor, generalmente de tres hilos (U-V-W) para conexión directa en triángulo o estrella según la tensión del motor.

### **1.3.1.3. Motor asíncrono trifásico jaula de ardilla**

Los motores asíncronos o de inducción son un tipo de motor de corriente alterna en el que la corriente eléctrica del rotor necesaria para producir torsión es inducida por inducción electromagnética del campo magnético de la bobina del estator. Por lo tanto un motor de inducción no requiere una mecánica aparte de su misma excitación o para todo o parte de la energía transferida del estator al rotor, como en los universales, DC y motores grandes síncronos. El primer prototipo de motor eléctrico capaz de funcionar con corriente alterna fue desarrollado y construido por el ingeniero Nikola Tesla y presentado en el American Institute of Electrical Engineers (en español, Instituto Americano de Ingenieros Eléctricos, actualmente IEEE) en 1888.

El motor asíncrono trifásico está formado por un rotor, que puede ser de dos tipos: a) de jaula de ardilla; b) bobinado, y un estator, en el que se encuentran las bobinas inductoras. Estas bobinas son trifásicas y están desfasadas entre sí  $120^\circ$  en el espacio. Según el Teorema de Ferraris, cuando por estas bobinas circula un sistema de corrientes trifásicas equilibradas, cuyo desfase en el tiempo es también de  $120^\circ$ , se induce un campo magnético giratorio que envuelve al rotor. Este campo magnético variable va a inducir una tensión en el rotor según la Ley de inducción de Faraday.

La diferencia entre el motor a inducción y el motor universal es que en el motor a inducción el devanado del rotor no está conectado al circuito de excitación del motor sino que está eléctricamente aislado. Tiene barras de conducción en todo su largo, incrustadas en ranuras a distancias uniformes alrededor de la periferia. Las barras están conectadas con anillos (en cortocircuito como dicen los electricistas) a cada extremidad del rotor. Están soldadas a las extremidades de las barras. Este ensamblado se parece a las pequeñas jaulas rotativas para ejercitar a mascotas como hámster y por eso a veces se llama "jaula de ardillas", y los motores de inducción se llaman motores de jaula de ardilla.

### ***1.3.2. Funciones de la Variación de Frecuencia***

#### **1.3.2.1. Definición**

Los variadores de velocidad o frecuencia son dispositivos electrónicos encargados de controlar la energía al motor, también llamados convertidores consiste en regular la velocidad de los motores asíncronos, también se utiliza en el arranque progresivo de dichos motores, además los variadores de frecuencia incorporan las protecciones contra corto circuitos y sobre cargas del motor, también llamados convertidores de frecuencia es un aparato diseñado a modificar la frecuencia y por tanto, la velocidad, de un motor de inducción asíncrono, es decir que genera una corriente alterna con la frecuencia y la tensión necesaria para accionar dicho

motor de corriente alterna el convertidor de frecuencia permite controlar, modificar el valor de la frecuencia para hacer que el motor gire a más o menos de velocidad independientemente de la frecuencia de que disponga la red de alimentación del suministro de energía. (DURAN, José. 2012. pág. 93).

Los variadores de frecuencia son dispositivos electrónicos que permite el controlar por completo frecuencia de los motores eléctricos de corriente continua, los variadores de frecuencia y voltaje ha revolucionado la técnica del manejo de motores de corriente alterna, simplificando el funcionamiento por procesos industriales continuos, terminales de autopartes, transportadoras de productos por cintas prensas mecánicas balancines, pozos petrolíferos entre otros y accesorios.

Es la forma de variar la velocidad de un motor de corriente alterna cambiando la frecuencia de su alimentación, mediante los denominados variadores de frecuencia o variadores de velocidad.

Un variador de frecuencia es un dispositivo de electrónica de potencia que como su propio nombre dice, es capaz de modificar la frecuencia en hercios de la alimentación de un motor, los variadores de frecuencia se utilizan con máquinas convencionales, que no necesitan devanado especial, trabajan entre una frecuencia mínima y máxima, pudiéndose regular en cada rango con una facilidad, también llamados como inversores o variadores de velocidad transforman la corriente alterna a corriente directa. (MANTILLA, Silvio.2010, pág. 71).

### **1.3.2.2. Ventajas**

La implementación de un variador de frecuencia en un motor eléctrico, generalmente es una labor donde deben coordinarse aspectos del proceso tales como mecánicos, eléctricos y además incluir elementos electrónicos de control como PLC y otros. (BENAVIDES, Leopoldo. 2010, pág.124).

De forma general las principales ventajas de usar los variadores de velocidad son:



- Disminución en el consumo energético del motor
- Prolongar la vida útil de la maquinaria
- Evita el alto consumo energético al iniciar el proceso de una máquina
- Aumentar la precisión de control en diversos dispositivos como ventiladores, compresores, etc.
- Disminuir los costos de mantenimiento y reparación de dispositivos como por ejemplo en su aplicación en bombas de agua.
- Reducción de estrés mecánico.

### **1.3.2.3. Desventajas**

#### **Desventajas de la utilización de los variadores de frecuencia**

- Es necesario que el motor pueda funcionar adecuadamente con el convertidor, ya que la corriente que recibe no es perfectamente lisa si se trata de un motor de corriente continua, ni perfectamente sinusoidal si se trata de un motor de corriente alterna.
- El convertidor está constituido por semiconductores que cierran o abren los circuitos muy rápidamente y originan variaciones rápidas de corriente o de tensión, por este motivo, las ondas electromagnéticas radiadas pueden alterar el entorno.
- El convertidor de frecuencia toma de la red corrientes no sinusoidales y se comporta como un generador de corrientes armónicas. (RODRIGUEZ, Marcelo.2010, pág.165).

### **1.3.2.4. Tipos de variadores de frecuencia**

En términos generales, puede decirse que existen tres tipos básicos de variadores de velocidad: mecánicos, hidráulicos y eléctrico-electrónicos. Los variadores de

velocidad mecánicos e hidráulicos generalmente son conocidos como transmisiones cuando se emplean en vehículos, equipo agroindustrial o algunos otros tipos de maquinaria.

#### ***1.3.2.4.1 Variadores de frecuencia mecánicos***

Los variadores más antiguos fueron los mecánicos, que se emplearon originalmente para controlar la velocidad de las ruedas hidráulicas de molinos, así como la velocidad de las máquinas de vapores.

##### **a) Variador de paso ajustable**

Este dispositivo emplea poleas y bandas en las cuales el diámetro de una o más poleas puede ser modificado. (RODRIGUEZ, Ernesto, 2010 pág. 46).

##### **b) Variador de tracción**

Transmite potencia a través de rodillos metálicos

La relación de velocidades de entrada/salida se ajusta moviendo los rodillos para cambiar las áreas de contacto entre ellos y así la relación de transmisión. (MANTILLA, Silvio.2010).

##### **c) Variadores de frecuencia hidráulicos**

De igual forma que los variadores de frecuencia mecánicos, se utilizan para transmisiones los mismos que tienen varias aplicaciones.

##### **d) Variador hidrostático**

Consta de una bomba hidráulica y un motor hidráulico ambos de desplazamiento positivo. Una revolución de la bomba o el motor corresponde a una cantidad bien

definida de volumen del fluido manejado, de esta forma la velocidad puede ser controlada mediante la regulación de una válvula de control, o bien cambiando el desplazamiento de la bomba o el motor.

#### **e) Variador hidrodinámico**

Emplea aceite hidráulico para transmitir un par mecánico entre un impulsor de entrada (sobre un eje de velocidad constante) y un rotor de salida (sobre un eje de velocidad ajustable). También llamado acoplador hidráulico de llenado variable.

#### **f) Variador hidro-viscoso**

Consta de uno o más discos conectados con un eje de entrada, los cuales estarán en contacto físico (pero no conectados mecánicamente) con uno o más discos conectados al eje de salida. El par mecánico también conocido como torque se transmite desde el eje de entrada al de salida a través de la película de aceite entre los discos, de esta forma, el par transmitido es proporcional a la presión ejercida por el cilindro hidráulico que presiona los discos.

#### ***1.3.2.4.2 Variadores de frecuencia eléctrico-electrónicos***

Los variadores eléctrico-electrónicos incluyen tanto el controlador como el motor eléctrico, sin embargo en la práctica común emplear el término variador únicamente para el controlador eléctrico.

Los primeros variadores de esta categoría emplearon la tecnología de los tubos de vacío, con los años después se han ido incorporando dispositivos de estado sólido, lo cual ha reducido significativamente el volumen y costo, mejorando la eficiencia y confiabilidad de los dispositivos.

Existen cuatro categorías de variadores de velocidad eléctrico-electrónicos que más adelante serán detallados.

- Variadores de frecuencia para motores de Corriente Continua
- Variadores de frecuencia por Corrientes de Eddy
- Variadores de frecuencia de deslizamiento
- Variadores de velocidad para motores de Corriente Alterna, también conocidos como variadores de frecuencia.

#### ***1.3.2.4.3 Variadores de frecuencia para motores de corriente continúa***

Este tipo de variadores permiten controlar la velocidad de motores de corriente continua serie, derivación, compuesto y de imanes permanentes.

#### **1.3.2.5. Descripción del sistema de variador de frecuencia (VFD)**

Un sistema de variador de frecuencia consiste generalmente en un motor de CA, un controlador y una interfaz operadora.

##### ***1.3.2.5.1. Motor del variador de frecuencia***

El motor usado en un sistema variador de frecuencia es normalmente un motor de inducción trifásico. Algunos tipos de motores monofásicos pueden ser igualmente usados, pero los motores de tres fases son normalmente preferidos. (ANDRE, Samuel.2010, pág.154).

Varios tipos de motores síncronos ofrecen ventajas en algunas situaciones, pero los motores de inducción son más apropiados para la mayoría de propósitos y son generalmente la elección más económica. (CARREÑO, Ines.2010, pág.48).

Motores diseñados para trabajar a velocidad fija son usados habitualmente, pero la mejora de los diseños de motores estándar aumenta la fiabilidad y consigue mejor rendimiento del sistema de variador de frecuencia (VFD).

### 1.3.2.5.2. Controlador del variador de frecuencia (VFD)

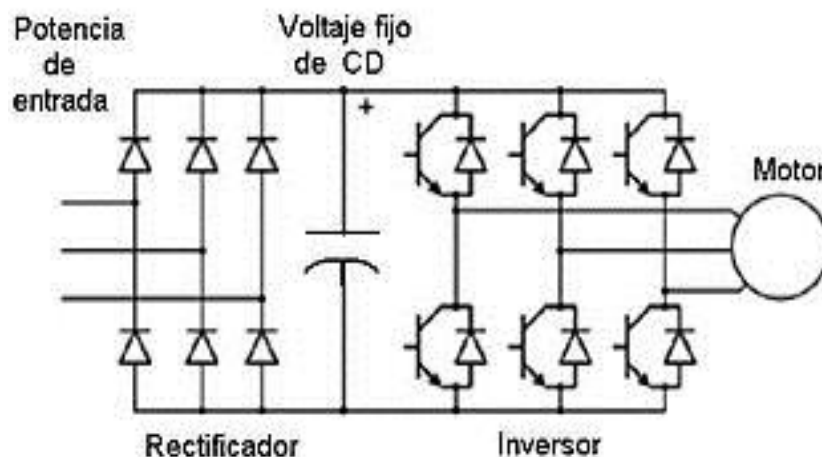
El controlador de dispositivo de variación de frecuencia está formado por dispositivos de conversión electrónicos de estado sólido, el diseño habitual primero transforma la energía de entrada CA en CC usando un puente rectificador.

La energía intermedia CC es convertida en una señal quasi-senoidal de CA usando un circuito inversor conmutado. El rectificador es usualmente un puente trifásico de diodos, pero también se usan rectificadores controlados. (RODRIGUEZ, Ernestor.2010, pág. 98).

Debido a que la energía es convertida en continua, muchas unidades aceptan entradas tanto monofásicas como trifásicas (actuando como un convertidor de fase, un variador de velocidad).

### GRÁFICO N° 3

DIAGRAMA DE VARIADOR DE FRECUENCIA CON MODULACIÓN DE ANCHO DE PULSO (PWM).



Fuente: (MALDONADO, Milton., 2011).

Tan pronto como aparecieron los interruptores semiconductores, estos fueron introducidos en los variadores de frecuencia, ellos han sido aplicados para los

inversores de todas las tensiones que hay disponibles, actualmente, los transistores bipolares de puerta aislada (IGBTs) son usados en la mayoría de circuitos inversores. (CARREÑO, Ines.2010, pág. 89).

Las características del motor CA requieren la variación proporcional del voltaje cada vez que la frecuencia es variada. Por ejemplo, si un motor está diseñado para trabajar a 460 voltios a 60 Hz, el voltaje aplicado debe reducirse a 230 volts, cuando la frecuencia es reducida a 30 Hz. Así la relación voltios/hertzios deben ser regulados en un valor constante ( $460/60 = 7.67$  V/Hz en este caso). Para un funcionamiento óptimo, otros ajustes de voltaje son necesarios, pero nominalmente la constante es V/Hz es la regla general. (BARCERRA, Jhonatan.2011, pág, 76).

El método más novedoso y extendido en nuevas aplicaciones es el control de voltaje por Modulación de la Anchura de Pulso (PWM).

### ***1.3.3. Ahorro de Energía Relacionada con la Utilización de Variadores de Frecuencia***

#### **1.3.3.1. Definición**

Actualmente mediante la utilización de variadores de frecuencia, se puede variar la velocidad de un motor, esto permite controlar la velocidad en procesos donde las necesidades de flujo sean cambiantes. (FROIDEVAUX, Gabriel, 2010 pág. 166).

La elección de la instalación de un variador de frecuencia como método de ahorro energético supone.

- Reducción del consumo
- Control operativo, mejorando la rentabilidad y la productividad de los procesos reduciendo la velocidad de los motores cuando sea necesario minimización de pérdidas en motores e instalaciones.

- Ahorro en mantenimiento debido a que el motor trabajará siempre en las condiciones óptimas de funcionamiento.

En la actualidad se encuentran disponibles diferentes tipos de variadores de frecuencia, los que deben ser escogidos de acuerdo a la aplicación o carga que se desee controlar. (MARVAL Salvador, 2011 pág. 67).

Para control de cargas de torque variable, como bombas centrífugas, ventiladores, entre otros, donde el torque varía al cuadrado de la velocidad y la potencia al cubo de la velocidad, el variador de velocidad entrega una operación segura y silenciosa sobre el arranque y la parada del motor, y una larga vida útil de los componentes eléctricos y mecánicos del sistema. (MALDONADO, Milton.2011, pág. 67).

En el rango inferior de revoluciones o en el funcionamiento con cargas reducidas, resulta posible obtener un drástico ahorro de energía de hasta 60%. Un ahorro energético adicional se obtiene por medio del control óptimo de la excitación del motor, gracias a ello, el motor es alimentado en todo momento con el flujo magnético óptimo, reduciendo así las pérdidas, como resultado, obtenemos una efectividad máxima del motor con un grado máximo de eficiencia energética.

### **1.3.3.2. Industrias donde se utilizan los variadores de frecuencia**

Los variadores de velocidad tienen una amplia gama de aplicaciones, de aquí que las principales industrias donde se utilizan los variadores de velocidad son las siguientes.

#### ***1.3.3.2.1. Metalúrgicas***

Chapas y laminados, perfiles de hierro, aluminio, cables, tornerías, electrodomésticos, revestimiento de caños, fundiciones, fresadoras, electrodos, etc.

#### ***1.3.3.2.2. Alimenticias***

Los variadores de frecuencia tiene gran acogida en la industria alimenticia como panificadoras, galletas, pastas secas, pastas frescas, chocolates, golosinas, lácteos, azúcar, margarinas, frigoríficos, quesos, grasas animales, molinos harineros, mantecas, criaderos de pollos, aceiteras, frutícolas, jugueras, aguas minerales, bodegas vitivinícolas, cerveceras, productos balanceados.

#### ***1.3.3.2.3. Construcción***

Edificios, autopistas, cementeras, tejas, azulejos, pisos, ladrillos, bloques, fibrocemento, pretensados, aberturas, sanitarios, membranas asfálticas, caleras, arenas especiales.

#### ***1.3.3.2.4. Automovilísticas***

La industria automovilística utiliza los variadores de frecuencia en montadoras de autos, montadoras de camiones, ómnibus, auto partes, tapizados, plásticos, radiadores, neumáticos, rectificadora de motores.

#### ***1.3.3.2.5. Plásticos***

La industria destinada a la fabricación de insumos relacionados con los plásticos Perfiles, poliestireno, telgopor, impresoras, envases, juguetes, muebles y bolsas.

#### ***1.3.3.2.6. Papeleras***

Papel, cartón, corrugados, cajas, papel higiénico, bobinas, bolsas, envases, etc.  
Cueros: curtiembres, tintorerías, calzados, ropas, etc.

#### **1.3.3.3. Sistemas de control**

Es la ciencia que trata de sustituir en un proceso al operador humano, por dispositivos mecánicos, eléctricos o electrónicos automatización, aplicación de la



automática a los procesos industriales. Sistemas conjuntos de elementos que relacionados entre sí ordenadamente, contribuyen a alcanzar un objetivo. Sistema automático de control, conjunto de componentes físicos conectados o relacionados entre sí, de manera que regulen o dirijan su actuación por sí mismos, es decir, sin intervención de agentes exteriores, corrigiendo además los posibles errores que se presenten en su funcionamiento. (URIARTE, José. 2011. pág, 20).

Los algoritmos o esquemas de control ocupan un lugar importante en el sistema mecatronica, se encargan de controlar a un valor deseado las variables de proceso o planta, el tipo de control que se emplea en los sistemas mecatrónicos en el laso cerrado o por retroalimentación para los objetivos de control se cumplan es necesario de analizar y estudiar los fenómenos dinámicos que intervienen en el proceso, esto se realiza a través de un modelo formado por ecuaciones diferenciales que reproduzca fielmente todos los fenómenos físicos del proceso, también la exactitud de control requiere que el algoritmo cuente con una adecuada estructura matemática de alto desempeño y que no sature al servoamplificador.

Dentro de este contexto, el diseño de algoritmos o esquemas de control ofrece grandes retos teóricos que al mismo tiempo mejoran problemas de origen práctico. Debido a este, el diseño de nuevas estrategias de control presenta una línea de investigación prioritaria en mecatronica. (REYES, Fernando. 2013, pág. 30).

Los controles automáticos tienen una intervención cada vez más importante en la vida diaria, desde los simples controles que hacen funcionar un tostador Automático hasta los complicados sistemas de control necesarios en vehículos espaciales, en guiado de proyectiles, sistemas de pilotajes de aviones, etc. además el control automático.

Se ha convertido en parte importante e integral de los procesos de manufactura e industriales modernos, por ejemplo el control automático resulta esencial en operaciones industriales como el control de presión, temperatura, humedad,

viscosidad y flujo en las industrias de procesos, maquinado manejo y armado de piezas mecánicas en las industrias de fabricación, entre muchas otras.

En la actualidad en las modernas fábricas e instalaciones industriales, se hace cada día más necesario de disponer de sistemas de control o de mando, que permitan mejorar y optimizar una gran cantidad de procesos, en donde la sola presencia del hombre es insuficiente para gobernarlos, la industria espacial y de la aviación, petroquímica, papelería, textil, del cemento, en las fábricas de automóviles y otros.

Conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, de modo que se reduzcan las probabilidades de fallos y se obtengan los resultados buscados, hoy en día los procesos de control son síntomas del proceso industrial que estamos viviendo, estos sistemas se usan típicamente en sustituir un trabajador pasivo que controla un determinado sistema (ya sea eléctrico, mecánico).

Todos sus sistemas, incluyendo el motor, los frenos, la transmisión y la suspensión, son cuidadosamente examinados durante el proceso de producción para conseguir la mayor calidad y seguridad del producto final, de esta manera tener la mayor garantía en los mercados local nacional e internacional con nuestros productos.

#### **1.3.3.4. Eficiencia y ahorro energético**

Esta característica puede ser una de las más atractivas, uno de los grandes errores que se están cometiendo al instalar estos sistemas es pensar que posibilitan una reducción significativa del consumo en energía eléctrica.

Es cierto a nivel de grandes edificaciones (edificios corporativos, de oficinas, etc.) con enorme gasto en electricidad, en los que un ahorro de un pequeño porcentaje representa una cantidad más que suficiente.

La utilidad de un sistema domótica, a nivel doméstico, hay que buscarla en la gestión y en la eficiencia energética, o dicho de otra forma, optimización del consumo energético actualmente, cuando se enciende la calefacción al llegar a casa y cuánto tiempo transcurre desde que se enciende hasta que la casa alcanza la temperatura deseada, dependerá del sistema, pero alrededor de una hora, con un sistema domótica.

Dependiendo del tiempo que tarde en calentar la casa, existen dos opciones, por un lado, programar el sistema para que nos active la calefacción ese intervalo de tiempo antes de nuestra llegada a casa, o, por otro lado, se puede encender el sistema de calefacción por control remoto desde nuestro móvil o desde la oficina, antes de abandonarla.

De la misma manera se opera para desconectar la calefacción, es decir, un tiempo antes de ir a la cama se desconecta, ya que la temperatura se mantiene durante un cierto tiempo, también se puede conseguir un ahorro energético al programar ciertos electrodomésticos para que trabajen en horario nocturno, como pueden ser la lavadora, el lavavajillas, etc.

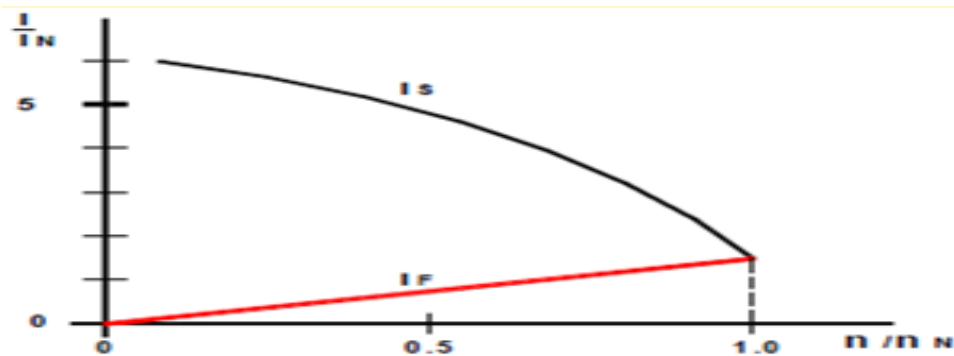
A continuación se detallan algunas posibilidades para mejorar la gestión energética.

Mantenimiento de las instalaciones control de la vida media, lectura automática, mantenimiento automático de la instalación, etc.

- Programación de equipos domésticos (encendido/apagado)
- Programación y distinción de zonas de climatización (norte/sur)
- Racionalización de cargas eléctricas, que desconecta aquellos equipos de la red cuyo uso no es prioritario en un momento dado, con el consiguiente ahorro de energía.

- Gestión de tarifas eléctricas, haciendo que determinados aparatos funcionen en horario reducido, posibilitando una pequeña reducción tarifaria.
- Detección de apertura de ventanas, y si estuviera activa la climatización, el sistema automáticamente la desconectaría.

**GRÁFICO N° 4**  
**AHORRO DE CONSUMOS DE ENERGÍA Y POTENCIA CON**  
**VARIADOR DE VELOCIDAD.**



IN: Corriente Nominal del motor  
 IS: Corriente de arranque directo  
 IF: Corriente de arranque mediante variador de frecuencia  
 nN: Velocidad nominal del motor

**Fuente:** (DRUCKER, Peter, 2010).

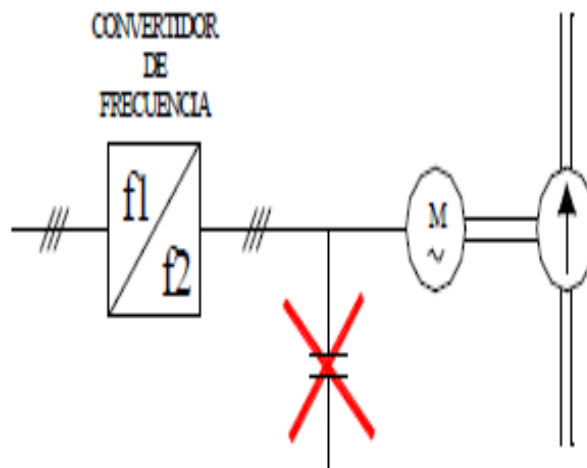
**Ahorro en consumos de energía reactiva:** Los motores de bombas consumen potencia reactiva que ha de ser generada de alguna forma, la compensación.

Normalmente se lleva a cabo mediante condensadores situados cerca del motor, éste control mejora el factor de potencia, no requiriéndose condensadores de compensación, se reduce así el costo de inversión y se alcanza un efecto de compensación óptimo.

Los convertidores de frecuencia generan la potencia reactiva que requiere el motor y hacen innecesario el uso de condensadores de compensación.

## GRÁFICO N° 5

### CONVERTIDOR DE FRECUENCIA

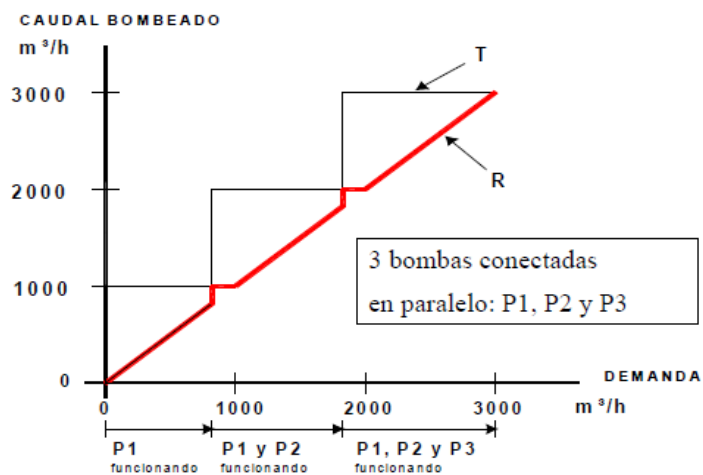


Fuente: (FROIDEVAUX, Gabriel, 2010).

**Mejora el control del caudal:** Con control de velocidad se consigue más fácilmente un mejor resultado que con otras formas de control no lineales, una desventaja del funcionamiento intermitente es la discontinuidad de regulación, el parámetro controlado: caudal o presión es variable, con un convertidor de frecuencia se consigue un control exacto y lineal.

## GRÁFICO N° 6

### ESCALA DE CONVERTIDOR DE FRECUENCIA



Fuente: (FROIDEVAUX, Gabriel, 2010).

### ***1.3.4. Sistema S7-1200***

#### **1.3.4.1. Definición**

El nuevo controlador modular SIMATIC S7-1200 es el núcleo de nuestra nueva línea de productos para tareas de automatización sencillas pero de alta precisión.

Nuestros paneles de la gama SIMATIC HMI Basic Panels han sido optimizados para mejorar su rendimiento, y su diseño los hace perfectamente compatibles con el nuevo controlador y el sistema de ingeniería totalmente integrado.

Esto simplifica la creación, acelera el arranque, optimiza la monitorización y ofrece la máxima comodidad para el usuario.

La interacción de estos productos y sus innovadoras funciones imprimen a los sistemas de automatización de la línea “mini” una eficiencia desconocida hasta ahora. (MANTILLA, Silvio. 2010).

#### **1.3.4.2. Características**

##### ***1.3.4.2.1. El controlador***

El controlador SIMATIC S7-1200 es modular, compacto y de aplicación versátil una inversión segura, idónea para una completa gama de aplicaciones. Un diseño escalable y flexible, una interfaz de comunicación a la altura de las máximas exigencias de la industria, y toda una gama de elementos tecnológicos potentes e integrados hacen de este controlador un componente clave en soluciones completas de automatización.

##### ***1.3.4.2.2. Los paneles***

En muchos casos, es posible mejorar aún más el funcionamiento de máquinas o aplicaciones sencillas, recurriendo a elementos adicionales para la visualización.

Los paneles de la gama SIMATIC HMI Basic Panels y su funcionalidad básica permiten obtener un potencial de rentabilidad que abre la puerta a nuevas posibilidades para unas soluciones de automatización creativas.

Los paneles de la gama SIMATIC HMI Basic Panels ofrecen pantallas táctiles gráficas de alto contraste, con teclas de función táctiles, funcionalidad básica de red y comunicación homogénea, características todas que los hacen perfectos para las aplicaciones del nuevo SIMATIC S7-1200.

#### ***1.3.4.2.3. El software***

El sistema de ingeniería totalmente integrado SIMATIC STEP 7 Basic con SIMATIC WinCC Basic está orientado a la tarea, es inteligente y ofrece editores intuitivos y fáciles de usar para una configuración eficiente de SIMATIC S7-1200 y de los paneles de la gama SIMATIC HMI Basic Panels. SIMATIC STEP 7 Basic se inspira en un marco común de ingeniería para la configuración de componentes de hardware y red, esquemas de diagnóstico y mucho más.

La funcionalidad de este sistema es el elemento central que otorga esta gran potencia a la interacción de controlador y HMI.

### ***1.3.5. Interfaz Hombre Máquina***

#### **1.3.5.1. Definición**

Son los conjuntos de dispositivos a través de los cuales una persona tiene acceso a interactuar con un objeto que realiza una determinada tarea. Los avances tecnológicos en la ingeniería con misión centrada en las discapacidades se han desarrollado diversas aplicaciones invasivas y no invasivas para aprovechar cualidades del individuo del discapacitados y transformarle en información relevante de tal forma que sé que de paso a la elaboración de sistemas que le sirvan de ayuda en sus actividades cotidianas, hoy en día los esfuerzos por lograr

una solución en tema de las discapacidades dan pie al uso de distintos elementos que facilitan tal integración del diseño del hardware y software para crear interfaces hombre maquina como apoyo al usuario. El usuario tiene acceso a diversas formas de tareas cotidianas como televisor, teléfono, coche, despertador u otros programas usuales. (BECERRA, Jhonatan.2010, pág. 89).

El interfaz nos facilita al ser humano interactuar con los diferentes objetos que habitualmente lo rodean, que tienen unas expectativas de cómo se debe comportarse, basándose en experiencias anteriores con ellos, en información relevante de tal forma que sé que de paso a la elaboración de sistemas que le sirvan de ayuda en sus actividades cotidianas, hoy en día los esfuerzos por lograr una solución en tema de las discapacidades dan pie al uso de distintos elementos que facilitan tal integración del diseño del hardware y software para crear interfaces hombre-máquina como apoyo al usuario. La mayoría de ellos abarcan una discapacidad siendo de la vista la más desarrollada como ayuda a invidentes. (MARVAL, Salvador.2011.pág.78).

Permitiendo la comunicación a través del software con relación con realimentación auditiva. Se desea demostrar con el interfaz hombre-máquina es capaz de suplir la necesidad de comunicación del individuo con las tres limitaciones tales como el habla, la visual y la mejora establecido un vínculo de tal manera. Que el medio que lo rodea conozca lo que la persona desea expresar a través de las palabras mediante el ligero movimiento de la cabeza por medio de dos sensores hardware y adicional e interpretando por el software donde además será visualizado por medio de un computadora. (FOLGUERAS, José. 2011. pág, 591).

Una interfaz de usuario asistida por ordenador, actualmente una interfaz de uso, también conocida como interfaz hombre-máquina (HMI), forma parte del programa informático que se comunica con el usuario. En ISO 9241-110, el término interfaz de usuario se define como todas las partes de un sistema



interactivo (software o hardware) que proporcionan la información y el control necesarios para que el usuario lleve a cabo una tarea con el sistema interactivo.

La interfaz de usuario interfaz hombre-máquina (HMI) es el punto de acción en que un hombre entra en contacto con una máquina. El caso más simple es el de un interruptor: No se trata de un humano ni de una máquina (la lámpara), sino una interfaz entre los dos. Para que una interfaz hombre-máquina (HMI) sea útil y significativa para las personas, debe estar adaptada a sus requisitos y capacidades. Por ejemplo, programar un robot para que encienda la luz sería demasiado complicado y un interruptor en el techo no sería práctico para una luz en un sótano.

Son programas que nos ayudan a los usuarios por medio de ordenadores ya sea análogos o digital enviado a un actuador a relacionarse con la máquina y el mundo exterior lo que usuario desea expresar o por medio de dos sensores hardware y adicional e interpretando por el software donde además será visualizado por medio de un computadora, una interfaz hombre-máquina consiste simplemente en algo tan sencillo como un canal de comunicación entre el usuario y el ordenador o una máquina. Su complejidad puede ir desde los dispositivos clásicos más sencillos, como un teclado, hasta las sofisticadas interfaces cerebro máquina que utilizan señales registradas del sistema nervioso que actualmente son más usuales con la tecnología actual.

### **1.3.5.2 Clasificación de interfaz hombre-máquina (HMI)**

Pensando sistemáticamente, la interfaz del usuario es una de las interfaces hombre-máquina (HMI): Hombre ↔ interfaz hombre-máquina ↔ máquina. Distintas ciencias se dedican a este tema, como TI, la investigación cognitiva y la psicología. El conocimiento básico para un diseño de interfaz que le resulte fácil de utilizar al usuario se recoge en la disciplina científica de la ergonomía, las áreas de actividad en sí son la ergonomía cognitiva, la ergonomía de sistemas y la

ergonomía del software ingeniería del uso. (FROIDEVAUX, Gabriel.2009, pág. 592).

### **1.3.5.3 Operar y observar**

La interfaz del usuario, además de una interfaz humano-máquina (HMI), también se denomina interfaz hombre-máquina (HMI) y permite que el operador, en ciertas circunstancias, vaya más allá del manejo de la máquina y observe el estado del equipo e intervenga en el proceso.

La información comentarios se proporciona por medio de paneles de control con señales luminosas, campos de visualización o botones, o por medio de software que utiliza un sistema de visualización que se ejecuta en una terminal, por ejemplo. Con un interruptor de una lámpara, la información visual se proporciona a partir de la impresión de luz y la configuración del interruptor en encendido y oscuridad con el interruptor apagado.

En la cabina del conductor de un vehículo también se encuentran múltiples interfaces de usuario, desde los controles (pedales, volante, interruptores y palancas de los intermitentes, etc.). A través de reconocimientos visuales de la "máquina", el vehículo (pantalla de velocidad, marcha, canal de la radio, sistemas de navegación).

### **1.3.5.4. Facilidad de uso de la interfaz hombre-máquina**

El éxito de un producto técnico depende de más factores aparte del precio, la fiabilidad y el proceso de vida, también depende de factores como la capacidad de manipulación y la facilidad de uso para el usuario.

Lo ideal sería que una interfaz hombre-máquina (HMI), se explicara por sí misma de forma intuitiva, sin necesidad de formación. El interruptor de la luz, a pesar de su popularidad y simplicidad, no es la interfaz de usuario ideal sino una solución

intermedia entre dos objetivos contradictorios. En este caso, el interruptor debe estar situado cerca del dispositivo que se va a encender, por ejemplo en la lámpara en sí (para que no tenga que buscarlo). O de lo contrario, debe estar cerca de la puerta (donde se encuentra normalmente) para que no tenga que buscarlo en la oscuridad. Otra interfaz popular, pero que tampoco resulta ideal, es la pantalla táctil: En este caso, puede iniciar un programa para el correo electrónico, por ejemplo, tocando la pantalla y luego recibe el correo. (MALDONADO, Milton. 2009, pág. 59).

Sin embargo, cuando pulsa el icono, el dedo cubre el icono en sí. Esto generalmente no crea problemas, pero no es posible dibujar o escribir con precisión en la pantalla con los dedos.

### **1.3.5.5 Evolución de las interfaces hombre-máquina (HMI)**

Para productos con un proceso de vida largo, la interfaz hombre-máquina (HMI) se ha ido optimizando con los años, hay dos botones que ya no están en los dispositivos de reproducción de audio y vídeo, y que eran comunes en los ochenta, la función del interruptor para pasar a la toma anterior o a la siguiente toma estaba integrada en los botones de adelantar y rebobinar. (MANTILLA, Silvio.2010, pág. 143).

Para ello, la interfaz de usuario se volvió más compleja, ya que cada uno de los dos botones tenía dos funciones, para los desarrolladores de interfaces de usuario, una reducción así desempeña un papel principal reducción del acceso a una máquina compleja con unos pocos controles puede facilitar el manejo básico pero normalmente no es adecuado para la complejidad, con los sistemas operativos tan complejos de los equipos modernos, este objetivo en cuestión se soluciona por medio de dos categorías de interfaz de usuario interfaz hombre-máquina (HMI) (RODRIGUEZ, Ernesto, 2010 pág. 67).

Una muestra al usuario los iconos habituales, la papelera de reciclaje, la carpeta, etc., los cuales comprende y puede manejar inmediatamente sin tener que emplear

tiempo en aprenderlos: por ejemplo, si hace clic en un vínculo se abre el sitio web pretendido, la otra les permite utilizar una interfaz de línea de comandos para acceder al sistema del equipo a bajo nivel, sin embargo esta requiere una gran cantidad de aprendizaje.

#### **1.3.5.6 Modelos de Diseño de Interfaz**

Cuatro modelos diferentes entran en juego cuando hay que diseñar una interfaz hombre-máquina HMI, el ingeniero de software crea un modelo de diseño, el ingeniero del software establece un modelo de usuario, el usuario final desarrolla una imagen mental que se denomina a menudo el modelo del usuario o la percepción del sistema, y los creadores del sistema crean una imagen del sistema, desgraciadamente, estos modelos pueden diferir significativamente, el papel del diseñador de interfaces es reconciliar estas diferencias y obtener una representación consistente de la interfaz. (RODRIGUEZ, Ernesto, 2010 pág. 89).

Un modelo de diseño del sistema completo incorpora representaciones de datos, arquitectónicas, de interfaces y procedimentales del software, la especificación de requisitos puede establecer ciertas restricciones que ayudan a definir al usuario del sistema, pero el diseño de interfaz es a menudo secundario en comparación con el modelo de diseño. (RODRIGUEZ, Ernesto, 2010 pág. 90).

#### **1.3.5.7 Aspectos del Diseño**

A medida que evoluciona el diseño de la interfaz del usuario, emergen casi siempre cuatro aspectos comunes del diseño: El tiempo de respuesta del sistema, las facilidades de ayuda al usuario, la manipulación de la información de errores y el etiquetado de órdenes, desgraciadamente, muchos diseñadores no tratan estos aspectos hasta relativamente tarde en el proceso de diseño (a veces la primera indicación de un problema no aparece hasta que tenemos disponible un prototipo en funcionamiento), casi siempre provoca revisiones innecesarias, retrasos del proyecto y frustración del cliente, es mucho mejor establecer cada una como un

aspecto del diseño a considerar al principio del diseño del software, cuando todavía los cambios son fáciles de realizar y los costes son bajos.

El tiempo de respuesta del sistema es la queja principal de muchos sistemas interactivos, en general, el tiempo de respuesta de un sistema se mide desde el momento en que el usuario realiza alguna acción de control hasta que responde el software con la salida o acción deseada.

El tiempo de respuesta del sistema tiene dos características importantes, duración y variabilidad. Si la duración del tiempo de respuesta de un sistema es demasiado larga, el resultado inevitable es la frustración y estrés del usuario. Sin embargo, un tiempo de respuesta demasiado corto puede ser también perjudicial si la interfaz le mete prisas al usuario, una respuesta rápida puede forzar al usuario a correr y, por tanto, a cometer errores.

La variabilidad se refiere a la desviación del tiempo medio de respuesta y en muchos aspectos, es la característica más importante del tiempo de respuesta, una variabilidad pequeña permite al usuario establecer un ritmo, incluso si el tiempo de respuesta es relativamente largo, por ejemplo, es preferible un segundo de retardo a una orden que un retardo que varía de 0,1 a 2,5 segundos.

En algunos casos, una pregunta fácil dirigida a un compañero con más conocimientos basta en otros, la única opción puede ser hacer una detallada investigación en un conjunto amplio de manuales de usuario, en muchos casos, sin embargo, el software moderno proporciona una ayuda en línea que permite al usuario responder una pregunta o resolver un problema sin abandonar la interfaz.

Encontramos dos tipos diferentes de ayudas, la integrada y la agregada. Una ayuda integrada se diseña en el software desde el principio, es a menudo sensible al contexto, permitiendo al usuario seleccionarla de los temas relacionados con las acciones que se realizan comúnmente.

### **1.3.5.8 Herramientas de Implementación**

El proceso de diseño de la interfaz del usuario es interactivo, es decir, se crea un modelo de diseño, se implementa como prototipo, lo examinan los usuarios y se modifica basándose en sus comentarios.

Para adaptarse a este enfoque de diseño interactivo han evolucionado una amplia gama de herramientas de diseño de interfaz de creación de prototipos, denominadas kits de herramientas de interfaz de usuario o sistemas de desarrollo de interfaz de usuario, estas herramientas proporcionan rutinas u objetos que facilitan la creación de ventanas, menús, interacción con dispositivos, mensajes de error, órdenes y muchos otros elementos de un entorno interactivo.

Al utilizar paquetes de software pueden usar directamente el diseñador y el que lo implemente, o bien por la interfaz de usuario, un desarrollo de interfaz de usuario proporciona mecanismos integrados para:

- Gestionar dispositivos de entrada (tales como ratón o teclado)
- Validar las entradas del usuario
- Manejar errores y mostrar mensajes de error
- Proporcionar respuestas
- Proporcionar ayuda y peticiones de información
- Manejar ventanas y campos, controlando el movimiento del texto dentro de ventanas
- Establecer conexiones entre el software de aplicación y la interfaz
- Aislar la aplicación de las funciones de gestión de la interfaz
- Permitir al usuario personalizar la interfaz

Las funciones descritas anteriormente se pueden implementar usando un enfoque gráfico o basado en lenguaje.

### **1.3.5.9 Evaluación del Diseño**

Una vez que se ha creado un prototipo de interfaz de usuario que funcione, debe evaluarse para determinar si satisface las necesidades del usuario, el espectro de la evaluación puede ir desde una "ejecución de prueba" informal en la que el usuario proporcione sus sensaciones hasta un estudio diseñado formalmente que use métodos estadísticos para la evaluación de cuestionarios rellenos por una población de usuarios finales. (CEPEDA, Gustavo, 2009 pág. 56).

Después de determinar el diseño preliminar, se crea un prototipo de primer nivel, el prototipo lo evalúa el usuario, quien proporciona al diseñador comentarios directos sobre la eficacia de la interfaz, además, si se utilizan técnicas formales de evaluación, el diseñador puede extraer información útil, las modificaciones del diseño se hacen basándose en la información que aporta el usuario y se crea el prototipo de siguiente nivel.

El proceso de evaluación continúa hasta que no son necesarias más modificaciones al diseño de la interfaz. Pero ¿Es posible evaluar la calidad de la interfaz de usuario antes de crear un prototipo? Si se pueden detectar y corregir tempranamente los problemas potenciales, el número de bucles de proceso de evaluación se reducirá y se acortará la duración del desarrollo.

### ***1.3.6. PLC***

#### **1.3.6. 1. Definición**

Un controlador lógico programable, PLC o controlador programable es una computadora utilizada para la automatización de típicamente industriales electromecánicos procesos, como el control de la maquinaria en la fábrica de las líneas de montaje, juegos mecánicos, o artefactos de iluminación. PLC se utilizan en muchas máquinas, en muchas industrias. PLC están diseñados para múltiples arreglos de entradas digitales y analógicas y salidas, los rangos de temperatura

extendidos, inmunidad al ruido eléctrico, y la resistencia a la vibración y el impacto.

Programas para el control de funcionamiento de la máquina normalmente se almacenan en la batería de copia de seguridad o la memoria no volátil, un PLC es un ejemplo de un "duro" en tiempo real del sistema ya que los resultados de salida deben ser producidos en respuesta a las condiciones de entrada en un tiempo limitado, de lo contrario resultará una operación no intencionada.

El uso de un ordenador de propósito general para el control de procesos requiere la protección de la computadora de las condiciones del suelo de la planta, un equipo de control industrial tendría varios atributos: sería tolerar el ambiente del taller de la planta, que apoyaría discreta (en forma de bits) de entrada y salida de una manera fácilmente extensible, no requeriría años de entrenamiento para usar, y que permitiría su operación a ser monitoreados, el tiempo de respuesta de cualquier sistema informático debe ser lo suficientemente rápido para ser útil para el control.

### **1.3.6. 2. Leguaje Ladder**

El ladder también denominado lenguaje de contactos o en escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está en los esquemas eléctricos de control clásicos, de este modo con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje.

#### **a) Simbología utilizada en lenguaje de programación ladder**

Estos símbolos son los más usados en el lenguaje ladder y ellos derivan muchas más que fueron incorporándose a medida que los PLC fueron ampliando su gama de prestaciones.



## **b) Ejemplos de aplicación de los PLC**

Maniobras de máquinas

Máquinas industriales de muebles y la madera

Máquinas en procesos de grava, arena y cemento

Máquinas en la industria del plástico

Máquinas-herramientas complejas

Máquinas de ensamblaje

Máquinas de transferencia

Instalaciones de aire acondicionado y calefacción

Instalaciones de plantas embotelladoras.

Instalaciones de la industria azucarera. (ANAD, Manual.2009.pag, 1).

Estructura básica del PLC. La CPU soporta los siguientes tipos de bloques lógicas que permiten estructurar eficientemente el programa de usuario:

- Los bloques de organización (OBS) definen la estructura del programa, algunos OBs tiene reacciones y eventos de arranque personalizados.
- Las funciones (FCs) y los bloques de función (FBs) contienen el código de programa correspondiente a tareas específicas o combinaciones de parámetros. Cada FCo FB proviene parámetros de entradas y salidas para compartir datos con el bloque invocante.
- Un FC utiliza también un bloque de datos asociado (denominado DB instancia) para conservar el estado de valores durante la ejecución que puede ser utilizado con otros bloques de programa.
- Los bloques de datos (DBs) almacenan datos que pueden ser utilizados por los bloques del programa. (SIEMENS, Manual 2011 pág. 61).

### **1.3.6. 3. Aplicaciones del PLC en las industrias**

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario realizar procesos de maniobra, control, señalización, etc. Por tanto, su aplicación abarca desde los procesos de fabricación industrial de cualquier tipo al de transformaciones industriales, control de instalaciones, etc. La selección de un PLC como sistema de control depende de las necesidades del proceso de productivo que tiene que ser automatizado, considerando como los más importantes aspectos.

### **1.3.6. 4. Pantallas HMI**

Una interfaz hombre maquina o HMI (Human Machine Interface), por sus siglas en ingles es un sistema que presenta datos a un operador y a través del cual este controla un determinado proceso.

Las HMI podemos definir las como ventana de un proceso. Donde esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o una computadora.

Interacción Hombre- Máquina (HMI) o Interacción Hombre-Computadora tiene como objeto de estudio el diseño, la evaluación y la implementación de sistemas interactivos de computación para el uso humano, así como los principales fenómenos que lo rodean, dado que este es un campo muy amplio han surgido áreas más especializadas.

## **CAPÍTULO II**

### **2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS**

#### **2.1. Breve Caracterización del Objeto de Estudio**

El 24 de enero de 1995, surge la Universidad Técnica de Cotopaxi, luego de un gran proceso de lucha iniciado por el año de 1989 con la constitución del Comité Pro-Extensión Universitaria para Cotopaxi, mismo que nace como respuesta a las aspiraciones de decenas de jóvenes que aspiraban contar con un centro de educación superior que haga posible el sueño de formar profesionales y aporten al desarrollo del pueblo Cotopaxense.

Para que este justo anhelo se pueda materializar, hubo de enfrentar la dura oposición de los sectores oligárquicos de la provincia, quienes no aceptaban que la juventud cuente con una universidad; los gobiernos de turno, Congreso Nacional y autoridades seccionales, nunca pusieron interés en la propuesta. Los sueños y el espíritu de la juventud rebelde lograron arrinconar la actitud negativa de las autoridades provinciales, quienes gracias a la presión social se vieron obligados a convocar a un Paro Provincial el 22 de febrero de 1991, del que se desprendió como único punto victorioso la creación de la Extensión Universitaria y posteriormente conquistar la autonomía universitaria el 24 de enero de 1995

Han transcurrido ya 17 años de su creación la UTC, la “Universidad del Pueblo”, es el orgullo de la Provincia, ya que ha contribuido de manera significativa al desarrollo local y nacional, es fuente del saber, del conocimiento científico y ancestral; la investigación, ciencia y tecnología ha aportado a soluciones de las

capas populares; la Universidad se ha vinculado profundamente con su pueblo mediante la extensión Universitaria; es cuna de la cultura, de las artes y el deporte.

La UTC, es la Universidad del joven hijo del obrero, indígena, campesino, maestro, comerciante, cholo, mestizo, es ejemplo de democracia, respetuosa del libre ingreso, abierta a las diferentes corrientes del pensamiento, crítica y propositiva frente a los problemas que aquejan a una sociedad afectada por la grave crisis social del mundo capitalista.

### ***2.1.1. Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas***

Es necesario que la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, asuma el reto de preparar profesionales integrales, críticos, analistas con especial énfasis en la formación general y la visión holística del mundo, de forma tal que sean capaces de integrarse al mundo del trabajo y crear alternativas de acuerdo con las necesidades del campo ocupacional, esto significa que los estudiantes deben aprender a adaptarse y transformar el medio en el que se desarrollan.

La provincia de Cotopaxi está ubicada en la zona centro del país, constituida por siete cantones, con una variedad de climas y un gran potencial industrial, con proyección al desarrollo productivo principalmente en la pequeña y gran industria: metalúrgica, metalmecánica, agrícola, ganadera, minera, comercial, habitacional, transporte, etc. Su ubicación geográfica está marcada por una orientación agropecuaria dirigida hacia el mercado interno, donde predominan todavía actividades de tipo tradicional y con un componente étnico donde sobresale la población indígena y mestiza.

La gran industria así como las pequeñas y medianas empresas (PYMES) favorecen el paso de actividades simples, basadas en recursos naturales y de escaso valor agregado, en actividades más productivas que generan mayores rentas y que están ligadas al desarrollo tecnológico y la innovación.

### ***2.1.2. Misión***

La Universidad Técnica de Cotopaxi, forma profesionales humanistas con pensamiento crítico y responsabilidad social, de alto nivel académico, científico y tecnológico con liderazgo y emprendimiento, sobre la base de los principios de solidaridad, justicia, equidad y libertad; genera y difunde el conocimiento, la ciencia, el arte y la cultura a través de la investigación científica y la vinculación con la sociedad para contribuir a la transformación económica-social del país.

### ***2.1.3. Visión***

Será un referente regional y nacional en la formación, innovación y diversificación de profesionales acorde al desarrollo del pensamiento, la ciencia, la tecnología, la investigación y la vinculación en función de la demanda académica y las necesidades del desarrollo local, regional y del país.

### ***2.1.4. Hipótesis***

- Hi el diseño e implementación de un módulo didáctico con variador de frecuencia como fuente de ahorro de la energía en el laboratorio de máquinas eléctricas de la carrera en Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi fortalecerá significativamente el proceso de enseñanza aprendizaje de los estudiantes del cantón La Maná?
- Ho el diseño e implementación de un módulo didáctico con variador de frecuencia como fuente de ahorro de la energía en el laboratorio de máquinas eléctricas de la carrera en Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi NO fortalecerá significativamente el proceso de enseñanza aprendizaje de los estudiantes del cantón La Maná?

**CUADRO N° 1**

***2.1.5. Operacionalización de las Variables***

<b>Variables</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Subdimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnica Instrumento</b>
Ahorro de Energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variador de Frecuencia</li> <li>• Arranque Estrella Triangulo</li> <li>• Inversión de giro de un motor Trifásico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas de Fuerza</li> <li>• Sistemas de Control</li> <li>• Relé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Panel BOP</li> <li>• Potenciómetro</li> <li>• Temporizador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación</li> </ul>
Aprendizaje Didáctico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guías Prácticas de laboratorio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herramientas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de diagramas eléctrico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición Observación</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia</li> <li>• Equipo de medición</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel de voltajes</li> <li>• Amperímetro analógico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto voltaje</li> <li>• Bajo voltaje</li> <li>• Motor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encuesta</li> </ul>

**Realizado por:** Pilaguano Gavilanez Luis Euclides.

## **2.2. Metodología Empleada**

### ***2.2.1. Tipos de Investigación***

Para la elaboración del proyecto de tesis se utilizó la investigación exploratoria para conocer los antecedentes nacionales o internacionales, las características necesarias y suficientes de un módulo didáctico con variador de frecuencia de algunos años anteriores de otras instituciones o industrias en el área del proyecto; estadísticas de fabricantes y comercializadores, datos técnicos importantes tales como: Demanda, dimensionamiento, precios, de variador de frecuencia y otros.

Además, la investigación utilizó la investigación descriptiva que permitió conocer en forma detallada las características de las potencias de los variadores de frecuencia. Nos facilitó la evaluación de los estudios técnicos y prácticos, para obtener un resultado de innovación avanzada en los equipos, software

Adicionalmente, el trabajo investigativo a realizarse utilizó estudios correlacionales, por cuanto se ha establecido varias relaciones de variables de manera simple, tales como:

- Relación existente entre la implementación un módulo didáctico con variador de frecuencia, y el ahorro de energía que el mismo representa para el laboratorio de máquinas eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Asimismo, la investigación que se realizó utilizó estudios explicativos, que sirvieron para conocer a detalle el fenómeno de estudio, causas, síntomas y efectos.

### ***2.2.2. Métodos de Investigación***

#### **2.2.2.1. Método deductivo**

Es un proceso que parte de un conocimiento general y arriba un particular la aplicación de este método lleva un conocimiento con grado de certeza absoluta

este método se utilizó para conocer la situación real del proceso y la observación del funcionamiento de los equipos instalados de tal manera que permitió dar conclusiones y recomendaciones en beneficio de la misma.

#### **2.2.2.2. Método inductivo**

Es parte de la observación de la realidad para mediante su generalización llegar a la formulación de la ley o regla científica, este método se utilizó para determinar las preguntas científicas y a través de esto se pudo analizar los resultados obtenidos que partió de la situación concreta esperando encontrar información para analizarla en un marco teórico general y de esta manera obtener conclusiones del problemas de investigación.

#### **2.2.2.3. Método analítico**

Se encargó de explicar un fenómeno iniciando su estudio por las partes más específicas que lo identifican (los efectos) y en base a esto llegar a una explicación total del problema, y para explicar el problema de investigación interrelacionando los efectos presentados en el análisis y construir explicaciones al problema se utilizó el método sintético.

Durante el desarrollo de la investigación se utilizó técnicas como la observación directa, que permitieron obtener un conocimiento acerca del comportamiento del objeto de investigación, tal como este se da en la realidad, facilitando al investigador contar con información directa e inmediata sobre el fenómeno u objeto que se está investigando; la encuesta, ayudó la recopilación de datos de la población frente a una problemática determinada, posibilitando al informante tener mayor libertad para expresar sus opiniones sobre un tema en particular.



## 2.3. Población y Muestra

### 2.3.1. Población o universo de la investigación

La población universo inmersa en la investigación, está compuesta por los, docentes y estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi La Maná

CUADRO N° 2

#### POBLACIÓN

Estrato	Datos
Estudiantes de Electromecánica Latacunga	368
Estudiantes de Electromecánica La Maná	54
Docentes de la Carrera	4
Total	426

**Fuente:** Secretaria UTC – La Maná, 2015.

**Realizado por:** Pilaguano Gavilanez Luis Euclides.

### 2.3.2. Tamaño de la muestra

Para el cálculo del tamaño de la muestra se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N}{E^2 (N - 1) + 1}$$

Dónde:

N = Población

n = Tamaño de la muestra

E = Error (0,05)

Desarrollo de la fórmula:

$$n = \frac{426}{(0,05)^2 (426 - 1) + 1}$$

$$n = \frac{425}{(0,0025) (426) + 1}$$

$$n = \frac{425}{1.0625 + 1}$$

$$n = \frac{425}{2.0625}$$

$$n = 206.545$$

Por lo expuesto, la investigación se fundamentará con los resultados de 206 estudiantes y un docente a encuestar.

### **2.3.3.3. Criterios de selección de la muestra**

El método a utilizarse para la selección de la muestra es el aleatorio estratificado proporcional, por tal motivo se presenta el siguiente cuadro.

### CUADRO N° 3

#### ALEATORIO ESTRATIFICADO PROPORCIONAL

Estrato	Población	Fracción Distributiva	Muestra
Estudiantes de Electromecánica de Latacunga	368	0.483568075	179
Estudiantes de Electromecánica de La Maná	54	0.483568075	26
Docentes de la Carrera	4	0.483568075	1
Total	426		206

**Realizado por:** Pilaguano Gavilanez Luis Euclides.

$$f^2 = \frac{n}{N}$$

$$f = \frac{206}{426}$$

$$f = 0.483568075$$

Dónde:

f=Factor de Proporcionalidad

n=Tamaño de la Muestra

N=Población Universo

Por lo tanto, se debe aplicar 1 encuesta a Docentes de La Maná, a 26 Encuestas a los estudiantes de La Maná, 179 Encuestas a los alumnos de Latacunga en la carrera de Electromecánica según los datos presentes en el cuadro.

#### 2.3.3.4 Métodos y técnicas a ser empleadas

En la investigación se empleará el método inductivo, por cuanto a los resultados de la encuestas se aplicarán para conceptualizar los soportes necesarios para la

implementación de los variadores de frecuencia, que nos ayudarán al fortalecimiento y el desarrollo de los futuros profesionales serán gracias al diseño de variadores de frecuencia para el ahorro energético en el laboratorio de la carrera en Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi La Maná, además los aspectos positivos del estudio de posibilidades, serán recomendados para extender el alcance del proyecto en la Provincia de Cotopaxi y a nivel nacional.

Se utilizó deducción en base a los siguientes razonamientos.

La ingeniería en Electromecánica es la base para la implementación de módulo didáctico, así el diseño e implementación en el laboratorio de máquinas eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná.

Los proyectos de montaje electrónico e industrial necesitan el estudio de manuales para su instalación del variador de frecuencia debe complementarse con lineamientos que mitiguen los efectos negativos de los imprevistos.

Es importante que la investigación trabaje con el método de análisis, para identificar las partes del montaje de variador de frecuencia de las relaciones existentes entre ellas, con la finalidad de realizar adecuadamente la práctica.

Finalmente mediante la síntesis, se estudió los elementos establecidos del diseño e implementación con variador de frecuencia como fuente de ahorro de la energía, con el fin de verificar que cada uno de ellos, reúna los requerimientos necesarios.

El levantamiento de datos se realizó mediante encuestas y observaciones aplicables a las conexiones eléctricas del módulo, la observación según Operacionalización de variables y análisis de mediciones se realizó mediante el manejo estadístico se fundamentará con la utilización de frecuencias, moda, porcentajes y promedios.

## 2.4. Análisis e Interpretación de Resultados

### 2.4.1. Encuesta realizada a los estudiantes

#### Pregunta 1

¿Cree usted que el ahorro de energía eléctrica en el laboratorio de la carrera en Electromecánica es beneficioso para la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná?

CUADRO N° 4

#### DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA

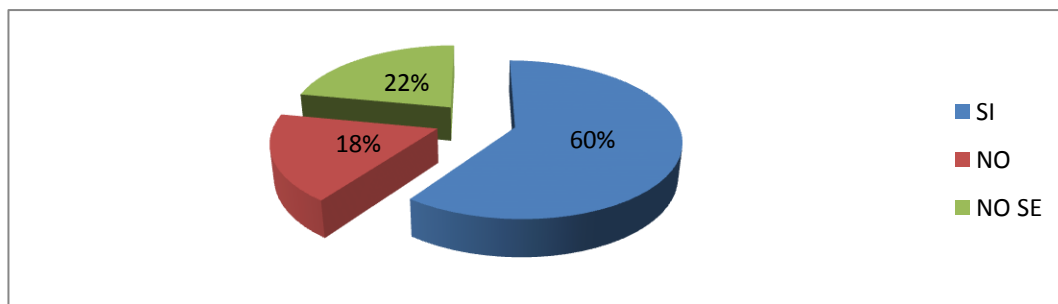
ALTERNATIVA	CANTIDAD	PORCENTAJE %
SI	124	60
NO	37	18
NO SE	45	22
<b>Total</b>	<b>206</b>	<b>100</b>

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Pilaguano Gavilanez Luis Euclides.

GRÁFICO N° 7

#### DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA



#### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Según la encuesta realizada al 100% de los estudiantes, podemos determinar que el 60% manifiesta que el ahorro de energía eléctrica en el laboratorio de la carrera en Electromecánica es beneficiosa para la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná y el 18% dice que no, mientras que el 22% restante considera regular.

## Pregunta 2

¿Como considera la eficiencia del consumo de energía eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná es cien por ciento eficiente?

**CUADRO N° 5**

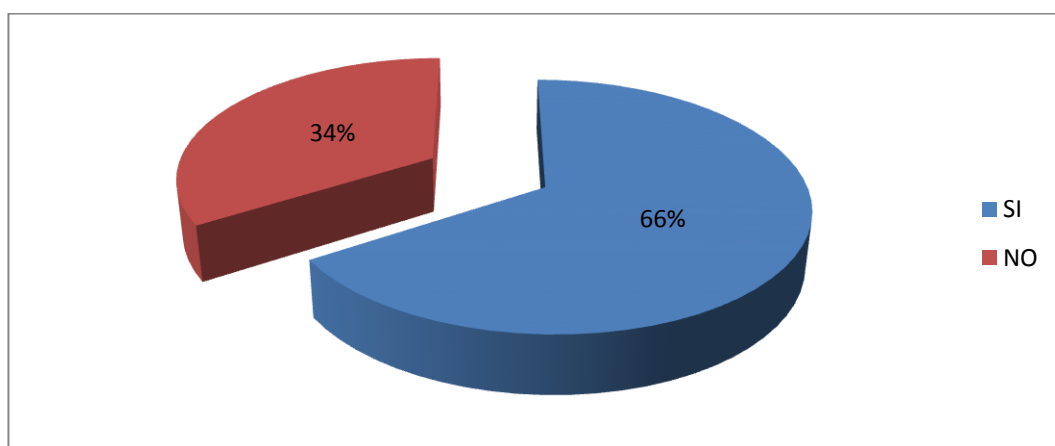
### AMPLIACIÓN DE LABORATORIO

ALTERNATIVA	CANTIDAD	PORCENTAJE %
SI	135	66
NO	71	34
<b>Total</b>	<b>206</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Encuesta

**Elaborado por:** Pilaguano Gavilanez Luis Euclides.

**GRÁFICO N° 8**  
**AMPLIACIÓN DE LABORATORIO**



### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Dados los resultados de la encuesta realizada al 100% de los estudiantes encuestados el 66% eficiencia del consumo de energía eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná es cien por ciento eficiente mientras que el 34% opina que no.

### Pregunta 3

¿Sabía usted que un variador de frecuencia G110 a 220 V / 380 V protege a los equipos eléctricos y electrónicos instalados?

**CUADRO N° 6**

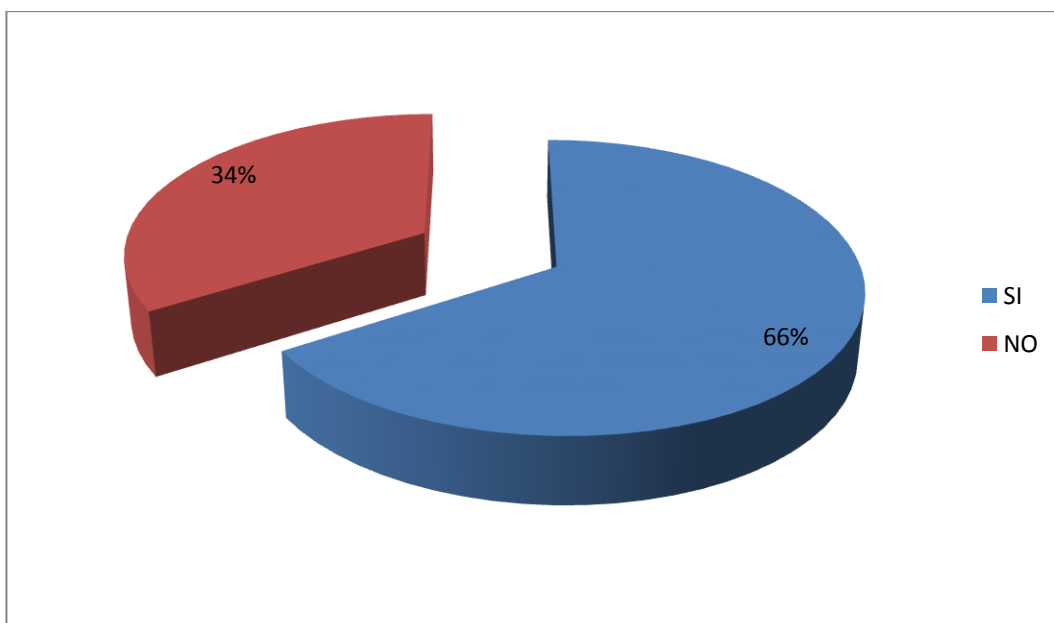
#### SERVICIO A LA COMUNIDAD

ALTERNATIVA	CANTIDAD	PORCENTAJE %
SI	142	69
NO	64	31
<b>Total</b>	<b>206</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Encuesta

**Elaborado por:** Pilaguano Gavilanez Luis Euclides.

**GRÁFICO N° 9**  
**SERVICIO A LA COMUNIDAD**



### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Según la encuesta realizada a los estudiantes podemos determinar que del 100% de los encuestados el 69% conveniente instalar dispositivos de ahorro de energía en Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná 31% manifiesta que no.

#### Pregunta 4

Le gustaría conocer los beneficios que presentan el variador de frecuencia G110 a 220 V / 380 V a los equipos eléctricos y electrónicos instalados?

**CUADRO N° 7**

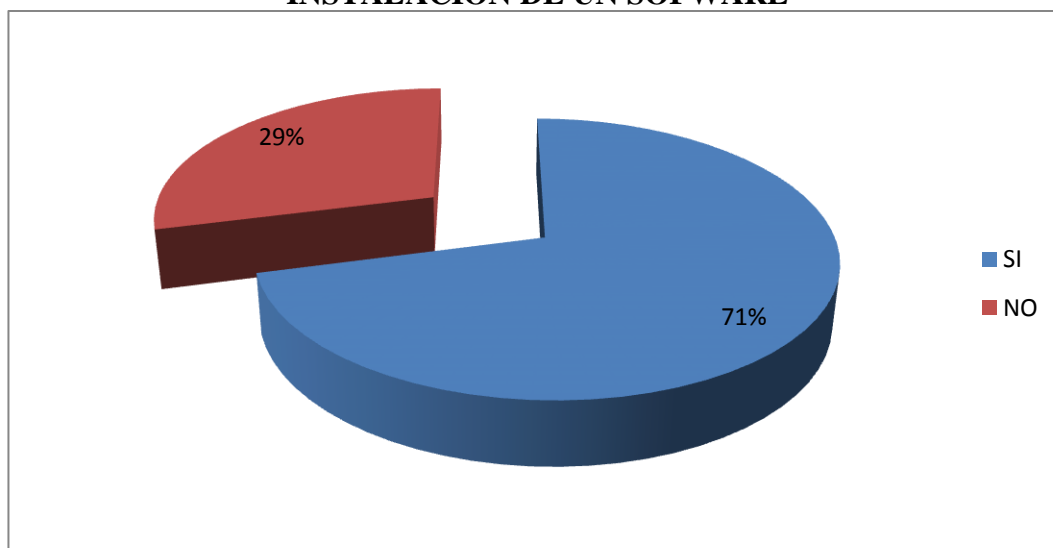
#### **INSTALACIÓN DE UN SOFTWARE**

<b>ALTERNATIVA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
SI	146	71
NO	59.74	29
<b>Total</b>	<b>206</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Encuesta

**Elaborado por:** Pilaguano Gavilanez Luis Euclides.

**GRÁFICO N° 10**  
**INSTALACIÓN DE UN SOFTWARE**



#### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN**

Según los estudiantes encuestados podemos determinar que del 100% de los encuestados el 71% Le gustaría conocer los beneficios que presentan el variador de frecuencia G110 a 220 V / 380 V a los equipos eléctricos y electrónicos instalados, y el 29% restante considera que no es necesario.



### Pregunta 5

¿Sabía usted que un variador de frecuencia siemens G110 a 220 V / 380 V es un dispositivo que permite ahorrar energía?

**CUADRO N° 8**

#### **DISEÑOS DE PIEZAS MECÁNICAS**

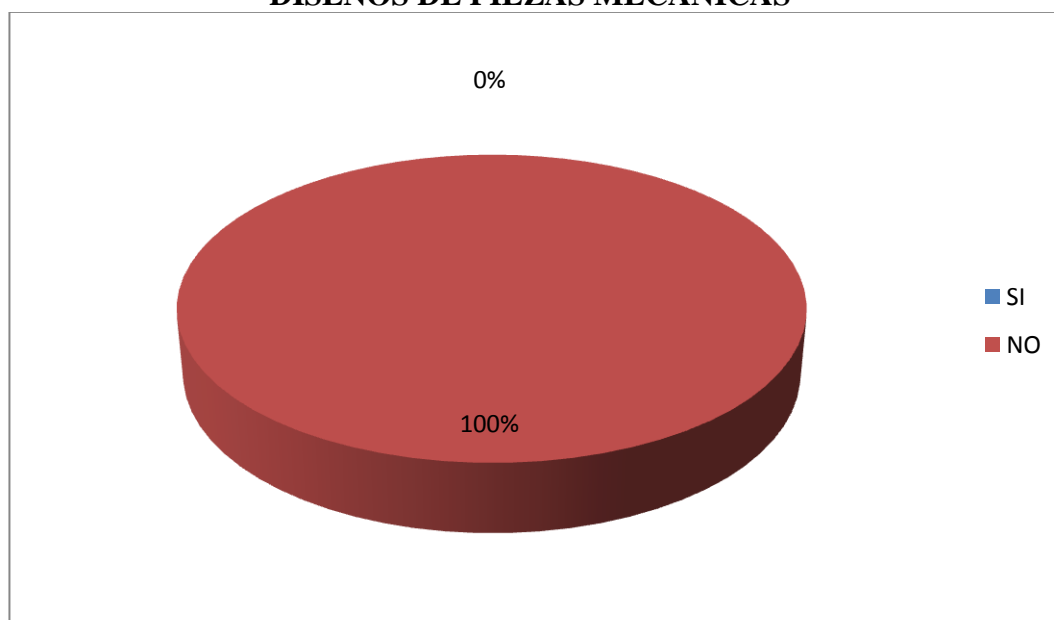
<b>ALTERNATIVA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
SI	0	0
NO	206	100
<b>Total</b>	<b>206</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Encuesta

**Elaborado por:** Pilaguano Gavilanez Luis Euclides.

**GRÁFICO N° 11**

#### **DISEÑOS DE PIEZAS MECÁNICAS**



### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN**

Según la encuesta realizada a los estudiantes podemos determinar que el 100% de los encuestados manifiesta que no tiene conocimiento un variador de frecuencia siemens G110 a 220 V / 380 V es un dispositivo que permite ahorrar energía en máquinas eléctricas.

### Pregunta 6

¿Considera usted que la implementación de un módulo didáctico con variador de frecuencia G110 a 220 V / 380 V ayudará al ahorro y control del motor eléctrico en laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná?

**CUADRO N° 9**

#### **SOFTWARE PARA DISEÑO DE PIEZAS MECÁNICAS**

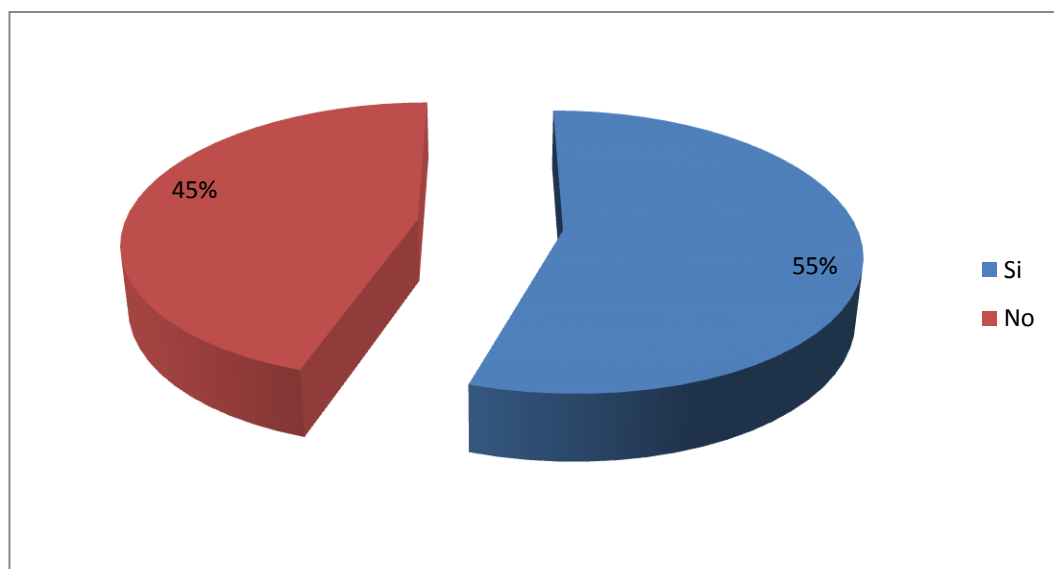
<b>ALTERNATIVA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
Si	113	55
No	93	45
<b>Total</b>	<b>206</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Encuesta

**Elaborado por:** Pilaguano Gavilanez Luis Euclides.

**GRÁFICO N° 12**

#### **SOFTWARE PARA DISEÑO DE PIEZAS MECÁNICAS**



### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN**

Dado los resultados de la encuesta determinamos que del 100% de los estudiantes encuestados el 55% manifiesta que la implementación de un módulo didáctico con variador de frecuencia G110 a 220 V / 380 V ayudará al ahorro y control del motor eléctrico en laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná mientras el 45% dice que no.

### Pregunta 7

¿Considera usted conveniente instalar en laboratorio un módulo didáctico con variador de frecuencia siemens G110 a 220 V / 380 V para el aprendizaje de los estudiantes de la carrera en Electromecánica Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná es?

**CUADRO N° 10**

#### **IMPLEMENTACIÓN DE LABORATORIOS**

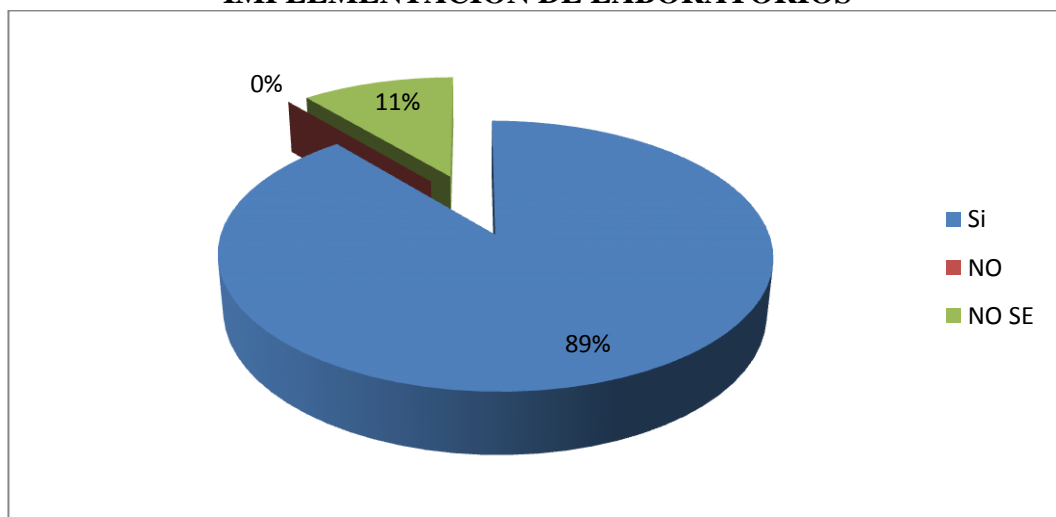
<b>ALTERNATIVA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
Si	184	89
NO	0	0
NO SE	22	11
<b>Total</b>	<b>188</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Encuesta

**Elaborado por:** Pilaguano Gavilanez Luis Euclides.

**GRÁFICO N° 13**

#### **IMPLEMENTACIÓN DE LABORATORIOS**



### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN**

Según la encuesta realizada al 100% de los estudiantes encuestados el 89% considera conveniente instalar en laboratorio un módulo didáctico con variador de frecuencia siemens G110 a 220 V / 380 V para el aprendizaje de los estudiantes de la carrera en Electromecánica Universidad Técnica de Cotopaxi.

### Pregunta 8

¿Le gustaría conocer cómo funciona el variador de frecuencia G110 a 220 V / 380 V con las máquinas eléctricas instalados en el laboratorio de la carrera en Ingeniería en Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná?

**CUADRO N° 11**

#### **TRABAJOS ASISTIDOS POR COMPUTADORAS**

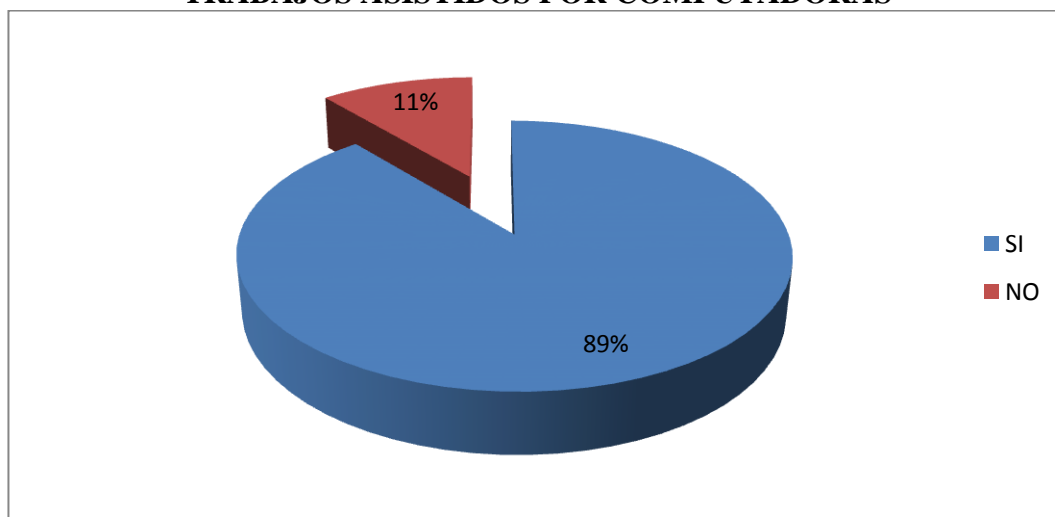
<b>ALTERNATIVA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
SI	167	89
NO	21	11
<b>Total</b>	<b>188</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Encuesta

**Elaborado por:** Pilaguano Gavilanez Luis Euclides.

**GRÁFICO N° 14**

#### **TRABAJOS ASISTIDOS POR COMPUTADORAS**



### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN**

Dado los resultados de la encuesta podemos determinar que el 89% gustaría conocer cómo funciona el variador de frecuencia G110 a 220 V / 380 V con las máquinas eléctricas instalados en el laboratorio de la carrera en Ingeniería en Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi mientras que el 11% dice que no es de mucha utilidad en su especialidad.

### Pregunta 9

¿Cómo considera usted la implementación de tecnología de última generación para un mejor aprendizaje práctico de los estudiantes de la carrera de Electromecánica y por ende de la Universidad?

**CUADRO N° 12**

#### **UTILIZACIÓN DE SOFTWARE EN LA ESPECIALIDAD**

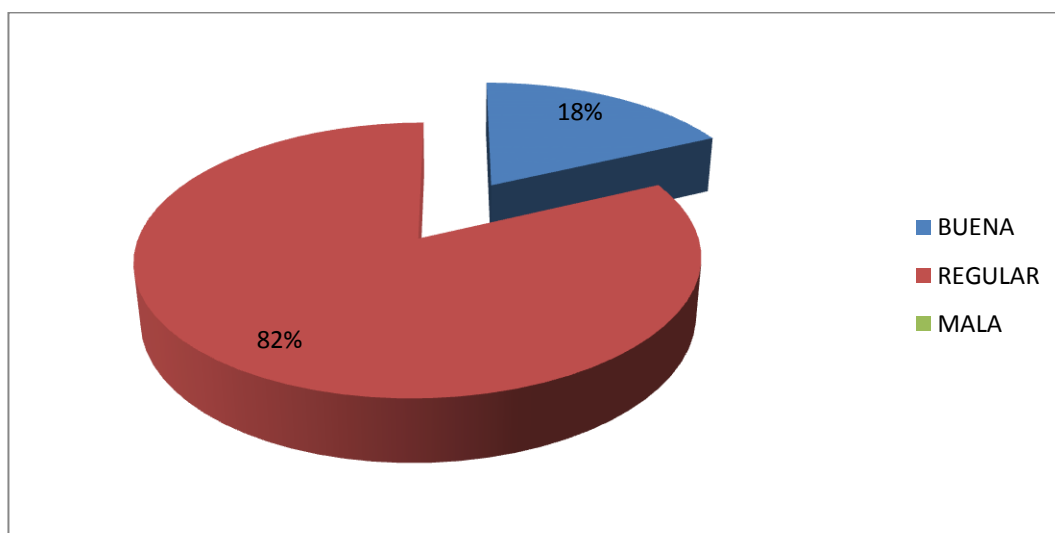
<b>ALTERNATIVA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
BUENA	43	18
REGULAR	163	82
MALA		
<b>Total</b>	<b>206</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Encuesta

**Elaborado por:** Pilaguano Gavilanez Luis Euclides.

**GRÁFICO N° 15**

#### **UTILIZACIÓN DE SOFTWARE EN LA ESPECIALIDAD**



### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN**

Según la encuesta realizada a los estudiantes podemos determinar que el 18% manifiesta que la implementación de tecnología de última generación para un mejor aprendizaje práctico de los estudiantes de la carrera de Electromecánica y por ende de la Universidad.

### Pregunta 10

¿Considera que los estudiantes tengan guías prácticas para el aprendizaje teórico práctico de las aplicaciones del variador de frecuencia en los circuitos eléctricos?

**CUADRO N° 13**

#### **CONOCIMIENTO SOBRE LABORATORIO**

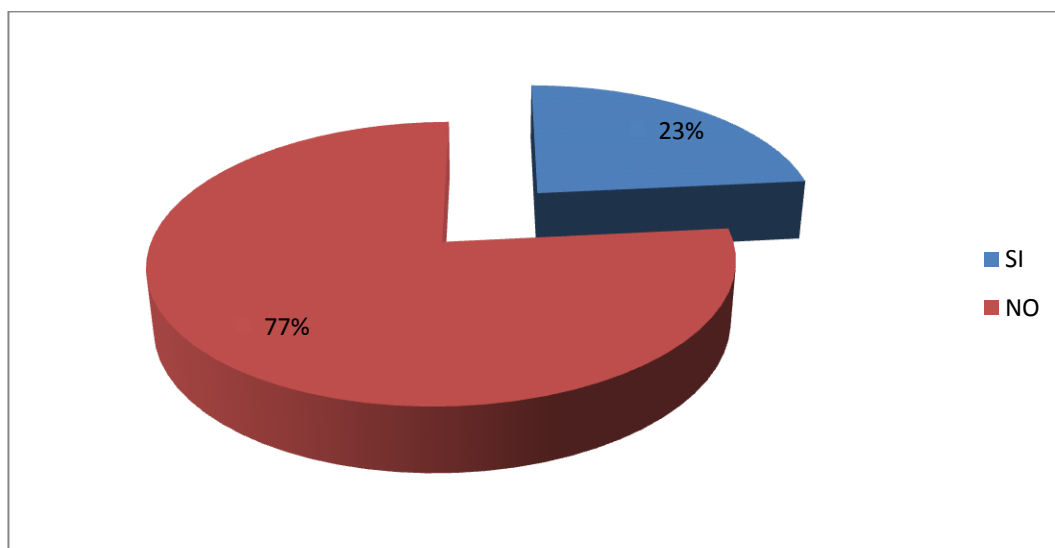
<b>ALTERNATIVA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
SI	47	23
NO	141	77
<b>Total</b>	<b>188</b>	<b>1008</b>

**Fuente:** Encuesta

**Elaborado por:** Pilaguano Gavilanez Luis Euclides.

**GRÁFICO N° 16**

#### **CONOCIMIENTO SOBRE LABORATORIO**



### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN**

Según los resultados de la encuesta podemos determinar que del 100% de los estudiantes encuestados el 23% dice que como estudiante de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná si mantiene conocimiento sobre laboratorio de variador de frecuencia, mientras que el 77% manifiesta que no mantiene conocimiento.

## 2.5. Verificación de la Hipótesis

Una vez realizada la investigación y la observación de resultados, se procede a verificar la hipótesis, tomando en consideración los principales elementos del problema correspondiente a la falta de utilización del variadores de frecuencia los involucrados en el hecho: El personal docentes y estudiantes se ha manejado el siguiente hipótesis.

- Hi el diseño e implementación de un módulo didáctico con variador de frecuencia como fuente de ahorro de la energía en el laboratorio de máquinas eléctricas de la carrera de ingeniería en Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi fortalecerá significativamente el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes del cantón La Maná?

Luego de hacer el análisis respectivo de cada una de las preguntas establecidas en el cuestionario tanto a los docentes y estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi sobre el diseño e implementación de un módulo didáctico con variador de frecuencia como fuente de ahorro de la energía en el laboratorio de máquinas eléctricas de la carrera de la ingeniería en Electromecánica para presentar una propuesta que permitan un mayor conocimiento en el tema por parte de los docentes y fortalecer el conocimiento de los estudiantes, que entienda a una aplicación generalizada de este modelo para su enriquecimiento profesional.

Al diagnosticar el problema, en base a la interpretación de los resultados obtenidos se detectó que los docentes el interés de los estudiantes por la aplicación de este factor para mejorar su desempeño.

Por esta razón, se plantea como alternativa de solución al problema diagnosticado, la capacitación de los maestros y los estudiantes en lo que respecta diseño e implementación de un módulo didáctico con variador de frecuencia como fuente de ahorro de la energía en el laboratorio de la carrera en Electromecánica.

## **2.6 Conclusiones y Recomendaciones**

### ***2.6.1. Conclusiones***

Después de haber realizado las encuestas a los estudiantes y docentes podemos concluir lo siguiente:

- La investigación concluye que para una optimización de recursos es necesario la implementación de módulo didáctico con variador de frecuencia como fuente de ahorro de la energía en el laboratorio máquinas eléctricas de la carrera electromecánica.
- Desde la perspectiva de docentes y estudiantes, existe la necesidad de la aplicación de este tipo de dispositivos en la carrera de Electromecánica que permita el desarrollo de habilidades y destrezas en los estudiantes, para un mejor desempeño profesional.
- El personal docentes y estudiantes coinciden en la necesidad de elaborar un taller de capacitación que permitan la ejecución de técnicas en el módulo didáctico con variador de frecuencia como fuente de ahorro de la energía en el laboratorio de la carrera en Electromecánica contribuyendo de esta manera que los futuros profesionales adquieran conocimientos fundamentales para su buen desempeño.



## ***2.6.2. Recomendaciones***

En base a las conclusiones del trabajo investigado se establece las siguientes recomendaciones:

- De acuerdo al enfoque dado a la investigación, es importante el módulo didáctico con variador de frecuencia como fuente de ahorro de la energía en el laboratorio máquinas eléctricas de la carrera en Electromecánica.
- Considerando que los elementos involucrados en el problema, es necesario la formación de estudiantes de la especialidad con un alto nivel de percepción de aprendizajes significativos, con capacidad de efectuar profesionalmente diseños de circuitos eléctricos y la automatización de los dispositivos.
- Elaborar un taller de capacitación y llevar a cabo un programa de capacitación que fortalezca los conocimientos de los maestros y los estudiantes en la temática planteada a fin de mejorar los conocimientos y fortalecer los niveles profesionales de los estudiantes de la carrera en ingeniería Electromecánica.

## **2.7. Objetivos**

### ***2.7.1. Objetivo general***

Diseñar e implementar un módulo para pruebas en el laboratorio de máquinas eléctricas con variador de frecuencia y PLC S7 1200 como fuente de ahorro energético y automatización de procesos industriales en la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná.

### ***2.7.2 Objetivos específicos***

- Conocer la estructura y características de los variadores de frecuencia.
- Configurar y aplicar los sistemas del PLC S7-1200 para los diferentes circuitos de control y fuerza del módulo de pruebas.
- Programar y analizar el software TIA PORTAL V12 para ejecutar los procesos de operación del módulo de pruebas.
- Diseñar 10 guías prácticas para facilitar la operación del módulo y demostrar el ahorro de energía.

### **2.8. Justificación**

El principal objetivo del presente proyecto es aprovechar las ventajas que proporcionan los variadores de frecuencia, y conocer las posibilidades que brindan dichos dispositivos, aplicados en bombas, ventiladores reduciendo costos en varios aspectos en la industria, además de poder controlar la frecuencia de alimentación de un motor de CA en función de las necesidades que se presenten en un proceso, y además de ofrecer la oportunidad de renovar equipos y materiales didácticos en el laboratorio de máquinas eléctricas en carrera de Electromecánica.

La utilización de variador de frecuencia nos permite ahorrar el consumo de la energía en procesos de alimentación de nuestros equipos y de esta manera eliminando pérdidas en instalaciones en nuestras máquinas eléctricas, la implementación de módulo didáctico con variador de frecuencia en el laboratorio de la carrera de ingeniería en Electromecánica, contribuye al fortalecimiento teóricos de los estudiantes adquiridos en las aulas y aplicarlos realizando prácticas

además de brindar la oportunidad de contar con módulos totalmente equipados con tecnologías que en realidad industrial se están utilizando, situación que permite a los educados adquirir destrezas en el manejo de dichos elementos.

Las razones de utilizar instrumentos metodológicos en el desarrollo del tema de estudio son muchas, por la importancia que han obtenido los sistemas y beneficio de variadores de frecuencia, y en nuestro medio se encuentran proyectos similares implementados que sirvió como punto de partida para ser mejorados con nuestro estudio, se utilizarán instrumentos tales como: Encuestas, observaciones, de resultados obtenidos mediante la simulación del autómata.

## **2.9. Importancia de la Propuesta**

Según los resultados de la investigación realizada, al problema de que radica en las instalaciones de máquinas eléctricas de la Universidad es la falta de implementación módulo didáctico con variador de frecuencia como fuente de ahorro de la energía en el laboratorio de la carrera en Electromecánica.

### ***2.9.1. Descripción de la Propuesta***

El módulo está diseñado para seguir 10 guías prácticas como ejemplos para su operación, cada práctica contiene un esquema de control eléctrico, esquema para las conexiones en los bornes, esquema de programación y un diseño de fuerza.

## **CAPITULO III**

### **3. VALIDACION DE LA PROPUESTA**

#### **3.1. Variadores de frecuencia**

Los variadores de frecuencia son sistemas utilizados para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna. Un variador de frecuencia son vertientes de un variador de velocidad, ya que llevan un control de frecuencia de alimentación, la cual se suministra por un motor.

El control de procesos y el ahorro de energía son las dos de las principales razones para el empleo de variadores de frecuencia. Históricamente, los variadores de frecuencia fueron desarrollados originalmente para el control de procesos, pero el ahorro energético ha surgido como un objetivo tan importante como el primero.

El variador de frecuencia es un dispositivo electrónico que permite controlar y regular la velocidad de motores eléctricos de inducción, esta regulación se realiza por medio del control de la frecuencia de alimentación que se le suministra al motor. Los variadores de frecuencia permiten el correcto funcionamiento de los motores eléctricos, ya que regulan la velocidad a la cual funcionan. El funcionamiento de las máquinas eléctricas puede operar a velocidades constantes o variables, dependiendo del tipo de alimentación, de las características del motor y de las exigencias del proceso. Para controlar que la velocidad del motor sea la óptima, se emplean controladores de velocidad llamados variadores de frecuencia o de velocidad.

### ***3.1.1. Estructura del variador de frecuencia***

Se alimenta al equipo con un voltaje de corriente alterna (CA), el equipo primero convierte la CA en corriente directa (CD), por medio de un puente rectificador (diodos o SCR's), este voltaje es filtrado por un banco de capacitores interno, con el fin de suavizar el voltaje rectificado y reducir la emisión de variaciones en la señal; posteriormente en la etapa de inversión, la cual está compuesta por transistores (IGBT), que encienden y apagan en determinada secuencia (enviando pulsos) para generar una forma de onda cuadrada de voltaje de CD a un frecuencia constante y su valor promedio tiene la forma de onda senoidal de la frecuencia que se aplica al motor.

## **3.2. Construcción del módulo de laboratorio con variador de frecuencia**

Para el diseño y construcción del módulo de variador de velocidad el control de un sistema de automatización, se diseñó mediante la programación de un PLC S7 1200 en el cual se reemplaza casi en su totalidad, el control y la automatización electrónico que está instalado en el panel de operaciones actual, disminuyendo los riesgos de fallas en el sistema, además se utilizó un sistema de interface MHI con el fin de visualizar las variables y modificarlas, en el futuro, y el control de proceso por medio de botones y los elementos virtuales.

Así se simplifica el complicado control en uno más sencillo e interactivo con instrucciones de fácil manejo.

### **3.2.1. Planificación del ensamble del módulo didáctico de laboratorio**

La estructura es el componente que sostiene a los diferentes equipos como el PLC SIMATIC S7-1200, variador de frecuencia, motor y otros elementos del módulo

didáctico que simulan en un sistema ahorro de energía en laboratorio de máquinas eléctricas.

El módulo se dimensiono considerando los elementos y espacios de trabajo que intervinieron en el proyecto, para ello se analizaron las dimensiones generales del tablero didáctico de control, el sitio designado para el variador de frecuencia, PLC SIMATIC S7-1200 el área que fue destinada para las entradas y salidas de convertidor analógicas y digitales, que forma el dicho módulo, la ubicación de los simuladores de señales y el material que se designaron para el proyecto.

Además está diseñado de tal manera que permite modificar, corregir o implementar otros elementos de acuerdo a las necesidades y alcance que se necesite llegar con la estructura. Posteriormente se procedió al dimensionamiento y ubicación de todos los elementos que consta el presente proyecto, entre los equipos y dispositivos que están sujetos a ubicación y dimensionamiento se encuentra:

- Estructura modular
- PLC SIMATIC S7-1200
- Variador de frecuencia G110
- Entradas y salidas del módulo
- Pulsadores y selectores
- Amperímetro analógico
- Otros elementos y materiales

### **3.3. Dimensiones de la estructura modular**

Las dimensiones de la estructura deben ser determinadas a partir de las medidas de los equipos y dispositivos a utilizarse y la distribución física de los mismos teniendo en cuenta la ergonomía y la estética. (ANDRE Samuel , 2010).

Escenario: PTO y movimiento, de V1.0 o V2.x a V3.0

Si la CPU S7-1200 es V1.0 o V2.x con PTO activadas y selecciona sustituir esta CPU por una CPU que admita V3.0, pueden producirse errores de compilación debidos a la configuración incorrecta de los contadores rápidos por diferencias en el funcionamiento de las PTO.

Las dimensiones de la estructura fueron determinadas a partir de las medidas de los equipos y dispositivos que se utilizó y la distribución física de los mismos teniendo en cuenta la ergonomía y la estética. La estructura se construyó de acuerdo a las siguientes medidas.

#### **CUADRO N° 14**

##### **DIMENSIÓN DE LA ESTRUCTURA MODULAR**

<b>Dimensiones</b>	<b>mm</b>
alto(A)	160
Largo(B)	160
Ancho(C)	0,70

**Elaborado por:** Pilaguano Gavilanez Luis Euclides.

### **3.3.1 Datos Técnicos y Parámetros de Funcionamiento del TIA PORTAL V12**

EL TIA PORTA V12 ofrece un entorno confortable que permite desarrollar, editar y observar la lógica del programa necesaria para controlar la aplicación, incluyendo herramientas para gestionar y configurar todos los dispositivos del proyecto, tales como controladores y dispositivos HMI.

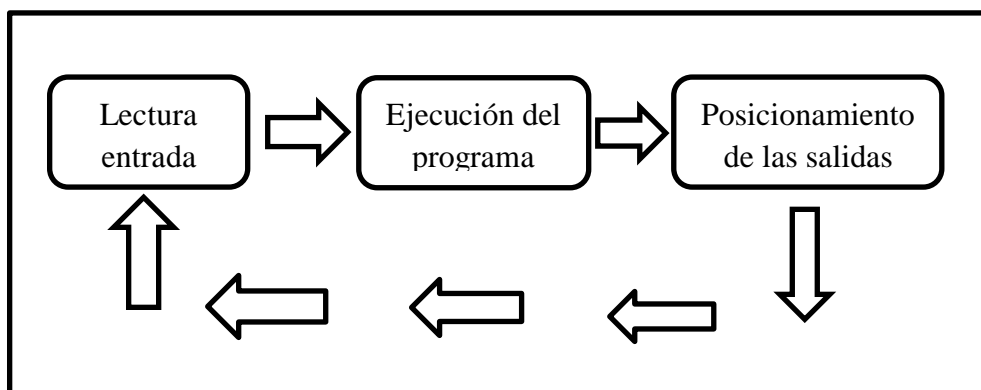
Para poder encontrar la información necesaria, EL TIA PORTA V12 ofrece un completo sistema de ayuda en pantalla. EL TIA PORTA V12 proporciona lenguajes de programación estándar, que permiten desarrollar de forma cómoda y eficiente el programa de control.

- KOP (esquema de contactos) es un lenguaje de programación gráfico. Su representación se basa en esquemas.
- FUP (diagrama de funciones) es un lenguaje de programación que se basa en los símbolos lógicos gráficos empleados en el álgebra.
- SCL (structured control language) es un lenguaje de programación de alto nivel basado en texto.

Al crear un bloque lógico, se debe seleccionar el lenguaje de programación que empleará dicho bloque. El programa de usuario puede emplear bloques lógicos creados con cualquiera de los lenguajes de programación.

Una de las características fundamentales del PLC S7-1200, es el funcionamiento cíclico de la CPU, y un parámetro de las prestaciones es su tiempo (tiempo de ciclo), considerando como es necesario para ejecutar las instrucciones, pero como no todas las instrucciones no son iguales en cuanto al tiempo de ejecución de refiere, se adoptó como parámetros del tiempo de ejecución de 1K de memoria vacía.

**GRÁFICO N° 17**  
TIEMPO DE EVOLUCIÓN DE PROCESOS



**Fuente:** Controladores lógicos programables.

Este suele ser el caso más frecuente, la primera operación llevada a cabo es la lectura de los dispositivos conectados en las entradas del PLC, que será




acompañada por la instrucción de una imagen de memoria de los estados de los mismos (registro imagen en las entradas), este contenido permanece inalterable durante todo el ciclo. Una vez actualizadas todas las entradas, la CPU comienza a ejecutar el programa, en la medida que el programa se va ejecutando, la CPU colocara los resultados en el registro denominado.

La industria de HMI nació esencialmente de la necesidad de estandarizar la manera de monitorizar y de controlar múltiples sistemas remotas, PLC y otros mecanismos de control, con la necesidad de tener un control más preciso y agudo de las variables de producción y de contar con información relevante de los distintos procesos en tiempo real, aunque un PLC realiza automáticamente un control reprogramado sobre un proceso.

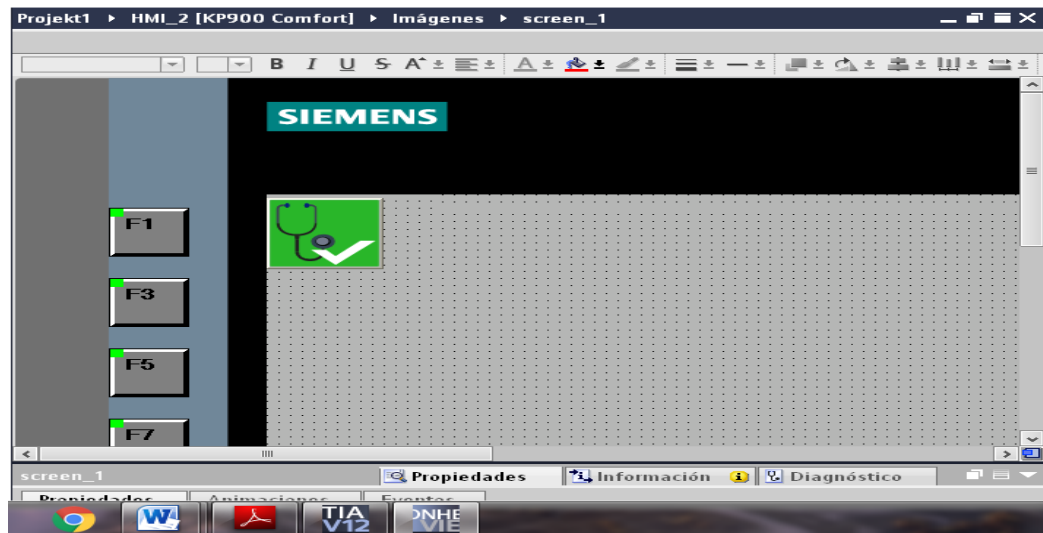
Desde fines de la década de los 90, la gran mayoría de los productores de sistemas PLC ofrecen integración con sistemas de HMI/SCADA. Y muchos de ellos utilizan protocolos de comunicaciones abiertos y no propietarios, que han permitido masificar este tipo de sistemas y ponerlas al alcance de las pequeñas empresas.

#### **Pantalla HMI KTP400 Basic Color PN su característica**

<b>Panel HMI</b>	<b>Descripción</b>	<b>Datos Técnico</b>
	<p>KTP400 Basic color PN            Mono(Escala de grises)            Pantalla táctiles 4            pulgadas con 4 teclas            táctiles            vertical y horizontal            tamaño:3.8”            Resolucion:320 x240</p>	<p>128 variables            50 pantallas de            proceso            200 alarmas            25 curvas            32KB memoria de            recetas            5 recetas, 20 registros,            20 entradas.</p>

**Fuente:** SIMAIC HMI Basic Panels instrucciones de servicio.pdf.

### 3.3.2. Aspectos destacables de las HMI KTP 400 Básic color PN



**Fuente:** SIMAIC HMI Basic Panels instrucciones de servicio.pdf.

Los paneles SIMATIC HMI Panels han sido diseñados para operar a la perfección con el nuevo controlador SIMATIC S7-1200. La gama de SIMATIC HMI Basic Panels para aplicaciones compactas ofrecen una solución que se puede adaptarse a la perfección de necesidades especiales de visualización: Potencia y funcionalidad óptima, gran variedad de tamaños de pantalla y un montaje sencillo.

#### **Funciones del HMI**

**Monitoreo:** Es la habilidad de obtener y mostrar datos e la pantalla real. Estos datos se pueden mostrar como números, textos o gráficos que permiten una lectura más fácil de interpretar.

**Supervisión:** Es la función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustarlas condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.

**Alarmas:** Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportado estos eventos basadas en límites de control pre-establecidos.

**Control:** Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites. Control va más allá del control de supervisión removiendo la necesidad de la interacción humana. Sin

embargo la aplicación de esta función desde un software corriendo en un PC puede quedar limitada por la confiabilidad que quiera obtenerse del sistema.

### **Ejecución de acciones de mando**

Estas se pueden realizar por técnicas convencionales (pulsadores, interruptores, potenciómetros, etc.), o mediante teclados, lápiz óptico, mouse, pantallas, táctiles, etc. Las características del puesto de mando deben estudiarse cuidadosamente. Con el puesto de mando se puede buscar comodidad para el operador, como temperatura estable, presión atmosférica ligeramente superior al exterior, y funcionalidad, buena iluminación.

### **Ubicación del variador de frecuencia Sinamics G110**

El variador de frecuencia Sinamics G110, se consideró como elemento principal del tablero didáctico ya que este envía una señal analógica al CPU ya que encarga de enviar señal de voltaje regulable y programable a los bornes del variador para la automatización y control de diferentes procesos.

El variador de velocidad por ser elemento principal se ubica en la parte central del módulo didáctico ya que esto facilita una mejor visualización del funcionamiento del autómatas cuando está funcionando.

### **Ubicación de la programadora**

La programadora esta es una computadora que tiene cargado el software TIA PORTAL V12, para el desarrollo de los distintos ejercicios de programación en el proceso de creación de automatismo eléctricos con el PLC.

La programadora está ubicada junto al módulo en una mesa con soporte de manera que permite visualizar correctamente el monitoreo del análisis del diseño de programación.

### **Ubicación de Fuente de Alimentación**

La fuente de alimentación es la encargada de abastecer del voltaje adecuado, está conformada por un conductor concéntrico cuatro en uno trifásica, que llega a una bornera y luego para distribuir de alimentación a los dispositivos que funcionan a un alto voltaje distinto a que alimenta a la HMI y Switch industrial, por lo tanto la fuente de alimentación (Logo Power) está junto al PLC la cual alimenta con 24 VDC, ubicándose a lado izquierdo del PLC el lugar destinado para este clase de elemento.

### **Ubicación del PLC S7-1200**

La CPU forma parte importante del módulo en presente proyecto, ya que este permite la ejecutar un programa y la interfaz de comunicación a través del HMI en diferentes procesos industriales. PLC SIMATIC S7-1200, por ser el elemento principal se ubicó en la parte superior izquierda del módulo, esto facilita una visualización de los estados de operación así como de la activación de sus entradas y salidas como digitales y analógicas o cuando el autómata esté funcionando en modo RUN o cuando este ejecutando el programa.

### **3.3.3. Entradas y salidas del módulo PLC S7 1200**

Las entradas y salidas del PLC SIMATIC S7-1200, son digitales y analógicas, también el módulo dispone de entradas de señales abiertas (NO) y cerradas (NC) y conectores para el encendido de señales de sirenas o paro de emergencia. En los módulos de salidas de 230V AC se conectó selectores como indicadores y un motor trifásico también se puede conectar otros diferentes dispositivos como sirenas, bobinas, pistones, neumáticos, entre otros que funcionen a este voltaje.

### **Ubicación de pulsadores y selectores**

Los pulsadores y selectores que se utilizó en el módulo son dispositivos de mando que simulan entradas digitales de 24 VCD hacia el PLC SIMATIC S7-1200, las entradas digitales fueron distribuidas en el espacio físico inferior del

módulo, con el fin de tener facilidad de operación y manipulación también por tener estética en la distribución.

### **Diseño de circuito de mando**

El circuito de mandos aquel que ejecuta las señales de control que entra y salen del PLC las señales son digitales y analógicas, según el programa que este grabado en el controlador lógico programable este reaccionará.

El circuito de mando funciona a 24 VDC por lo que es necesario una fuente de voltaje distinta a la que alimenta al CPU del PLC, mediante el HMI se controla y comanda todos los procesos de las diferentes guías prácticas realizadas. Además en cada una están especificados los esquemas de circuitos tanto de mando como de fuerza y de programación.

### **Diseño de circuito de fuerza**

Es aquel que está encargado de dar accionamiento a los actuadores, los cuales controlan grandes potencias, las salidas del CPU son encargadas de emitir la señal que permite accionar los contactores que a su vez es accionado las señales luminosas del selector ante la inversión de giro de un motor trifásico que simulan situaciones que sucederían en la situación real dentro de un proceso de las industrias.

#### ***3.3.4. Datos técnicos de PLC Simatic S7-1200***

El controlador lógico programable (PLC) S7-1200 ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización. Gracias a su compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones.

La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entradas y salidas en una carcasa compacta, conformando así un potente PLC SIMATIC S7-1200, una vez cargado el programa en la CPU, esta

contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación.

La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de un usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de contaje y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.

Numerosas funciones de seguridad protegen el acceso tanto a la CPU como al programa de control:

Toda CPU ofrece protección por contraseña que permite configurar el acceso a sus funciones, la CPU incorpora un puerto PROFINET para la comunicación en una red PROFINET.

Los módulos de comunicación están disponibles para la comunicación en redes RS485 o RS232.

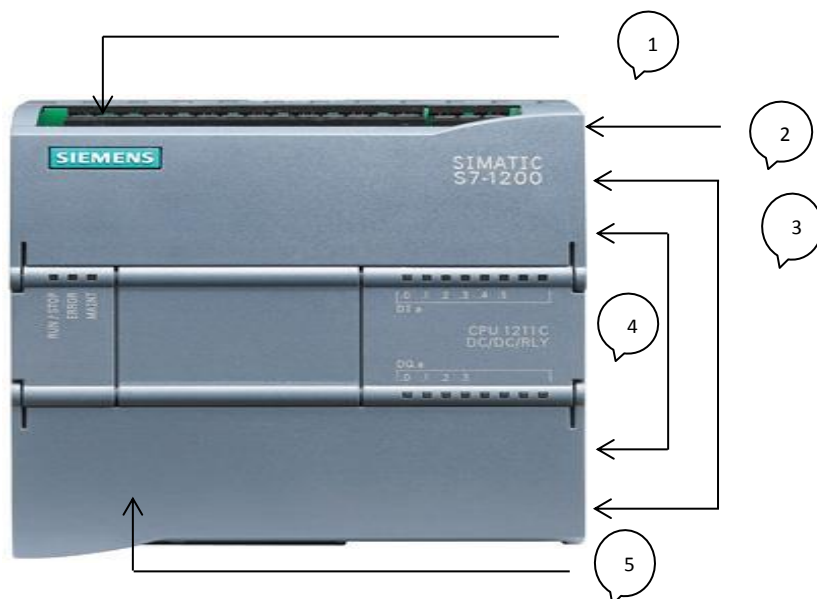
Los diferentes modelos de CPU ofrecen una gran variedad de funciones y prestaciones que permite crear soluciones efectivas destinadas a numerosas aplicaciones. Una solución de automatización típica abarca lo siguiente:

- Un controlador que controla el proceso con la ayuda del programa.
- Un panel de operador con el que se maneja y visualiza el proceso.

Para comunicar con una computadora, la CPU incorpora un puerto de PROFINET integrado. La CPU puede comunicarse con paneles de HMI o una CPU diferentes en la red PROFINET. Para garantizar la seguridad en la aplicación, disponen de protección por contraseña, que permite configurar el acceso a sus funciones.

## GRAFICO N° 18

### PARTES DEL PLC SIMATIC S7-1200



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

#### 3.3.4.1. Características técnicas del PLC SIMATIC S7-1200

<b><i>FUNCION</i></b>	<b>CPU 1212C</b>
Dimensiones físicas (mm)	90 x 100 x 75
<b>Memoria de usuario</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memoria de trabajo</li> <li>• Memoria de carga</li> <li>• Memoria remanente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 25 KB</li> <li>• 1MB</li> <li>• 2KB</li> </ul>
<b>E/S integradas locales</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Digitales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 entradas/6 salidas</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analógicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Entradas</li> </ul>
Tamaño de la memoria de imagen de Proceso	1024 bytes para entradas (I) y 1024 bytes para salidas (Q)
Área de marcas (M)	4096 bytes
Ampliación con módulos de señales	2
Signal Board	1
Módulos de comunicación	3 (ampliación en el lado izquierdo)
<b>Contadores rápidos</b>	4
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fase simple</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 a 100 KHZ</li> <li>• 1 a 30 KHZ</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fase en cuadratura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 a 80 KHZ</li> <li>• 1 a 20 KHZ</li> </ul>
Salidas de impulsos	2
Memory Card	SIMATIC Memory Card (opcional)
Tiempo de respaldo de tiempo real	Típico: 10 días /Mínimo: 6 días a 40 C
<b>PROFINET</b>	1 puerto de comunicación Ethernet
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales	18 µs/instrucción
Velocidad de ejecución booleana	0,1 µs/instrucción

**Fuente:** Manual del Fabricante.

### **Requisitos de la instalación en un PC**

Para instalar el software TIA PORTAL V12 en un equipo con el sistema operativo Windows XP o Windows 7 es preciso iniciar la sección con derechos del administrador.



Hardware/software, tipo procesador (Pentium M, 1,6 GHZ o similares) Memoria RAM (1GB), Espacio disponible en disco duro (2GB en la unidad de disco C), Sistema operativo (Windows XP Profesional SP3, Windows 2003 Server R2 StdE SP2, Windows 7 Home Premium, el TIA PORTAL V12 no compatible con esta versión, Windows 7 Profesional Enterprise Última)

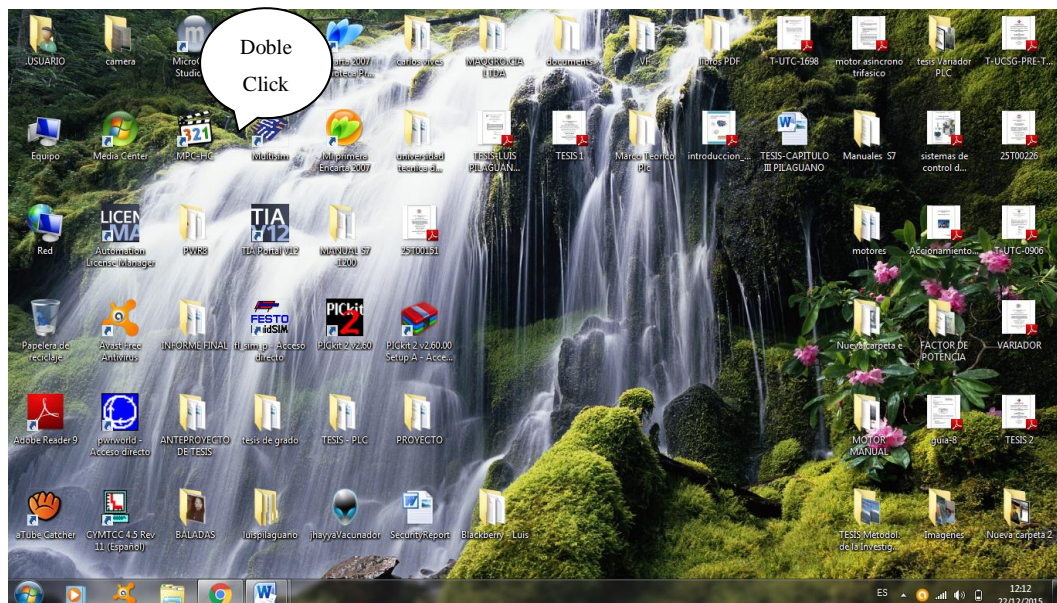
### 3.3.4.2. Clasificación de la gama Simatics HMI Basic Paneles

- KT 300 básica mono
- KTP 400 basic color PN
- KTP 600 básica mono
- KTP 600 color básica
- KTP 1000 color básica
- KTP 1500 color básica

## 3.4. Configuración del PLC S7 1200 en el TIA portal

1). Hacer doble click en el TIA PORTAL V12

**FIGURA N° 1  
INGRESAR AL SOFTWARE**

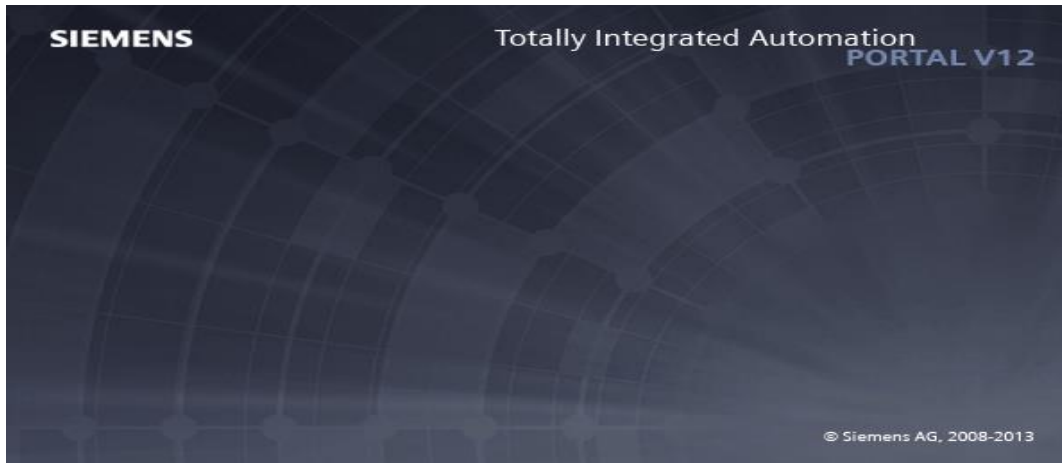


**Elaborado por:** Pilaguano Gavilanez Luis Euclides.

El control de un motor trifásico con el variador de frecuencia G110 pretende ser una guía de aprendizaje elemental todo lo que acontece a la programación del PLC S71200. El software TIA PORTAL es el instrumento que nos ayudará a la configuración y programación del CPU y TOUCH PANEL HMI. Siguiendo los pasos a continuación nos muestra la creación de un proyecto.

2). En escritorio hacemos click en la aplicación TIA PORTAL V12.

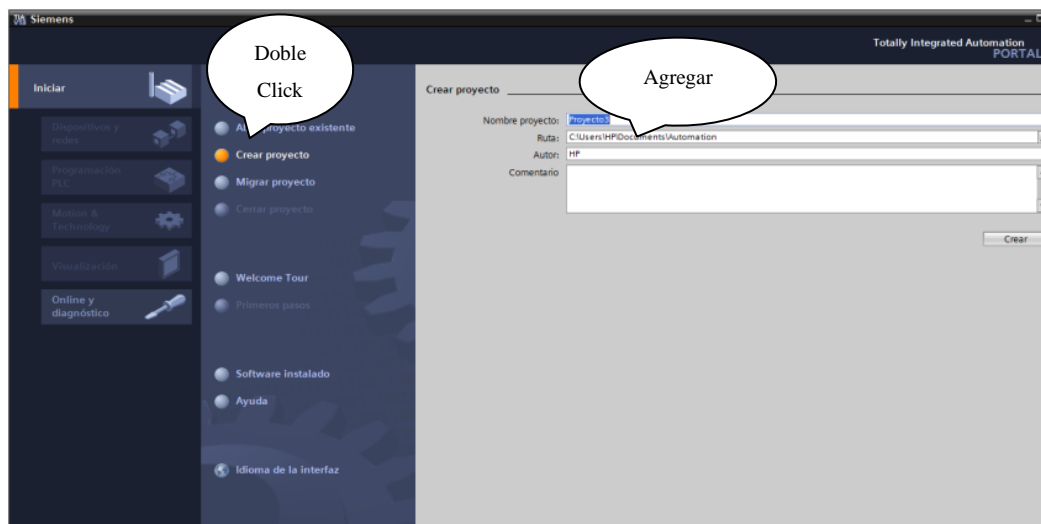
**FIGURA N° 2  
EJECUTAR APLICACIÓN**



**Elaborado por:** Pilaguano Gavilanez Luis Euclides.

3). Damos click en “Crear el proyecto”, elegimos un nombre y luego seleccionaremos “crear”.

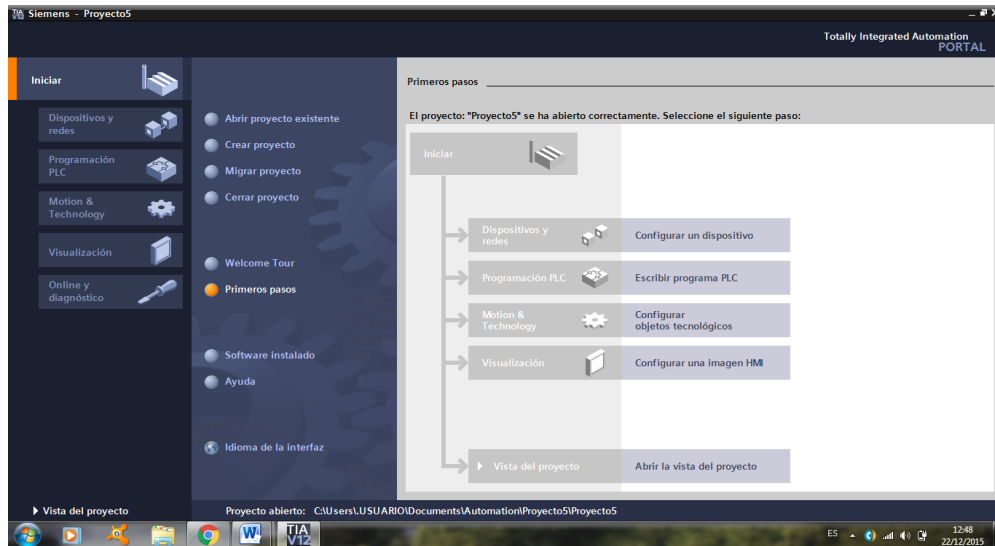
**FIGURA N° 3  
CREAR PROYECTO**



**Elaborado por:** Pilaguano Gavilanez Luis Euclides.

4). Al dar click en crear aparece la “Vista Portal”. En la cual hay las siguientes opciones: a) “configurar un dispositivo”, b) “escribir programa PLC”, c) “configurar una imagen HMI”. Empezar por lo básico, configurando el literal “a”.

**FIGURA N° 4  
CONFIGURAR DISPOSITIVO**

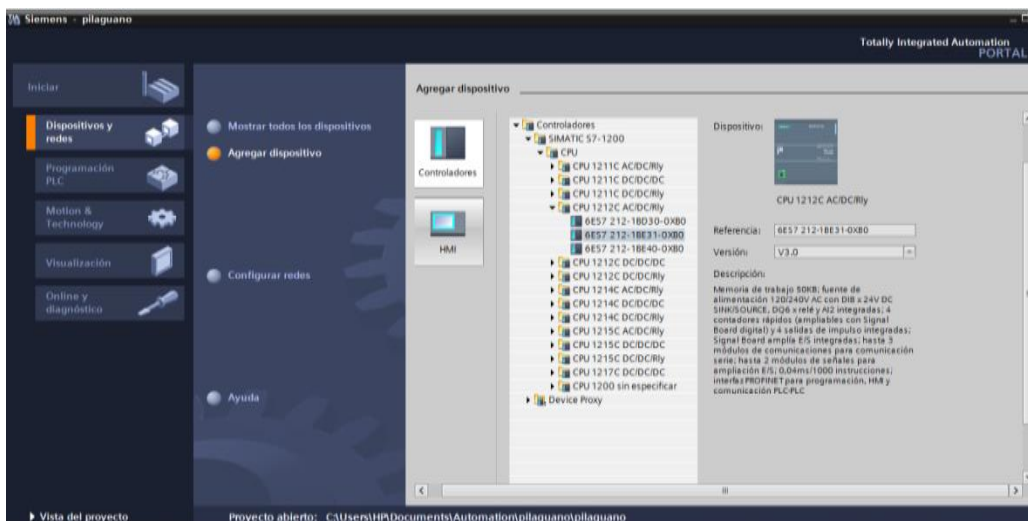


**Elaborado por:** Pilaguano Gavilanez Luis Euclides.

## CONFIGURACIÓN DEL CPU

1). Seleccionamos agregar dispositivo controlador modelo que requerimos y pulsamos agregar.

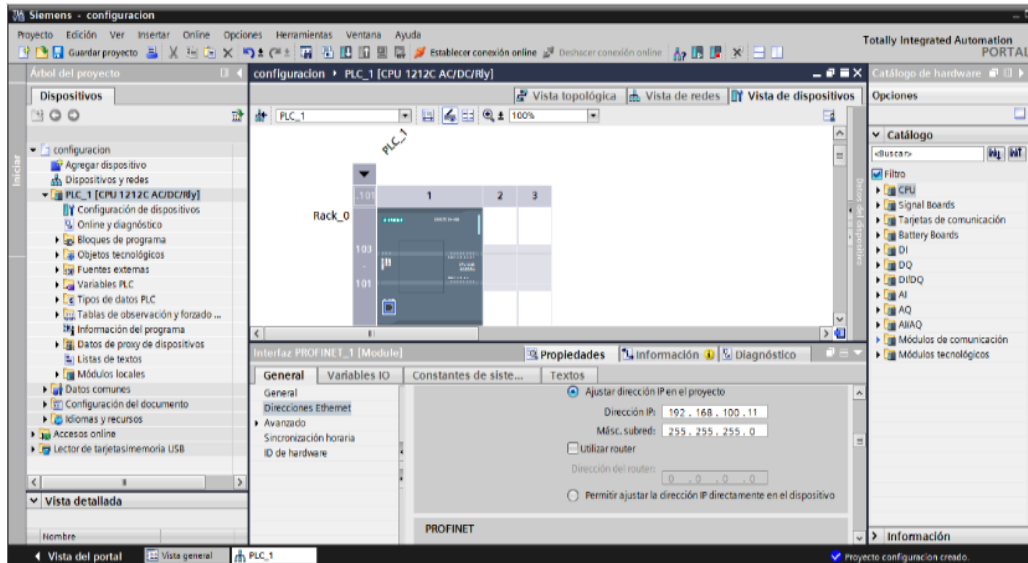
**FIGURA N° 5  
ELEGIR CPU**



**Elaborado por:** Pilaguano Gavilanez Luis Euclides.

2). Agregado el CPU, se despliega la siguiente ventana. Pulsamos en: a) interfaz

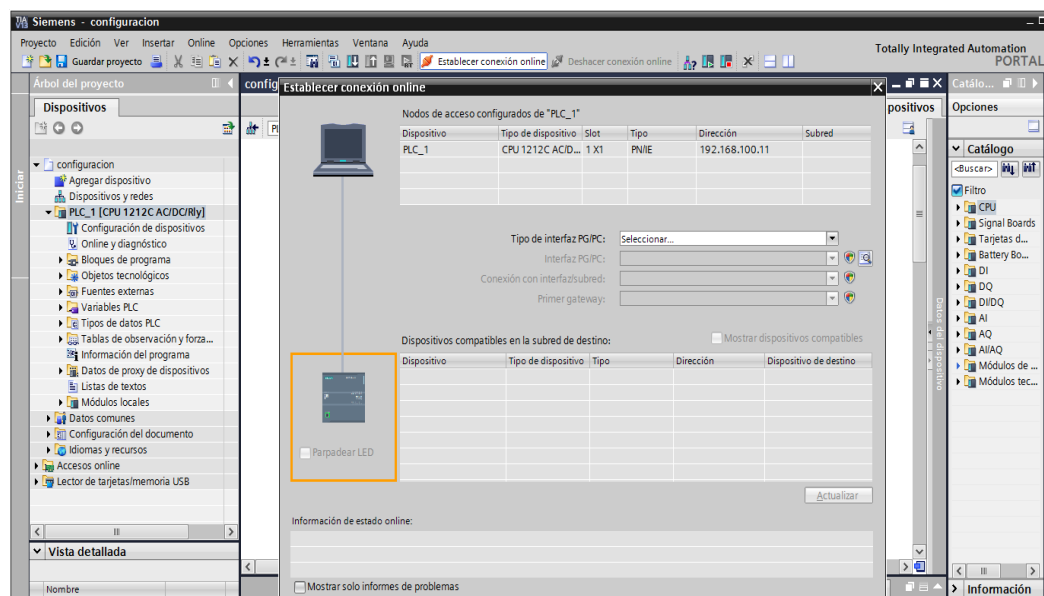
**FIGURA N° 6  
AGREGAR CPU**



**Elaborado por:** Pilaguano Gavilanez Luis Euclides.

3). Establecido IP, pulsamos conexión online y seleccionar siempre el interface correcto del PG/PC, la tarjeta de Ethernet que se esté utilizando (detecta automáticamente).

**FIGURA N° 7  
ESTABLECER CONEXIÓN ONLINE**



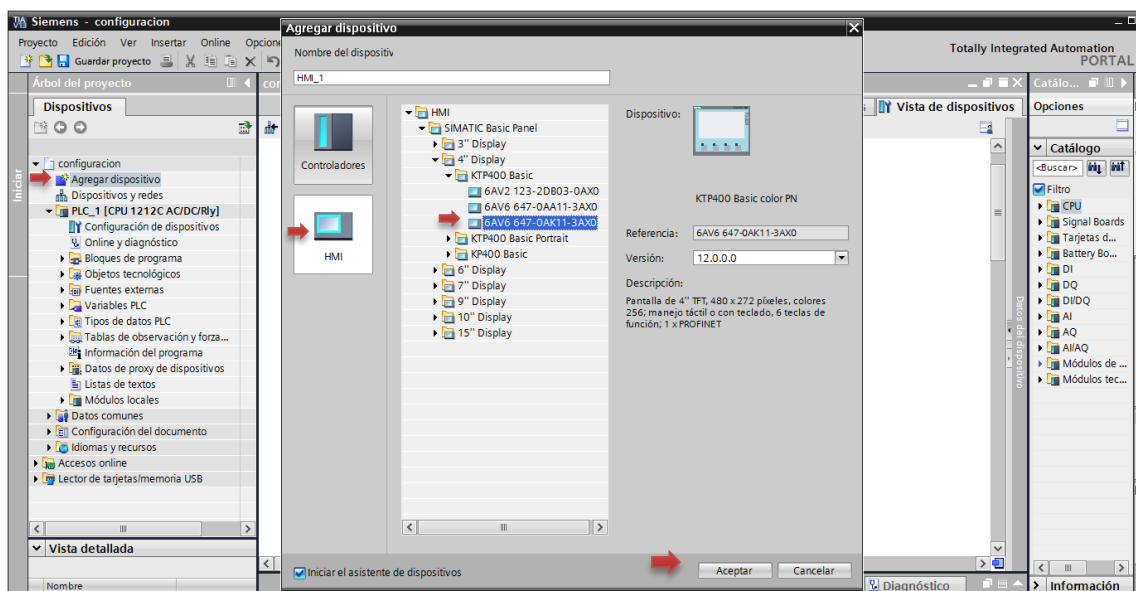
**Elaborado por:** Pilaguano Gavilanez Luis Euclides.

### 3.4.1. Configuración del touch panel HMI

Establecida la configuración del CPU, continuamos con el HMI obedeciendo el proceso que se muestra:

1. Nos ubicamos en Agregar dispositivo, HMI, escogemos el modelo requerido y pulsamos aceptar.

**FIGURA N° 8  
INSERTAR PANTALLA HMI**

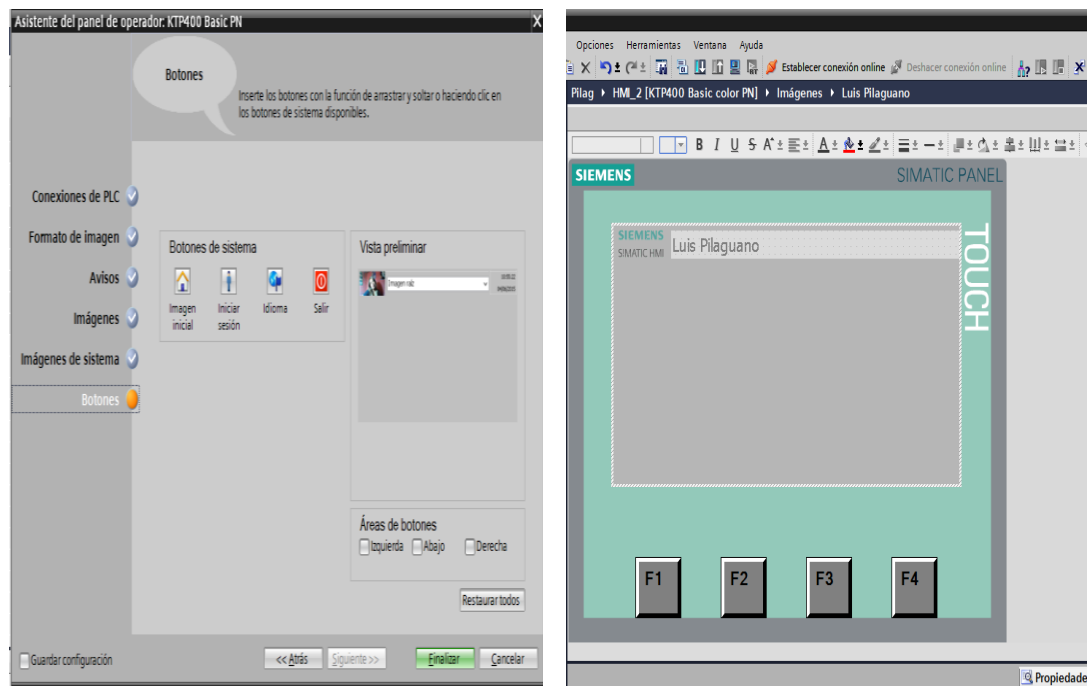
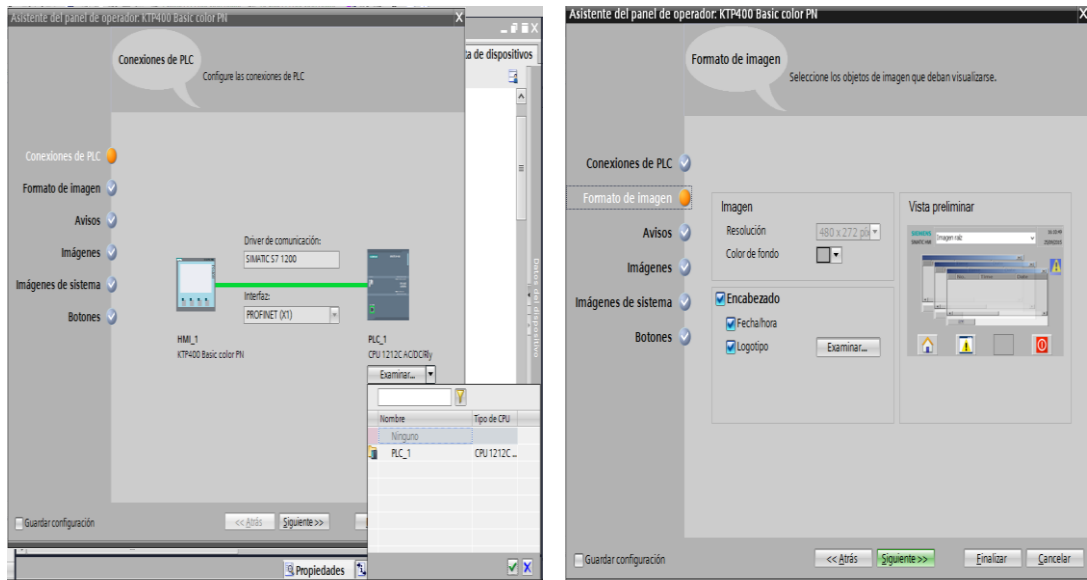


**Elaborado por:** Pilaguano Gavilanez Luis Euclides.

2. Una vez elegido correctamente la pantalla, se nos aparece una ventana donde aparecen 4 opciones:

- a) Conexiones del PLC; nos permite enlazarlos con el CPU para tener comunicación con el PLC.
- b) Formato de imagen; quitamos el encabezado, fecha y logotipo.
- c) Botones; Dejamos sin botones ya que necesitamos espacio en la pantalla.

d) Luego de estas opciones pulsamos en finalizar y se agregara la pantalla.

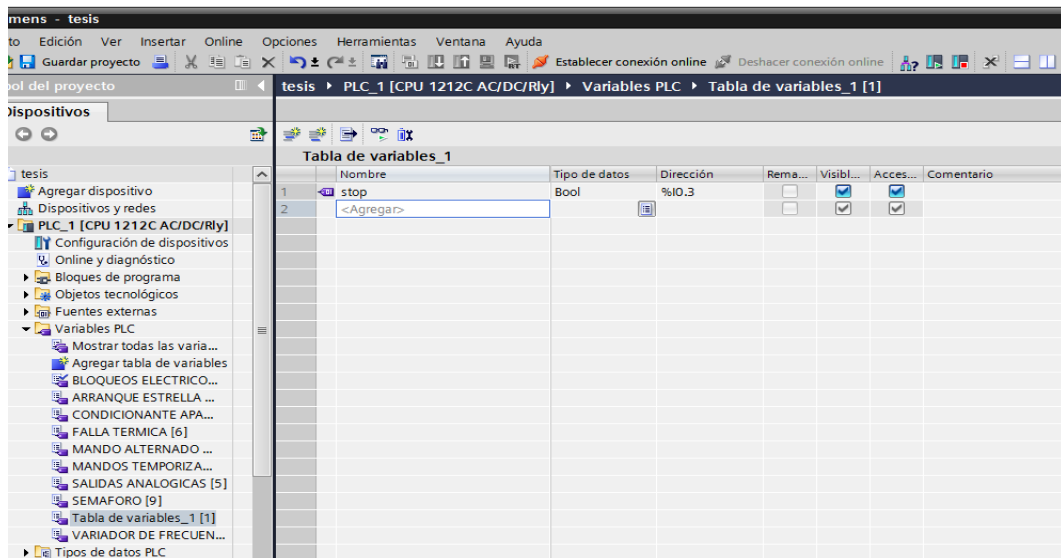


**Elaborado por:** Pilaguano Gavilanez Luis Euclides.

A continuación se asignarán variables del PLC con la finalidad de dar nombre a cada instrucción básica, para llegar a esto se hace click en “variables PLC” seguidamente se asigna el nombre y automáticamente se designa el tipo de datos y la dirección, estas variables se hacen para cada segmento.



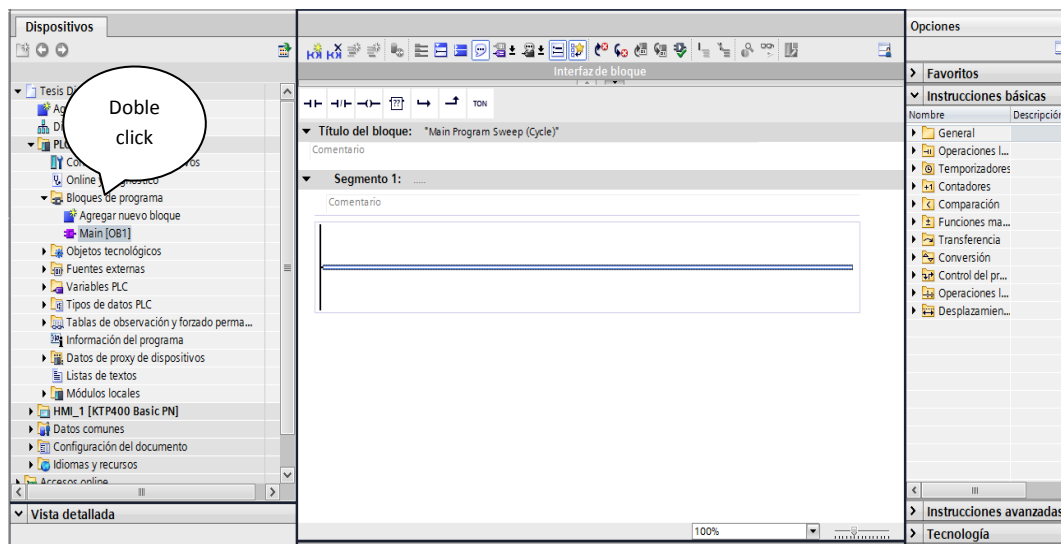
**FIGURA N° 9**  
**ASIGNACIÓN DE VARIABLES POR CADA SEGMENTO**



**Elaborado por:** Pilaguano Gavilanez Luis Euclides.

Seguidamente damos doble click en la opción Main (OB1) y aparecerán los segmentos donde programaremos con el lenguaje ladder, al lado derecho y en la parte superior de los segmentos aparecen las instrucciones básicas para empezar a realizar el diseño de la programación.

**FIGURA N° 10**  
**MAIN PARA PROGRAMAR**



**Elaborado por:** Pilaguano Gavilanez Luis Euclides.

### ***3.5. Datos técnicos para la implementación del módulo***

#### ***3.5.1. Motor trifásico***

Es una máquina eléctrica rotativa, capaz de convertir la energía eléctrica trifásica suministrada, en energía mecánica. La energía eléctrica trifásica origina campos magnéticos rotativos en el bobinado del estator lo que provoca que el arranque de estos motores no necesite circuito auxiliar, son más pequeños y livianos que uno monofásico de inducción de la misma potencia, debido a esto su fabricación representa un costo menor.

**FIGURA N° 11**  
**MOTOR TRIFÁSICO**



**Fuente:** Módulo didáctico.

##### **3.5.1.1 Ventajas**

En diversas circunstancias presenta muchas ventajas:  
A igual potencia, su tamaño y peso son más reducidos.  
Se pueden construir de cualquier tamaño.

Tiene un par de giro elevado y, según el tipo de motor, prácticamente constante.  
Su rendimiento es muy elevado (típicamente en torno al 75%, aumentando el mismo a medida que se incrementa la potencia de la máquina). Los trifásicos no necesitan bobina de arranque y por lo tanto tampoco capacitores y mucho menos interruptores centrífugos que son comunes en los motores monofásicos.



Por lo que al ser más sencillos necesitan menos mantenimiento. Pueden cambiar el sentido de rotación con solo invertir dos de las tres líneas de entrada. Permiten diferentes tipos de conexiones que permite lograr configurar el sistema de arranque para reducir la corriente inicial.

### ***3.5.2. Amperímetro analógico***

Son instrumentos que nos permite medir la intensidad de la corriente eléctrica que pasa por un circuito en un punto determinado, y se conecta en serie. Su funcionamiento está basado en uno de los principios fundamentales del electromagnetismo: cualquier corriente eléctrica al pasar un hilo conductor produce un campo magnético alrededor del mismo (simular al campo magnético de un imán), cuya fuerza depende de la intensidad de la corriente que circule.

**FIGURA N° 12  
AMPERÍMETRO ANALÓGICO**



**Fuente:** Módulo didáctico.

#### **3.5.2.1. Ventajas**

El amperímetro puede ser utilizado no solo para corriente alterna sino también para corriente continua.

Las corrientes alternas superiores a 5 amperios utilizan transformadores de corriente, los cuales se pueden conseguir en amplia gama de relaciones de transformación.

### 3.5.3. Voltímetro

Se llama voltímetro al dispositivo que permite realizar la medición de la diferencia de potencial o tensión que existe entre dos puntos pertenecientes a un circuito eléctrico. El voltímetro, por lo tanto, revela el voltaje (la cantidad de voltios).

**FIGURA N° 13**  
**VOLTÍMETRO**



**Fuente:** Módulo didáctico.

#### 3.5.3.1. Ventaja

El voltímetro digital dispone de una pantalla donde refleja la tensión con números. Estos aparatos además pueden contar con memoria y otras funciones.

### 3.5.4. Contactor

Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: Una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción.

**FIGURA N° 14  
CONTACTOR**



**Fuente:** Módulo didáctico.

### 3.5.4.1. Ventaja

A los contactos principales se conectan al circuito que se quiere gobernar. Asegurando el establecimiento y cortes de las corrientes principales y según el número de vías de paso de corriente, será bipolar, tripolar, tetra polar, etc. realizándose las maniobras simultáneamente en todas las vías.

### 3.5.5. Relé térmico

Los relés térmicos son los aparatos más utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas. Se pueden utilizar en corriente alterna o continua.

**FIGURA N°15  
RELÉ TÉRMICO**



**Fuente:** Módulo didáctico.

### 3.5.5.1. Ventajas

El motor se conecta al accionar el botón de arranque, energizándose la bobina magnética que tiene la función de unir los contactos de fase en el circuito principal del motor, empezando este a funcionar. La resistencia de calentamiento del relé, se calienta debido al paso de la corriente que consume el motor. Es entonces que la placa bimetálica colocada junto a la resistencia se calienta también, aunque la misma está diseñada para que la deformación sea mínima con un consumo normal de corriente y no se parará el motor.

### 3.5.6. Guardamotor

Un guardamotor es un interruptor magnetotérmico, especialmente diseñado para la protección de motores eléctricos. Este diseño especial proporciona al dispositivo una curva de disparo que lo hace más robusto frente a las sobrecargas transitorias típicas de los arranques de los motores. El disparo magnético es equivalente al de otros interruptores automáticos pero el disparo térmico se produce con una intensidad y tiempo mayores.

**FIGURA N° 16**  
**GUARDAMOTOR**



**Fuente:** Módulo didáctico.

### 3.5.6.1. Ventajas

Pero contrariamente a lo que ocurre con los pequeños interruptores automáticos magnetotérmicos, los guardamotores son regulables; resultado de lo cual se dispone en una sola unidad de las funciones que de otra manera exigirían por ejemplo la instalación de al menos tres unidades a saber: Interruptor, contactor y relé térmico.

### 3.5.7. Pulsador

Pulsador es un dispositivo utilizado para realizar cierta función. Los botones son de diversas formas y tamaño y 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. Permiten el flujo de corriente mientras son accionados, cuando ya no se presiona sobre él vuelve a su posición de reposo.

**FIGURA N° 17**  
**PULSADOR**



**Fuente:** Módulo didáctico.

#### 3.5.7.1. Ventaja

El botón de un dispositivo electrónico funciona por lo general como un interruptor eléctrico, es decir en su interior tiene dos contactos, al ser pulsado uno, se activará

la función inversa de la que en ese momento este realizando, si es un dispositivo NA (normalmente abierto) será cerrado, si es un dispositivo NC (normalmente cerrado) será abierto.

### **3.5.8. Selector eléctrico**

Un selector eléctrico tiene la función de abrir y cerrar un contacto ya sea normalmente abierto o normalmente cerrado según su aplicación eléctrica en un circuito, por lo regular para ponerse en una operación en automático o en manual consta de sus contactos eléctricos normal abierto o normal cerrado según su aplicación.

Se utilizan para activar arrancadores magnéticos y estos controlar motores eléctricos de gran capacidad o potencia además de que también puede activar relés, contactores. etc.

**FIGURA N° 18**  
**SELECTOR ELÉCTRICO**



**Fuente:** Módulo didáctico.

### **3.5.9. HMI (Human Machine Interface)**

HMI (Human Machine Interface) es una interfaz de usuario, donde se produce la interacción entre un sistema de control de fabricación o proceso y humanos. El HMI proporciona una visualización basada en gráficos de un sistema de control. El resultado de la interacción con un HMI es operación y control de un proceso eficaz.

**FIGURA N° 19**  
**HMI (HUMAN MACHINE INTERFACE)**



**Fuente:** Módulo didáctico.

### **3.5.10. CPU (Central Processing Unit)**

La unidad central de procesamiento o unidad de procesamiento central (conocida por las siglas CPU, del inglés: central processing unit), es el hardware dentro de una computadora u otros dispositivos programables, que interpreta las instrucciones de un programa informático mediante la realización de las operaciones básicas aritméticas, lógicas y de entrada/salida del sistema.

**FIGURA N° 20**  
**CPU (CENTRAL PROCESSING UNIT)**



**Fuente:** Módulo didáctico.

### 3.5.10.1. Ventaja

No todos los sistemas computacionales se basan en una unidad central de procesamiento. Una matriz de procesador o procesador vectorial tiene múltiples elementos cómputo paralelo, sin una unidad considerada el "centro". En el modelo de computación distribuido, se resuelven problemas mediante un conjunto interconectado y distribuido de procesadores.

### 3.5.11. Temporizador

Un 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.

**FIGURA N° 21**  
**TEMPORIZADOR**



**Fuente:** Módulo didáctico.



### ***3.5.12. Variador de frecuencia***

Un variador de frecuencia (siglas VFD, del inglés: Variable Frequency Drive o bien AFD Adjustable Frequency Drive) es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor, un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad.

Los variadores de frecuencia son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable (AFD), drivers de CA, microdrivers o inversores. Dado que el voltaje es variado a la vez que la frecuencia, a veces son llamados drivers VF (variador de voltaje variador de frecuencia).

**FIGURA N° 22**

#### **VARIADOR DE FRECUENCIA**



**Fuente:** Módulo didáctico.

### ***3.5.13. Fuente de poder logo de 24 VDC***

Una fuente de alimentación estabilizada, puede construirse de dos modos genéricos, paralelo. Para empezar se revisarán los puntos más importantes a tener en cuenta para construir una fuente de alimentación estabilizada, con unas características adecuadas para alimentar un circuito electrónico con especificaciones digitales.

El diseño de fuentes de alimentación estabilizadas mediante reguladores integrados monolíticos (reguladores fijos), resulta sumamente fácil concretamente para 1A (amperio) de salida, en el comercio con encapsulado TO-220.

**FIGURA N° 23**  
**FUENTE DE PODER LOGO DE 24 VDC**



**Fuente:** Módulo didáctico.

#### **3.5.14. Breaker tripolar 16 Amperios 230/400 VAC**

Destinados principalmente a ofrecer protección contra sobrecarga y cortocircuito en una Instalación eléctrica. Aplicación Residencial, Terciaria e Industrial. Nuestra Oferta incluye: 1.-Serie SH 200 T, Curva C, hasta 63 A dedicada para Aplicación Residencial, No Accesoriale 2.-Serie S 200, Curva C y K, hasta 63 A dedicada para aplicación terciaria e industrial.

**FIGURA N° 24**  
**BREAKER TRIPOLAR 16 AMPERIOS 230/400 VAC**



**Fuente:** Módulo didáctico.

## **3.6. Conclusiones y recomendaciones**

### ***3.6.1. Conclusiones***

Se diseñó y construyó el módulo didáctico de laboratorio mediante el cual se pudo observar resultados favorables del ahorro energético con el uso del variador de frecuencia.

- Se pudo conocer la estructura y características de los variadores de frecuencia así como su respectivo funcionamiento además de las distintas formas de puesta en marcha de convertidor conociendo los parámetros existentes en la programación del convertidor.
- Se realizó la configuración de los sistemas del PLC S7 1200 para los diferentes circuitos de control y fuerza del módulo de pruebas que el convertidor de frecuencia toma la alimentación de la red, corrientes no sinusoidales y se comporta como un generador de corrientes armónicas para de esta manera mejorar el factor de potencia.
- Programar y analizar el software TIA PORTAL V12 para ejecutar los procesos de operación del módulo de pruebas y mediante la variación de velocidad del motor trifásico se permitió establecer una diferencia entre el consumo de energía en un arranque directo y arranque controlado por variador de frecuencia.
- Para una mejor comprensión se elaboraron diez guías prácticas de laboratorio, para que los estudiantes conozcan de manera sencilla en funcionamiento y manejo del variador de frecuencia.

### ***3.6.2. Recomendaciones***

Algunas recomendaciones para los estudiantes antes de manipular los equipos son las siguientes:

- Se recomienda configurar correctamente los IP antes de compilar a los dispositivos.
- Se recomienda probar los ajustes de los dispositivos de protección antes de iniciar la puesta en marcha el variador de frecuencia.
- Conocer el procedimiento para manipular el PANEL BOP para obtener el sentido de giro horario y antihorario del motor trifásico.
- Manipular el equipo por personal familiarizado con la puesta en servicio rápido y operación para garantizar el correcto funcionamiento del convertidor.
- Tener en cuenta que las entradas analógicas del convertidor utilizadas, sean las correctas.
- De utilizar las entradas para la inversión de giro del motor trifásico, esperar que se detenga por completo para volver arrancar.
- Verificar la conexión que estén correctamente.

### 3.6.3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

#### LIBROS

- **ANDRE Samuel . 2010.** *Problemas Resueltos con Autómatas Programables.* Madrid : Editorial Parainfo, 2010.
- **BECERRA Jhonatan. 2010.** *Automatización, control y supervisión remota del sistema central.* quito : UTPL, 2010.
- **CARREÑO, Inés. 2010.** *Recursos didacticos y su incidencia en al aprendizaje significativo de los estudiantes.* Guayaquil : Trabajo de Investigacion, 2010.
- **CEPEDA, G. 2009.** *Auditoria en control interno.* Bogotá : Editorial Mc Graw Hill., 2009.
- **DRUCKER, Peter. 2010.** *Análisis de la Estrategia de las Organizaciones.* Bogota : Editorial Antares, 2010.
- **FROIDEVAUX, Gabriel. 2010.** *“progrmacion de suministros electricos.* . Santa Fe. : Facultad de Ciencias Económicas de la UNL, 2010.
- **MALDONADO, Milton. 2011.** *Diseño de redes electricas .* México. : Tercera edición., 2011.
- **MANTILLA, S. 2010.** *Control de automatizacion por PLC.* LIMA : Ediciones ECOE, 2010.
- **MARVAL Salvador. 2011.** *El Proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología.* Cali : Ediciones andina, 2011.
- **RODRIGUEZ Marcelo. 2010.** *normas y procedimientos electricos.* distrito federal : luma buena, 2010.
- **RODRIGUEZ, Ernesto. 2010.** *mantenimiento de logo.* Mexico : Antares, 2010.

### 3.6.4. TEXTOS ELECTRÓNICOS

- JohnAlejandroForeroCasallas.2011.pdf [Ing. mecánico/Bogotá 2012]. Disponible en web: <http://www.bdigital.unal.edu.co/5099/1>
- FERNÁNDEZ, José: *Generación de energía eléctrica* [en línea]. Cattenom, Francia. Abril 2011 [ret. 13 de Junio del 2001]. Disponible en web: [http://es.wikipedia.org/wiki/Protecciones\\_de\\_sistemas\\_de\\_potencia](http://es.wikipedia.org/wiki/Protecciones_de_sistemas_de_potencia)
- GRAINGER, John. *Generación de energía eléctrica* [en línea]. España, Madrid. Marzo 1994 [ret. 15 de Junio del 2001]. Disponible en web: [http://enciclopedia.us.es/index.php/Generaci%C3%B3n\\_de\\_energ%C3%A1a\\_el%C3%A9ctrica](http://enciclopedia.us.es/index.php/Generaci%C3%B3n_de_energ%C3%A1a_el%C3%A9ctrica)
- GUZMÁN, Pablo. *El precio de la energía eléctrica* [en línea]. Colombia, Bogotá. Enero 2006 [ret. 10 de Junio del 2001]. Disponible en web: [http://centros6.pntic.mec.es/cea.pablo.guzman/lecciones\\_fisica/energia\\_electrica.htm](http://centros6.pntic.mec.es/cea.pablo.guzman/lecciones_fisica/energia_electrica.htm)

# ANEXOS

### 3.7. ANEXOS



**ANEXO 1. Encuesta Aplicada.**  
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**LA MANÁ**

**SEÑORES:**

**ESTUDIANTES**

**Proyecto de Tesis:** “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO CON VARIADOR DE FRECUENCIA COMO FUENTE DE AHORRO DE ENERGÍA EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ, AÑO 2015”

Para efectos de la realización de este proyecto se requiere recabar información para lo cual necesitamos conocer su opinión, por tal razón le agradecemos se digne contestar la siguiente encuesta.

---

1. ¿Cree usted que el ahorro de energía eléctrica en el laboratorio de la carrera en electromecánica es beneficiosa para la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná?

Si ( )                      No ( )

2. ¿Como considera la eficiencia del consumo de energía eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná es cien por ciento eficiente?

Bueno ( )                      Malo ( )                      Regular ( )

3. ¿Sabía usted que un variador de frecuencia G110 a 220 V / 380 V protege a los equipos eléctricos y electrónicos instalados?

Si ( )                      No ( )

4. Le gustaría conocer los beneficios que presentan el variador de frecuencia G110 a 220 V / 380 V a los equipos eléctricos y electrónicos instalados?

Si ( )                      No ( )



5. ¿Sabía usted que un variador de frecuencia siemens G110 a 220 V / 380 V es un dispositivo que permite ahorrar energía?

Si ( )                      No ( )

6. ¿Considera usted que la implementación de un módulo didáctico con variador de frecuencia G110 a 220 V / 380 V ayudará al ahorro y control del motor eléctrico en laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná?

Si ( )                      No ( )

7. ¿Considera usted conveniente instalar en laboratorio un módulo didáctico con variador de frecuencia siemens G110 a 220 V / 380 V para el aprendizaje de los estudiantes de la carrera en Electromecánica Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná es?

Si ( )                      No ( )

8. ¿Le gustaría conocer cómo funciona el variador de frecuencia G110 a 220 V / 380 V con las máquinas eléctricas instalados en el laboratorio de la carrera en Ingeniería en Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná?

Si ( )                      No ( )

9. ¿Cómo considera usted la implementación de tecnología de última generación para un mejor aprendizaje práctico de los estudiantes de la carrera de Electromecánica y por ende de la Universidad?

Bueno ( )                      Malo ( )                      Regular ( )

10. ¿Considera que los estudiantes tengan guías prácticas para el aprendizaje teórico práctico de las aplicaciones del variador de frecuencia en los circuitos eléctricos?

Si ( )                      No ( )

## LISTA DE ABREVIACIONES

A/D:	Análoga Digital
JOG	Marcha pasó a paso
V/Hz	Voltios Hertz
OFF	Apagado
ON	Encendido
IP	Protocolo de internet
RPM	Revoluciones por Minuto
CA	Corriente Alterna
CC	Corriente Continua
HMI	Interfaz Hombre Máquina
PLC	Controlador Lógico Programable
BOP	Panel Basic de Operaciones
TIA	Automatización Totalmente Integrado
V/F	Variador de frecuencia
HP	Potencia Nominal
P	Números de polos
HZ	Hertzios
KW	Kilovatio
EFF	Eficiencia Nominal del motor
F	Frecuencia de suministro

# GUÍAS PRÁCTICAS

## PRACTICA N°1

### INVERSIÓN DE GIRO DE UN MOTOR TRIFÁSICO MODO HMI

#### 1. Trabajo preparatorio

¿Cómo realizar el diseño de un diagrama utilizando salidas digitales en el CPU?

¿De qué manera utilizar las herramientas en el TIA PORTAL para operar la inversión de giro desde el HMI.

#### 2. Objetivos

Diseñar un diagrama de programación eligiendo adecuada y correctamente las salidas analógicas del CPU.

Conocer y utilizar la gama de herramientas que existe en el TIA PORTAL para diseñar la simulación de control en el HMI.

#### 3. Equipos y materiales a utilizar

HMI (Human Machine Interface)

Variador de frecuencia

CPU (*central processing unit*)

Motor trifásico

Amperímetro analógico.

Cables y herramientas

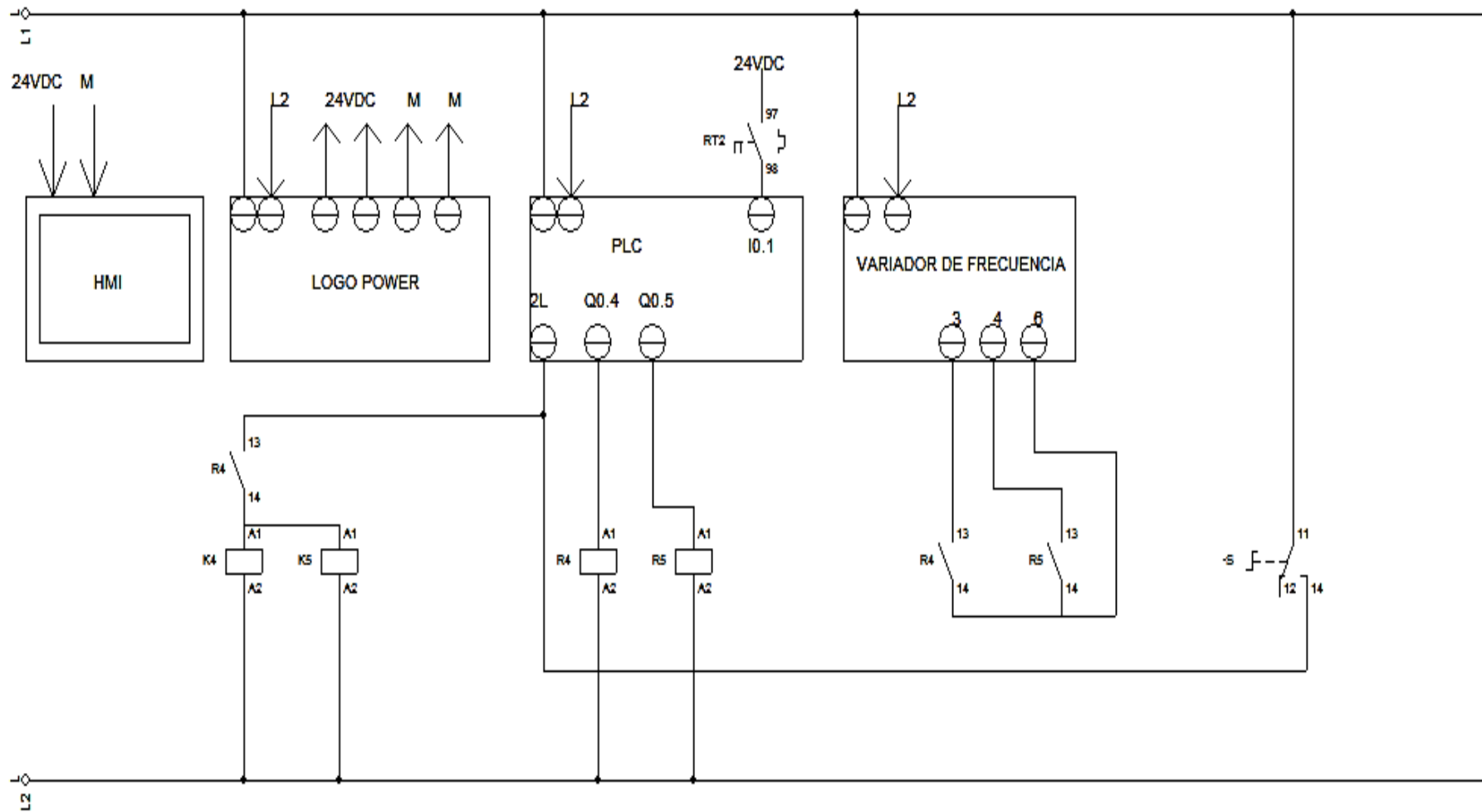
Voltímetro

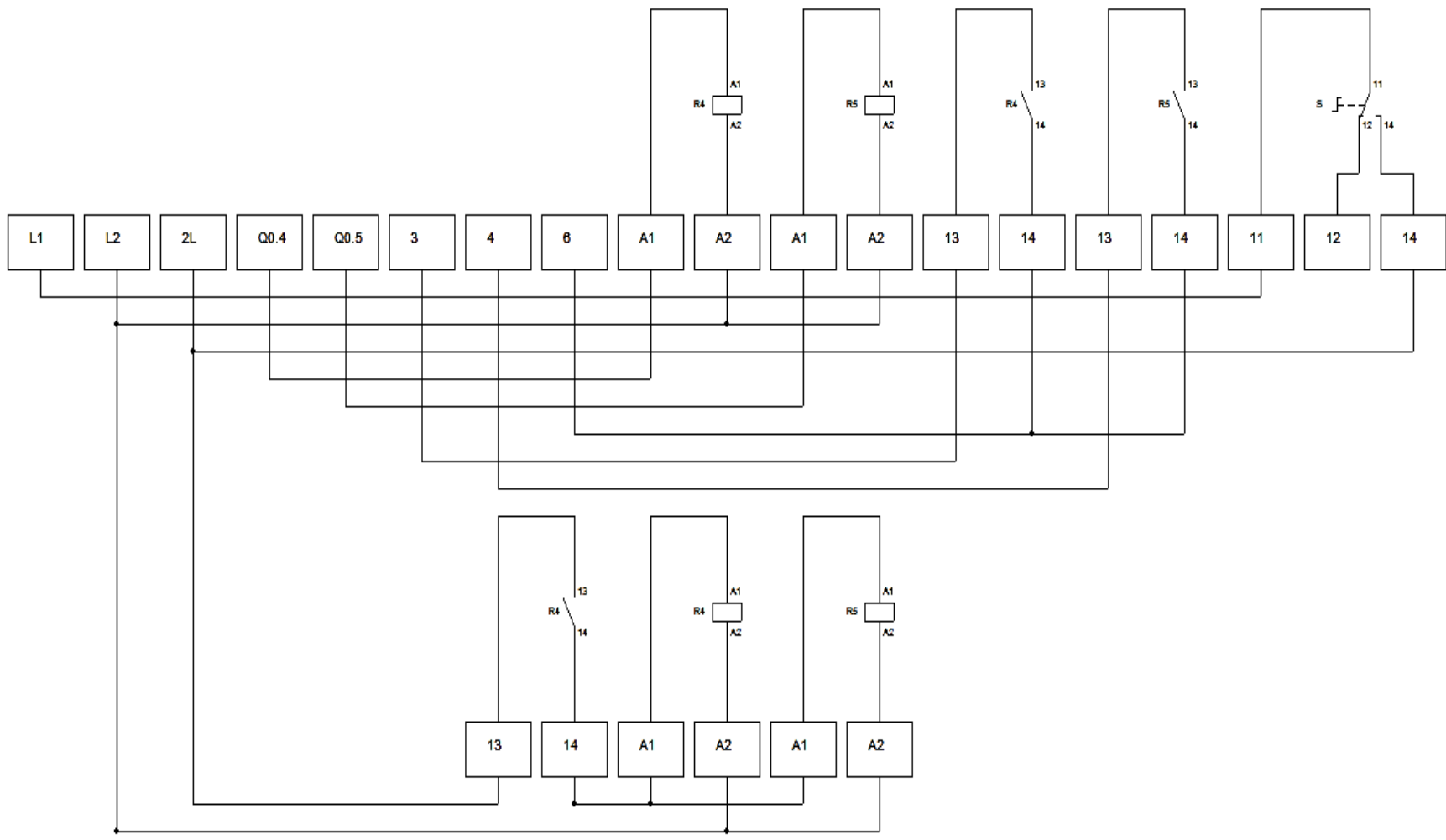
Contactores

Relé térmico

Alarma sirena

#### 4. Esquema del control eléctrico de inversión de giro de un motor trifásico modo HMI

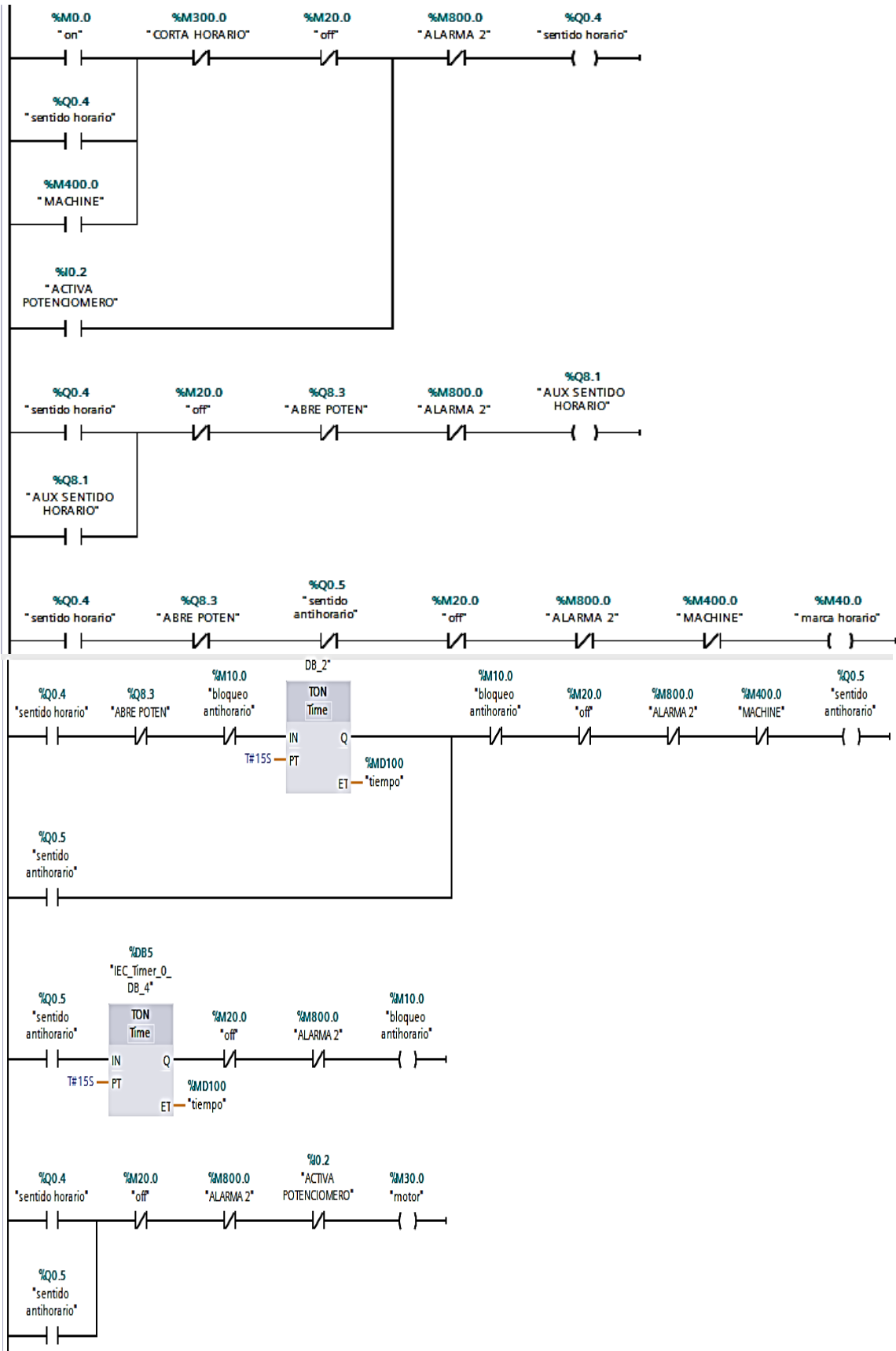




## 5. Procedimiento de programación.

INVERSION DE GIRO						
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Acces...	
on	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
bloqueo antihorario	Bool	%M10.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
sentido horario	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
sentido antihorario	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
off	Bool	%M20.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
motor	Bool	%M30.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
marca horario	Bool	%M40.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
tiempo	Time	%MD100	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<Agregar>			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

The screenshot shows the Siemens SIMATIC Manager interface for HMI design. The main workspace displays a SIMATIC PANEL with a central motor icon. To the left of the motor are two buttons: a green 'On' button and a red 'Off' button. To the right are two circular arrows representing rotation directions: 'horario' (clockwise) and 'antihorario' (counter-clockwise). Below the motor icon, the text 'motor on' and 'motor off' is visible. A 'MENU' button is located at the bottom left of the panel. At the bottom of the panel are four function keys labeled F1, F2, F3, and F4. The left sidebar shows the project tree with 'INVERSION DE GIRO' selected under the 'Imágenes' folder. The right sidebar shows the 'Objetos básicos' and 'Elementos' toolbars, along with a 'Propiedades' and 'Información' panel at the bottom.



## **6. Funcionamiento.**

Para empezar la programación en el MAIN del bloque del programa se debe declarar las variables, para esto ubicamos en variables del PLC y damos el nombre del variable tipo de dato y dirección.

El programa inicia pulsando un botón que va activar el “sentido horario” (DQ 0.4) a la vez activa un temporizador DB1, que va a contar 30 segundos, y después va activar “sentido antihorario” (DQ 0.5) las misma que activa otro temporizador DB2 y cuenta 30 segundos que luego activa una marca auxiliar la cual desactiva atihorario y resetea el temporizador DB1. Al presionar “off” separa todo el circuito

## **7. Conclusiones.**

Se diseñó un diagrama de programación para controlar correctamente la inversión de giro en sentido horario y antihorario, de forma que podamos observar y distinguir ambas operaciones en un tiempo determinado.

Se eligió las herramientas adecuadas suscritas en el HMI que permite observar la simulación de una manera didáctica la operación de inversión de giro de un motor trifásico en modo automático comandado desde el TOUCH PANEL.

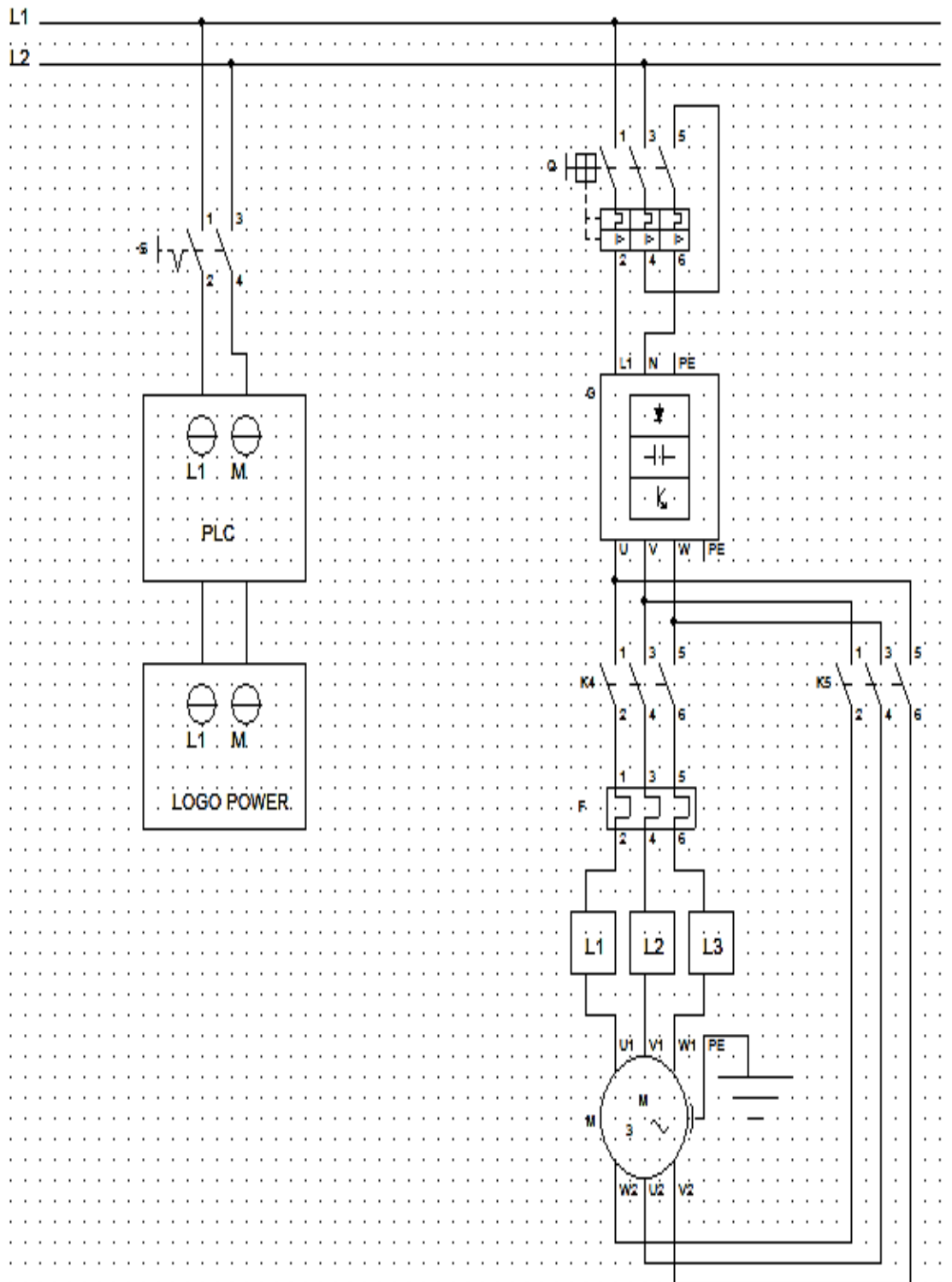
## **8. Recomendaciones.**

Elegir correctamente las salidas digitales ya que necesitan una alimentación de 24 VDC que provienen desde el variador de frecuencia, En este caso utilizaremos las salidas digitales Q0.4 y Q0.5 que van a estar independiente a las otras salidas digitales.

Declarar las variables con un nombre adecuado y un tipo de dato que no tengan números iguales para evitar confusión, pérdida de tiempo y además impedir conflictos de variables en el bloque de programas (MAIN).



# ESQUEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA



## PRÁCTICA °2

### INVERSIÓN DE GIRO DE UN MOTOR TRIFÁSICO MODO MANUAL

#### 1. Trabajo preparatorio.

¿Cuál es el procedimiento para hacer las conexiones para el mando manual a través de pulsadores para la inversión de giro de un motor trifásico?

¿Cómo identificar las conexiones de los bornes del variador de frecuencia para que reciba la señal adecuada e impulsar la inversión de giro del motor trifásico?

#### 2. Objetivos.

Determinar el proceso de las conexiones para el accionamiento manual a través de pulsadores para la inversión de giro.

Identificar las conexiones de los bornes del variador de frecuencia para la maniobra del giro del motor en sentido horario y antihorario.

#### 3. Equipos y materiales a utilizar.

Pulsadores con retroceso

Pulsador con enclavamiento

Luces pilotos

Variador de frecuencia

Motor trifásico

Amperímetro analógico

Cables y herramientas

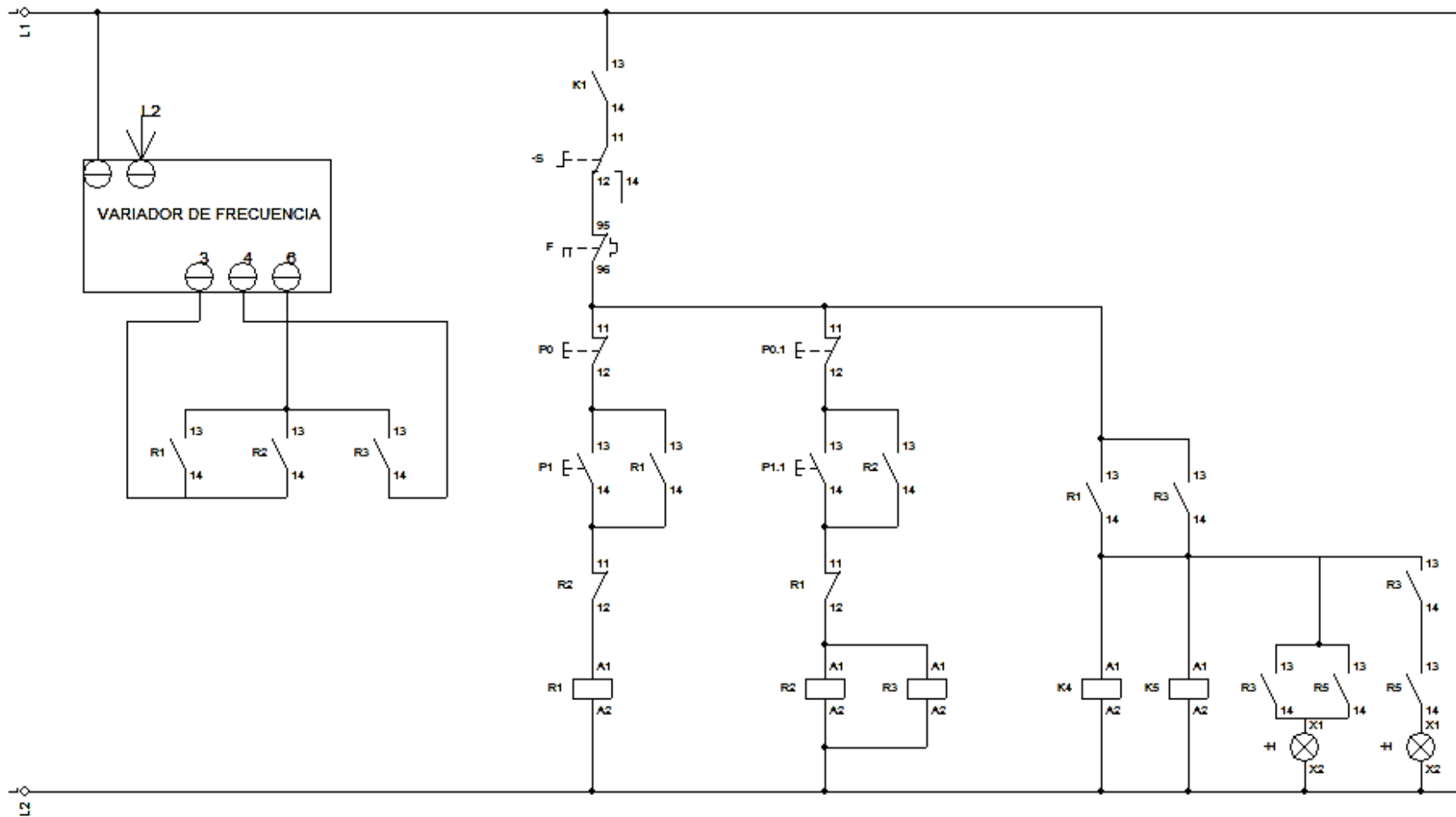
Voltímetro

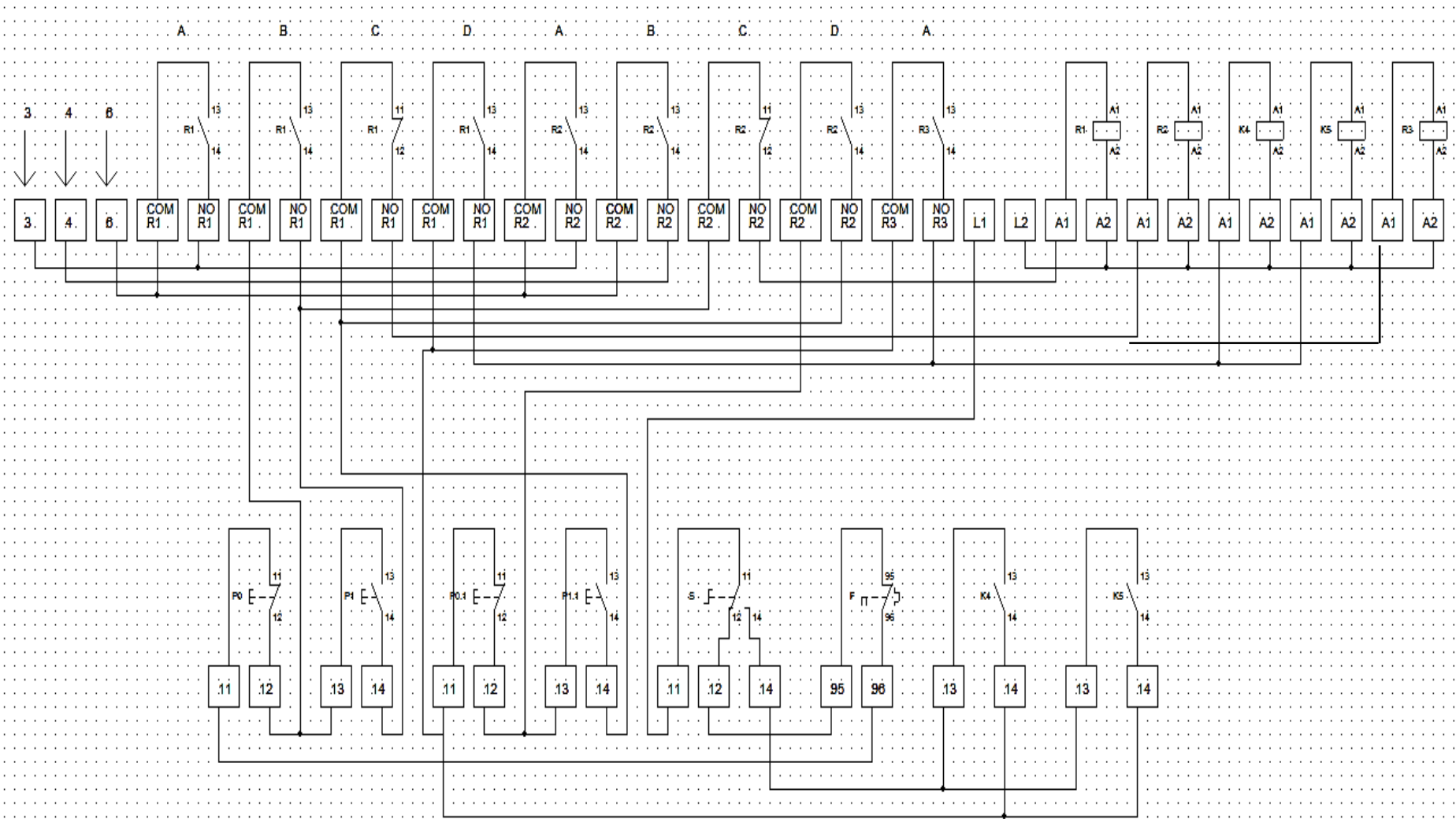
Contactores

Relé térmico

Alarma sirena

#### 4. Esquema eléctrico de inversión de giro de un motor trifásico modo manual.





## **5. Funcionamiento.**

Mediante un selector elegimos el modo manual para empezar la manipulación. Al presionar un pulsador de retroceso envía señal al variador de frecuencia al borne que se identifica en el esquema eléctrico para que el motor trifásico gire en sentido horario, al mismo instante se apreciará una luz piloto que indica el sentido de giro. Al presionar otro pulsador nuevamente envía señal al variador de frecuencia a otro borne que se identifica en el esquema eléctrico que hará girar el motor trifásico en sentido antihorario y de la misma manera se apreciara en una luz piloto.

## **6. Conclusiones.**

Se diseñó el circuito adecuado para realizar el mando manual de la inversión de giro de un motor trifásico mediante pulsadores de retroceso y además para apreciar físicamente con luces pilotos.

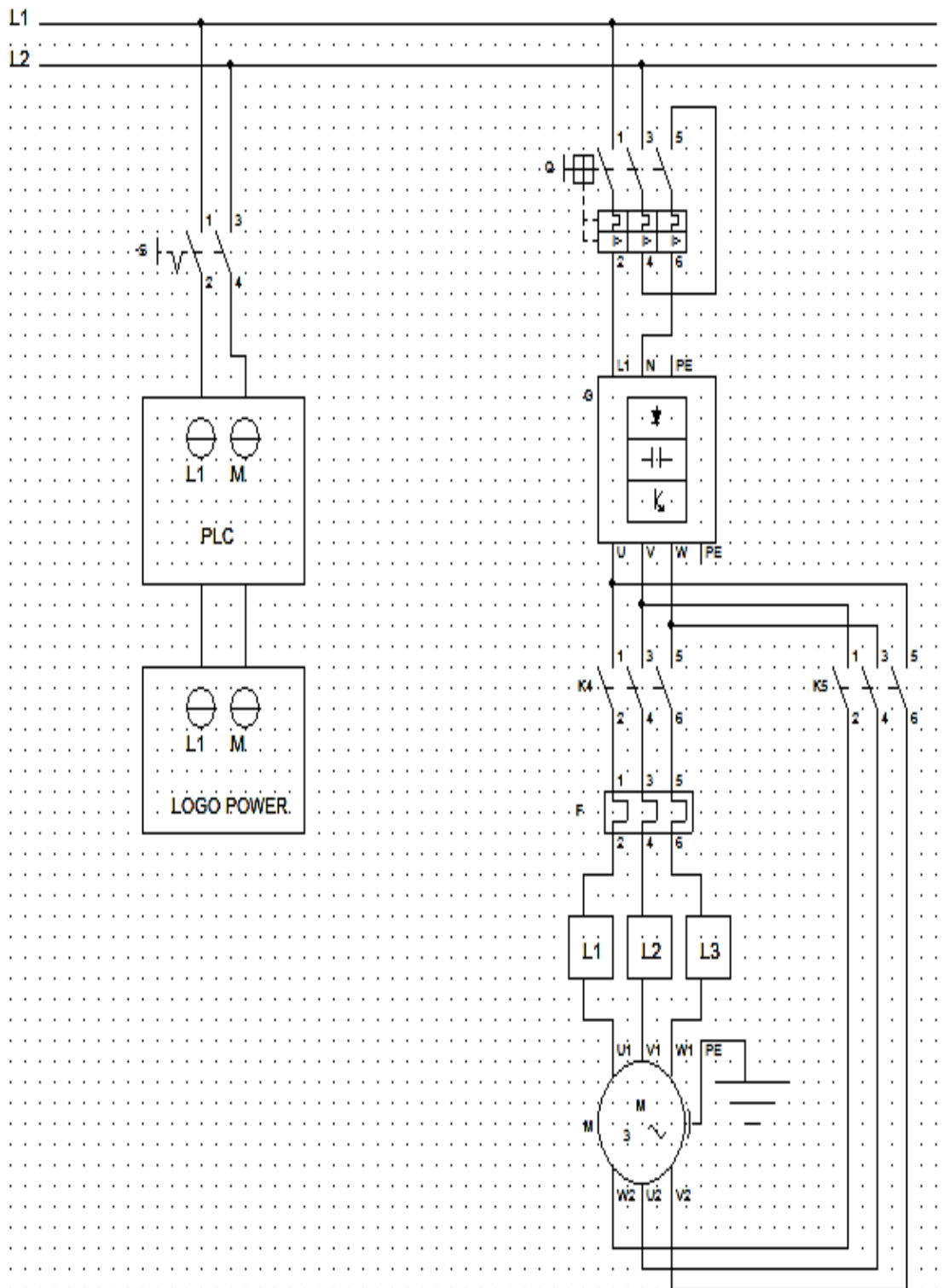
Se identificó y se señaló los bornes del variador de frecuencia para apreciar físicamente dichos bornes y de la misma forma la ubicación del motor para apreciar los sentidos de giro.

## **7. Recomendaciones.**

Señalar todos los comandos con marquilladora para identificar de forma rápida y precisa al momento de operar el motor trifásico en los sentidos de giros y paro del mismo.

Utilizar un selector que permita elegir el modo manual y a la vez llegue la señal correcta de los pulsadores a los bornes del variador de frecuencia ya identificados.

# ESQUEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA



## PRÁCTICA N° 3

### INVERSIÓN DE GIRO DE UN MOTOR TRIFÁSICO MODO PANEL BOP

#### 1. Trabajo preparatorio.

¿Cómo configurar el variador de frecuencia para la operación de un motor trifásico desde el PANEL BOP?

¿Cuál es el procedimiento para manipular el PANEL BOP para obtener el sentido horario y antihorario del motor trifásico?

#### 2. Objetivos.

Configurar el variador de frecuencia para la operación de un motor trifásico desde el PANEL BOP.

Conocer el procedimiento para manipular el PANEL BOP para obtener el sentido horario y antihorario del motor trifásico.

#### 3. Equipos y materiales a utilizar.

Variador de frecuencia

PANEL BOP

Motor trifásico

Amperímetro analógico

Cables y herramientas

Voltímetro

Contactores

Relé térmico

Alarma sirena

Guarda motor

Pulsadores

#### 4. Esquema de control eléctrico modo PANEL BOP

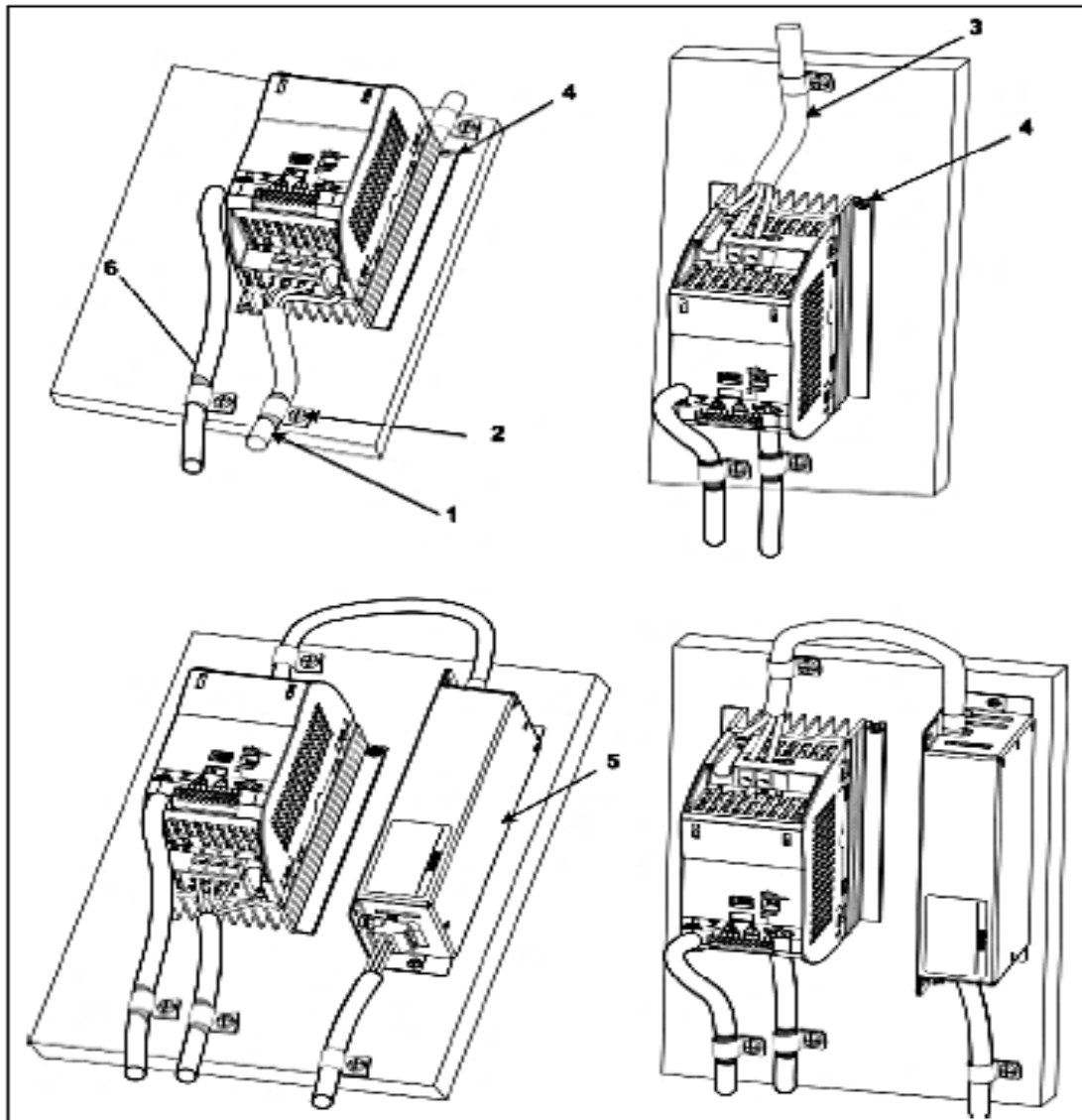
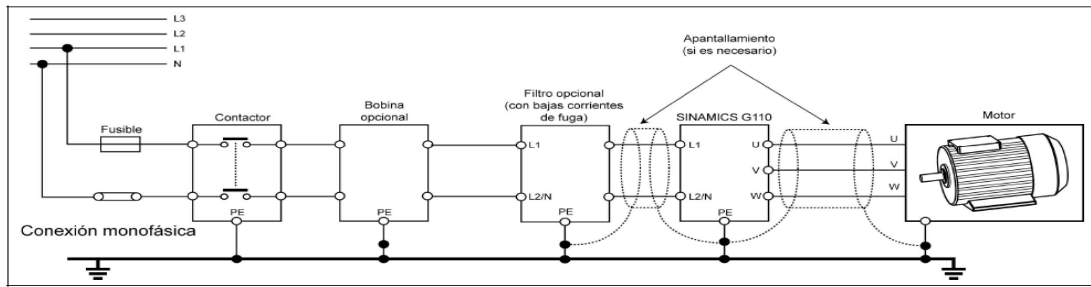











Figura 2-8 Directrices de cableado para minimizar los efectos de interferencias electromagnéticas.

#### Leyenda

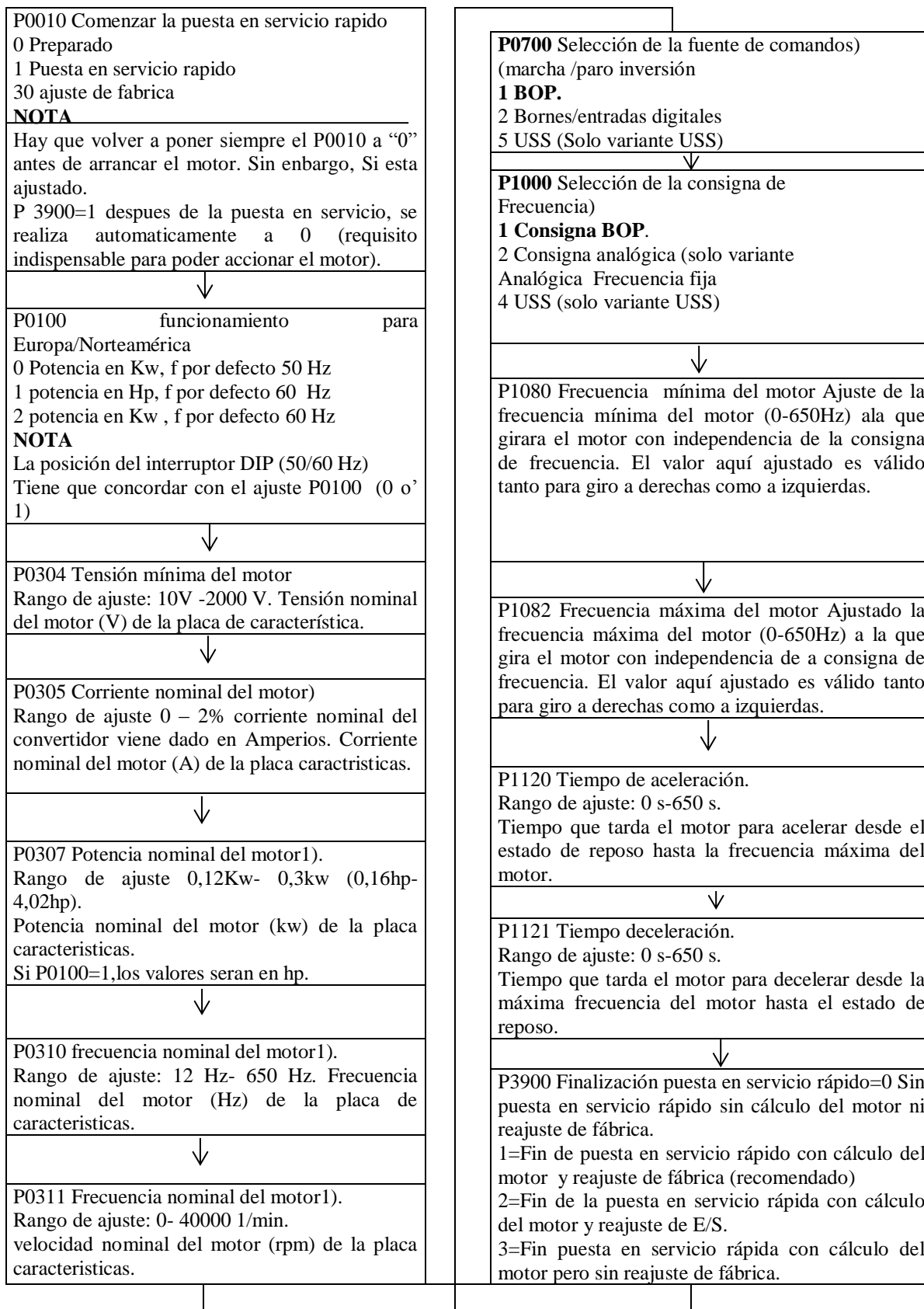
- |  |                                |   |  |
|--|--------------------------------|---|--|
| 1  | Cable del motor                | 3 | Cable de red                             |
| 2  | Abrazadera para fijar pantalla | 4 | Tomillos de sujeción para el convertidor |
| <b>NOTA</b><br>Usar abrazaderas adecuadas para fijar bien las pantallas de los cables a la placa posterior metálica. |                                | 5 | Bobina de red                            |
|  |                                | 6 | Cable de mando                           |



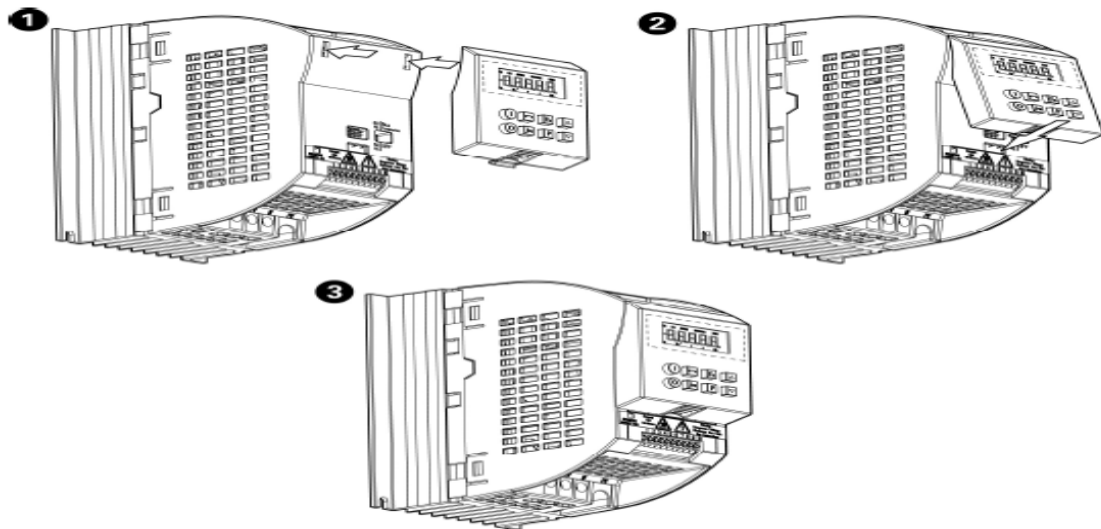
## 5. Procedimiento de programación.

Panel/botón	Función	Efectos
	Indicación de estado	La pantalla de cristal líquido muestra los ajustes actuales del convertidor.
	Marcha	Al pulsar este botón se arranca el convertidor. Por defecto está bloqueado este botón. Para habilitarlo ajustar P0700 = 1
	Parada	OFF1 Pulsando este botón se para el motor siguiendo el tiempo de deceleración seleccionado. Por defecto está bloqueado el botón. Para habilitarlo ajustar P0700 = 1. OFF2 Pulsando el botón dos veces (o una vez prolongada) el motor se para de forma natural (por inercia). Esta función está siempre habilitada.
	Invertir sentido de giro	Pulsar este botón para cambiar el sentido de giro del motor. El inverso se indica mediante un signo negativo (-) o un punto decimal intermitente. Por defecto está bloqueado este botón. Para habilitarlo ajustar P0700 = 1.
	Jog motor	Pulsando este botón – en estado "listo" – el motor arranca y gira a la frecuencia Jog preseleccionada. El motor se detiene cuando se suelta el botón. Pulsar este botón cuando el motor está funcionando carece de efecto.
	Funciones	Este botón sirve para visualizar información adicional. Pulsando y manteniendo este botón apretado 2 segundos durante la marcha, desde cualquier parámetro, muestra lo siguiente: 1. Tensión del circuito intermedio (indicado mediante d. unidades en V). 2. Tensión de salida (indicada mediante o . unidades en V). 3. Frecuencia de salida (Hz) 4. El valor seleccionado en P0005 Pulsando de nuevo circula la sucesión anterior. <b>Función de salto</b> Pulsando brevemente el botón Fn es posible saltar desde cualquier parámetro (rXXXX o PXXXX) a r0000. Una vez retornado a r0000, si pulsa el botón Fn irá de nuevo al punto inicial.
	Acceder a parámetros	Pulsando este botón es posible acceder a los parámetros.
	Subir valor	Pulsando este botón aumenta el valor visualizado.
	Bajar valor	Pulsando este botón disminuye el valor visualizado.

## Diagrama de flujo para puesta en servicio rápida (nivel de acceso 1-P000=1)



## C Acoplamiento del BOP



### 6. Conclusiones.

Se ha adquirido el motor y el variador de frecuencia favorable para su funcionamiento y a la vez se reconoció y se señaló los terminales del motor correctamente para la conexión al variador de frecuencia.

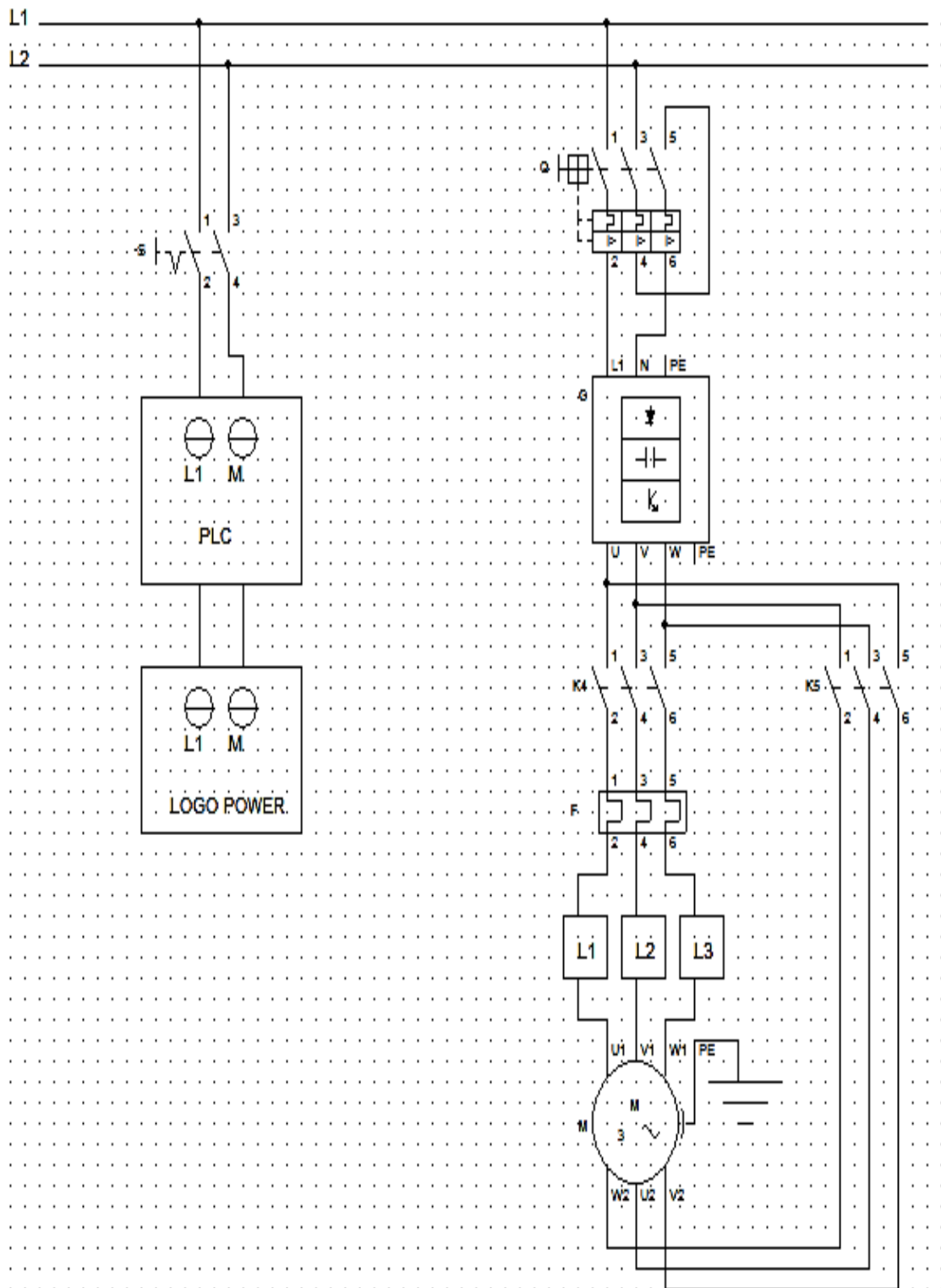
El procedimiento para manipular el PANEL BOP para obtener el sentido horario y antihorario, fueron los adecuados para la operación del motor trifásico los cuales se encuentran especificados en los cuadros anteriores.

### 7. Recomendaciones.

Se recomienda leer el manual del variador de frecuencia para proceder a programar para no cometer errores, y de la misma forma tener en cuenta las especificaciones técnicas que se encuentran en la placa del motor.

Reconocer las teclas del PANEL BOP para facilitar su manipulación y no tener problemas al momento de operar el motor trifásico.

# ESQUEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA



## **PRÁCTICA N° 4**

### **ARRANQUE ESTRELLA TRIÁNGULO MODO HMI**

#### **1. Trabajo preparatorio.**

¿Cómo realizar una simulación de un arranque estrella triángulo en el TOUCH PANEL HMI con la ayuda del software TIA PORTAL?

¿Cómo realizar un diagrama de bloques de programa para el arranque de estrella triángulo con la ayuda del software del TIA PORTAL?

#### **2. Objetivos.**

Utilizar la gama de herramientas que tiene en la ventana de imágenes para la programación con el TIA PORTAL y así simular y comandar en una operación de arranque estrella triángulo.

Realizar una tabla de variables con los nombres adecuados tipos de datos y direcciones correctas para la elaboración de un diagrama de bloque que nos permita realizar físicamente un arranque estrella triángulo.

#### **3. Equipos y herramientas.**

HMI (Human Machine Interface)

Variador de frecuencia

CPU (*central processing unit*)

Motor trifásico

Amperímetro analógico

Cables y herramientas

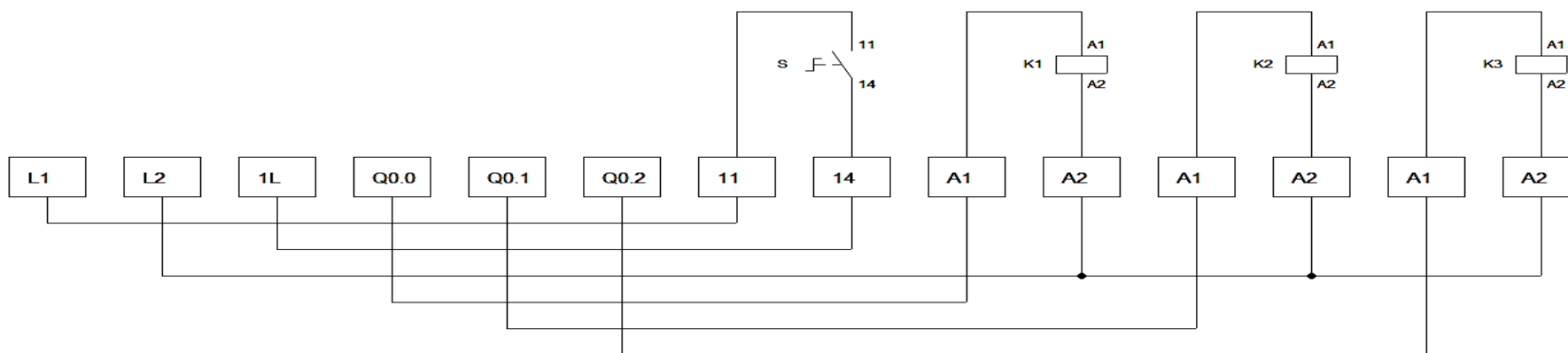
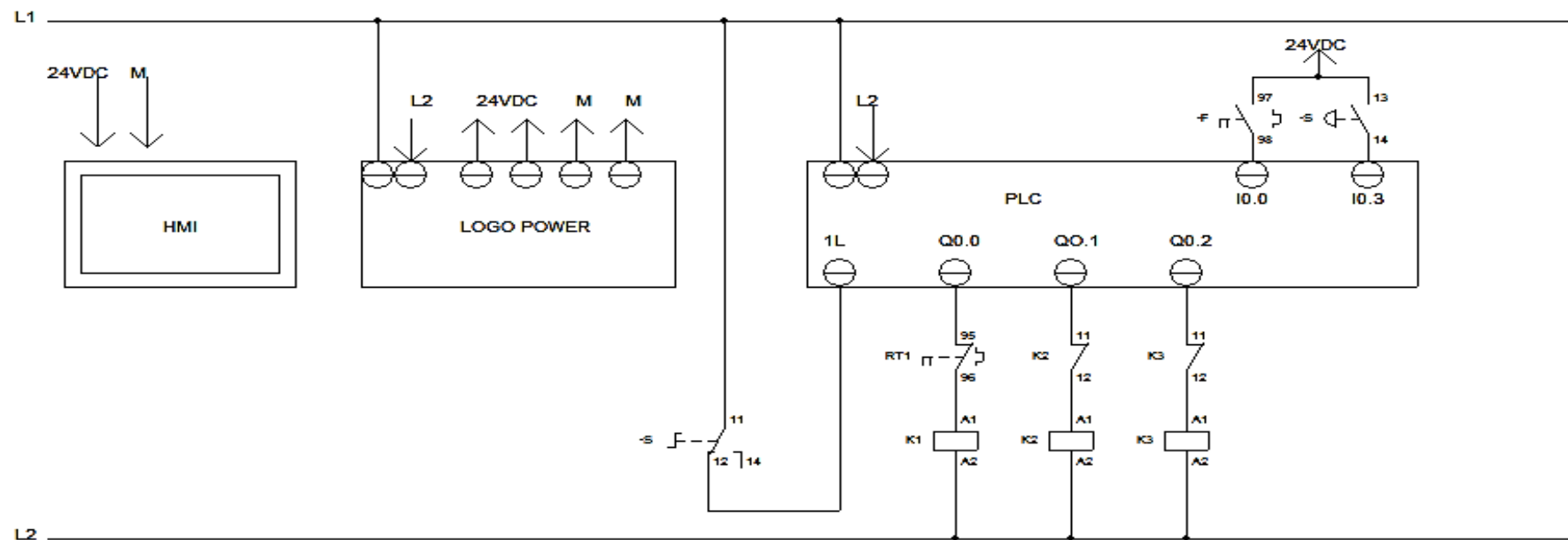
Voltímetro

Contactores

Relé térmico

Alarma sirena

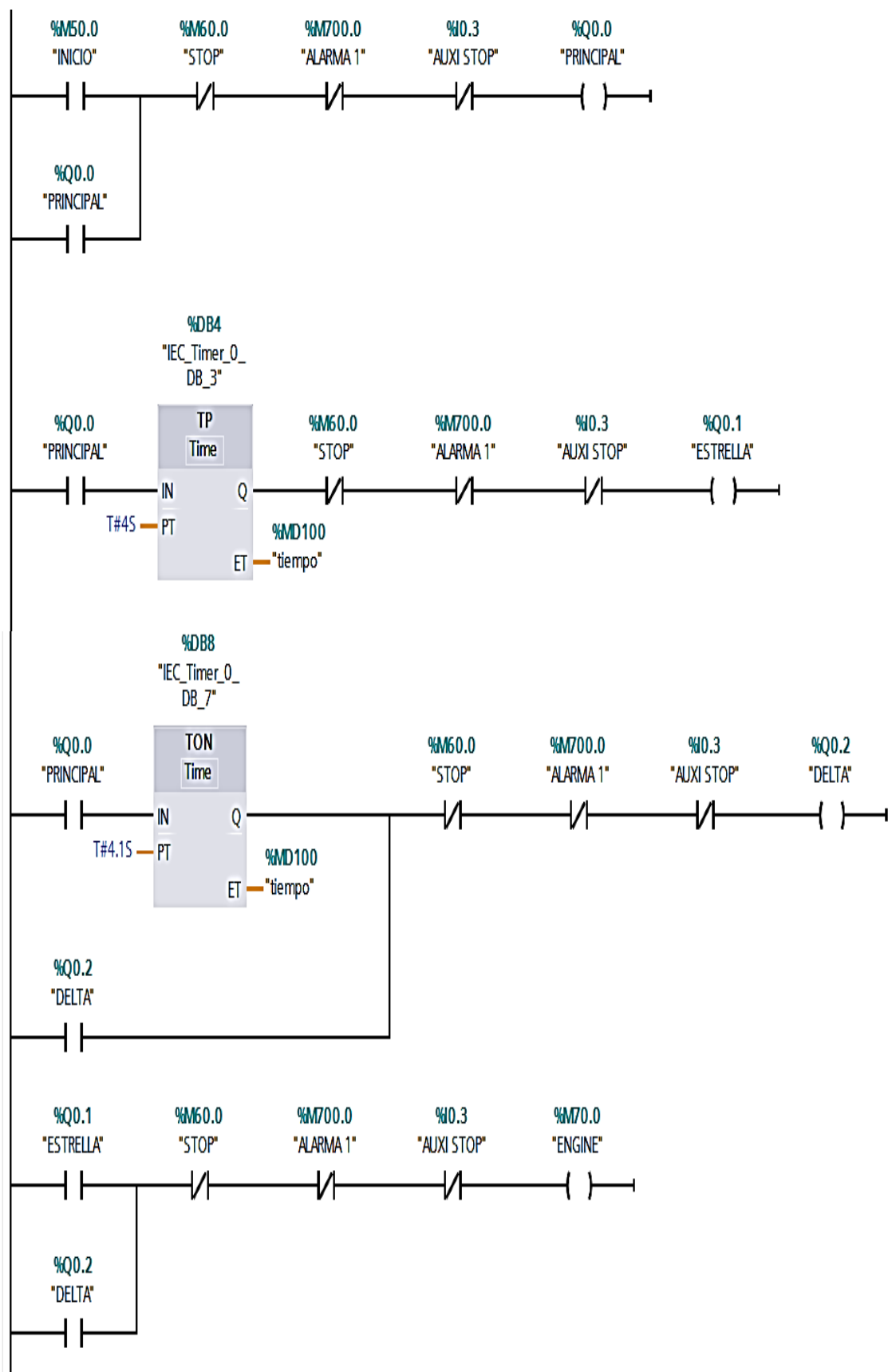
#### 4. Esquema de control eléctrico para el arranque estrella triángulo MODO HMI



## 5. Procedimiento de programación.

ESTRELLA - DELTA							
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Acces...	C
1	INICIO	Bool	%M50.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	STOP	Bool	%M60.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	ESTRELLA	Bool	%Q0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	DELTA	Bool	%Q0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	ENGINE	Bool	%M70.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	<Agregar>				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

The screenshot shows the Siemens SIMATIC Manager interface for HMI design. The main workspace displays a SIMATIC PANEL titled 'ESTRELLA - DELTA'. The panel features a central motor diagram with a green 'INICIO' button and a red 'STOP' button. Below the motor, the text 'motor on' (green) and 'motor off' (red) is visible. To the right of the motor, there are two motor configurations labeled 'estrella' and 'delta'. A 'MENU' button is located at the bottom left of the panel. The left sidebar shows the project tree with 'Imágenes' expanded, listing various graphical elements like 'ESTRELLA - DELTA', 'INICIO', 'STOP', 'MENU', and 'VARIADOR DE FRECUENCIA'. The right sidebar shows the 'Herramientas' (Tools) palette with various graphical elements and controls.





## **6. Funcionamiento.**

Al activar “inicio” enciende “principal” y “estrella” que se enclavan al mismo tiempo, y a la vez activa un temporizador DB3, el cual cuenta 5 segundos y luego enciende “delta” que se enclava y desactiva “estrella”.

En el tiempo que está activado “estrella” y “delta” también se va activar en “engine”, al presionar “stop” va a parar el circuito.

## **7. Conclusiones.**

Se ha utilizado los gráficos necesarios en el HMI para simular la operación del arranque estrella triángulo y observar en la pantalla los gráficos que van a comandar el motor trifásico, con el funcionamiento correcto.

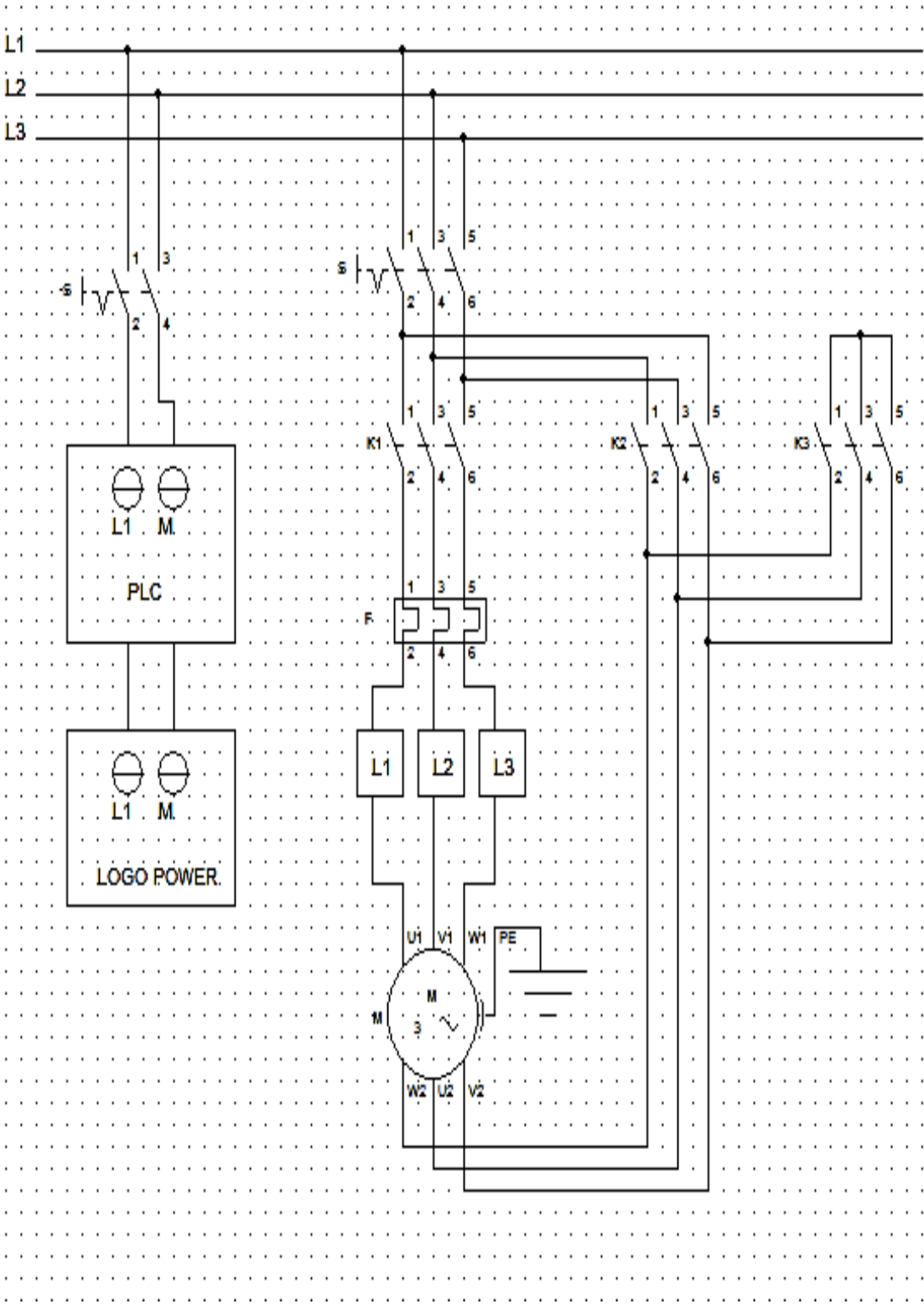
En el diagrama de bloques de programa se identificó las variables que nos permiten reconocer el funcionamiento del circuito para un arranque estrella triángulo, además el tiempo del temporizador debe ser apropiado para dicho arranque.

## **8. Recomendaciones.**

Se debe tomar en cuenta en el HMI que el nombre de los gráficos tenga el mismo de las variables que se encuentran identificadas en el diagrama de bloques del programa para evitarnos contratiempos y conflicto entre variables y tampoco tener inconveniente al cargar el programa modo online.

En los bloques del programa se recomienda que para cada práctica se realice en un segmento distinto y su respectivo nombre, también elaborar las tablas de variables identificados con su nombre que le van a pertenecer a cada segmento, de la misma manera para cada imagen su respectivo nombre que le va a pertenecer a cada segmento.

ESQUEMA DE POTENCIA



**PRÁCTICA N° 5**  
**ARRANQUE ESTRELLA TRIÁNGULO MODO MANUAL**

**1. Trabajo preparatorio.**

¿Cómo elaborar un arranque estrella triángulo de un motor trifásico con contactores y temporizador?

¿Qué esquema eléctrico realizar en el arranque estrella triángulo de un motor trifásico con contactores y temporizador?

**2. Objetivos**

Realizar un arranque estrella triángulo para un motor trifásico utilizando contactores y temporizador.

Diseñar un esquema eléctrico que nos sirva como guía para las conexiones en los bornes del tablero o módulo.

**3. Equipos y herramientas**

Selectores

Temporizador

Luces pilotos

Motor trifásico

Amperímetro analógico

Cables y herramientas

Voltímetro

Contactores

Relé térmico

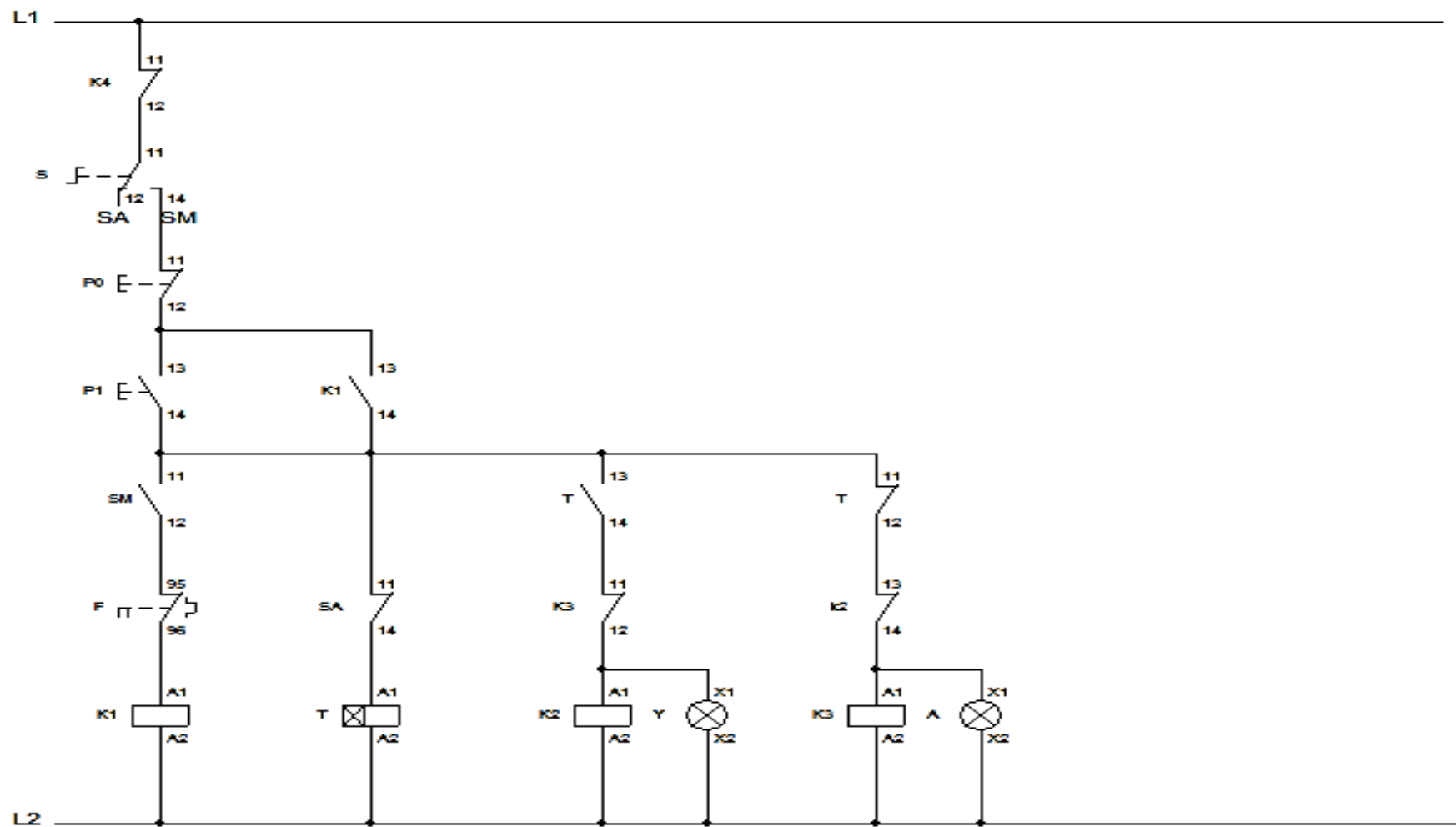
Alarma sirena

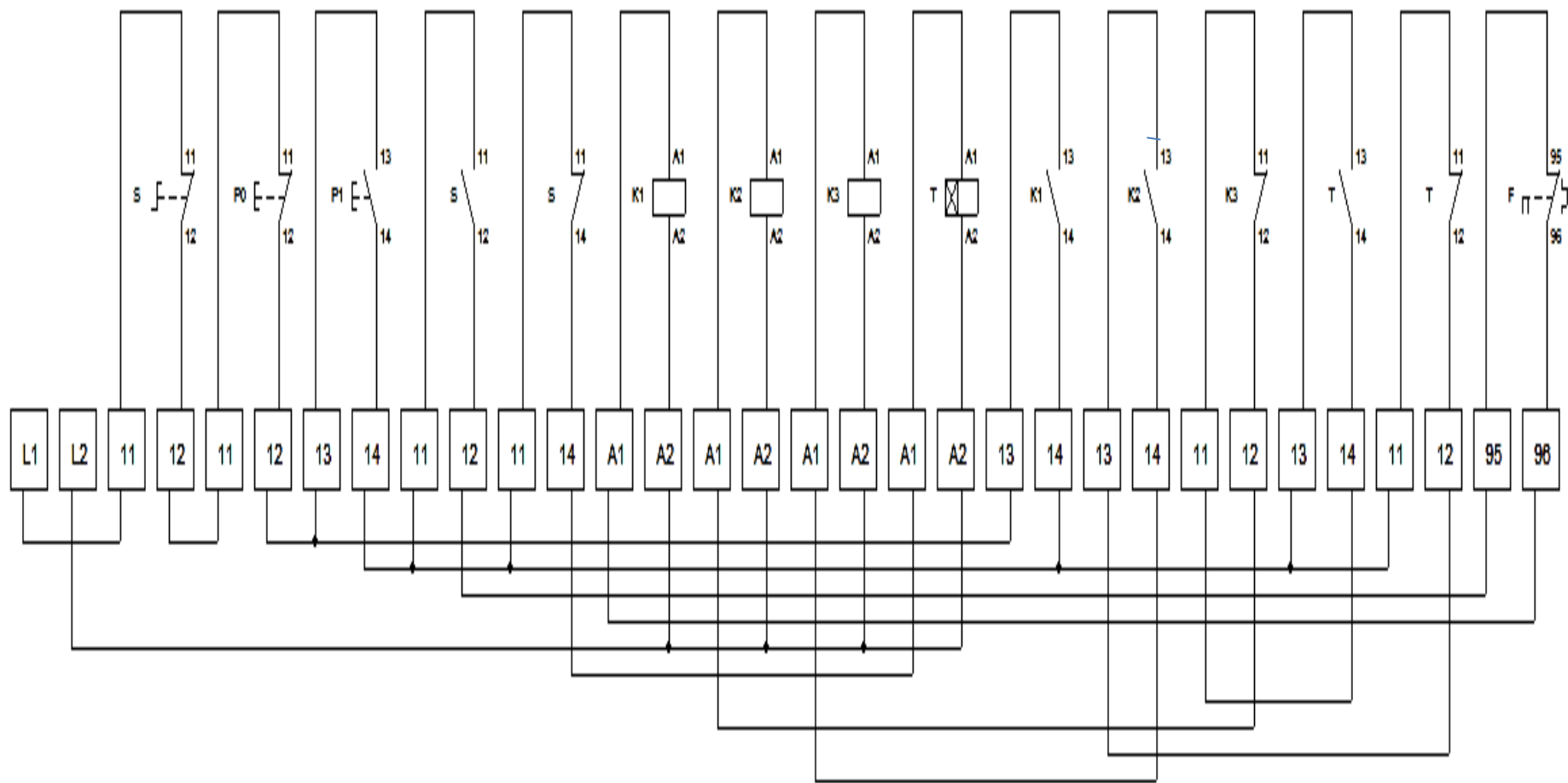
Guarda motor

Pulsadores

Marquilladora

### 5. Esquema de control eléctrico para el arranque estrella triángulo MODO MANUAL





## **6. Funcionamiento.**

1. Seleccionamos MODO MANUAL, y además también se cierra el contacto auxiliar S
2. Al pulsar P1 se activa K1(principal) y se enclava, al mismo tiempo se activa K3(estrella) y el temporizador, cuenta el tiempo el temporizador, luego se desactiva K3 y queda activado K2(triángulo)
3. Al pulsar P0 separa el circuito.

## **7. Conclusiones.**

El arranque estrella triángulo va hacer comparado con el arranque del variador de frecuencia en el consumo de corriente y al final se sacara resultados de ahorro de energía.

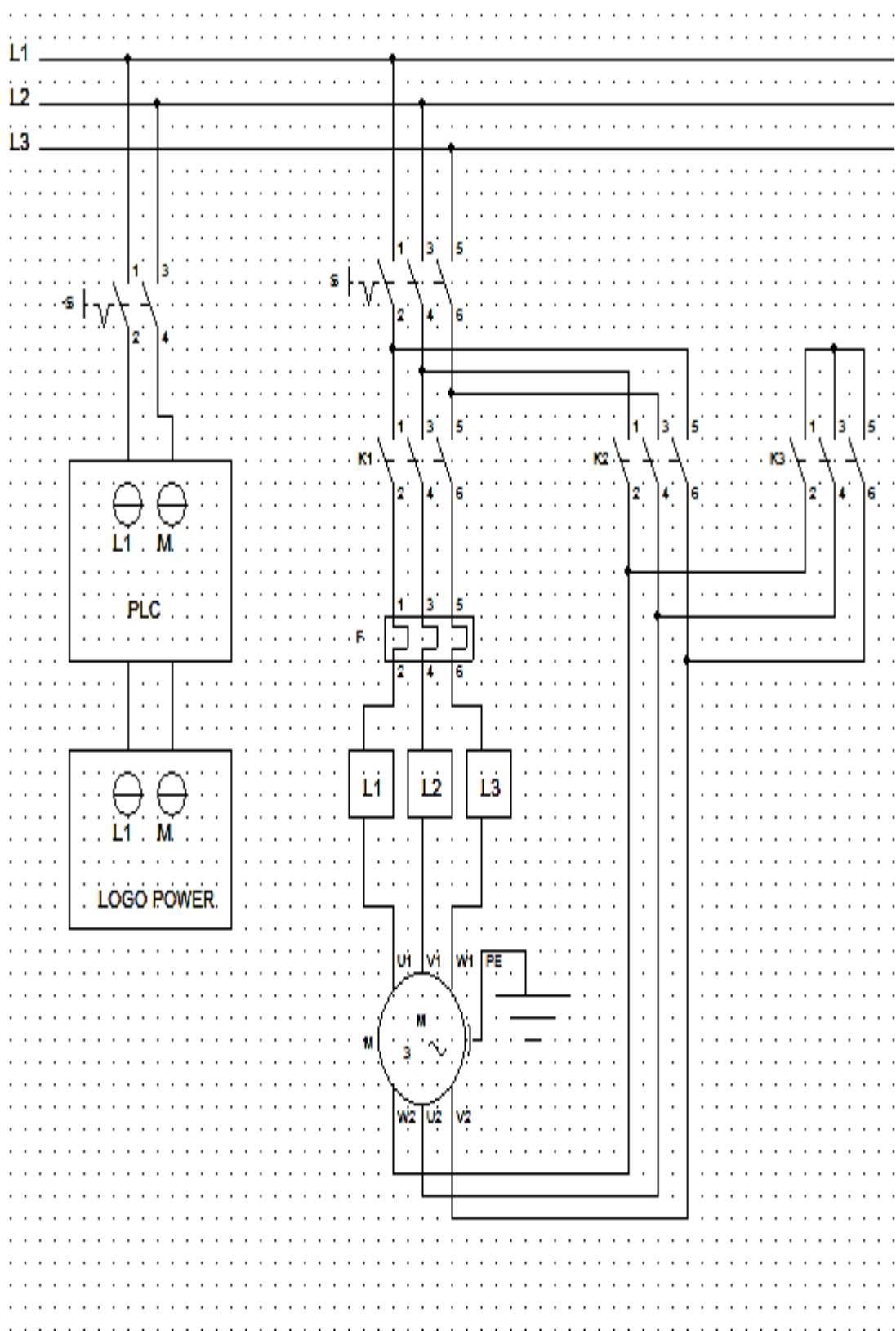
Todos los terminales de los dispositivos están conectados a los bornes del módulo, los cuales se van a conectar con cables entre bornes de una manera correcta y para eso son los esquemas eléctricos que nos van a servir como guía.

## **8. Recomendaciones.**

Colocar un instrumento que mida el consumo de la energía eléctrica para observar de forma clara y poder sacar conclusiones de consumo de corriente en los arranques.

Los bornes del módulo deben estar agrupados por práctica y señalados esto para la ubicación rápida al momento de hacer las conexiones de los bornes.

# ESQUEMA DE POTENCIA



**PRÁCTICA N° 6**  
**TIEMPO DE ACELERACIÓN Y DECELERACIÓN DE UN MOTOR**  
**TRIFÁSICO**

**1. Trabajo preparatorio.**

¿Cuál es el procedimiento a seguir para configurar el tiempo de aceleración y deceleración de un motor con el PANEL BOP?

¿Cómo es la operación del PANEL BOP para proceder a la aceleración y deceleración de un motor eléctrico?

**2. Objetivos.**

Configurar correctamente en el panel BOP siguiendo los pasos del manual para la aceleración deceleración de un motor trifásico.

Identificar el teclado del panel BOP para proceder a la aceleración y deceleración de un motor eléctrico trifásico.

**3. Equipos y materiales a utilizar.**

Variador de frecuencia

PANEL BOP

Motor trifásico

Amperímetro analógico

Cables y herramientas

Voltímetro

Contactores

Relé térmico

Alarma sirena

Guarda motor

Pulsadores



#### 4. Procedimiento de programación para la aceleración y deceleración

a) La pantalla de cristal líquido muestra los ajustes actuales del convertidor (menú).



b) Nos ubicamos en la opción P1120 con las teclas



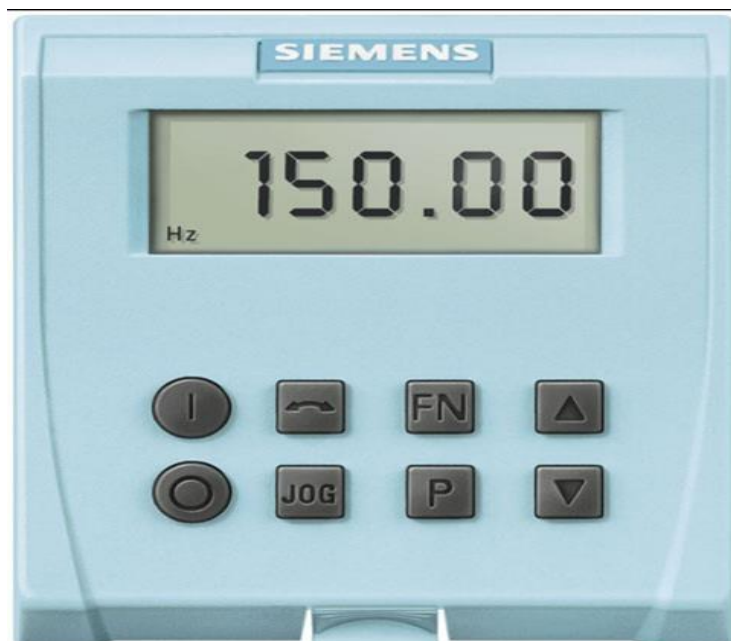
c) En el PANEL BOP presionamos la tecla






d) A continuación aparece la opción para determinar el tiempo que va acelerar el motor y utilizamos la tecla.



e) Luego nos ubicamos en la opción 1121 y determinamos el tiempo de deceleración.



## 5. Funcionamiento.

- a) En el menú nos ubicamos en la opción P0700 que es la selección de fuente de órdenes, ingresamos y escogemos la opción 1 que sirve para comandar desde del PANEL BOP.
- b) A continuación en el menú elegimos la opción P1000 que es la selección de la consigna de frecuencia, ingresamos y escogemos la opción 1
- c) Luego se presiona la tecla  (acceder a parámetros) para guardar la configuración y el variador se encuentre en estado listo.
- d) Presionando la tecla  (marcha) se pondrá en marcha el motor.
- e) Presionando la tecla  (paro) se pondrá en modo paro el motor.

## 6. Conclusiones.

Se ha configurado en el PANEL BOP correctamente, previo a esto se le leyó y se analizó el manual del variador de frecuencia el cual ha sido útil para la programación de aceleración y deceleración de un motor trifásico.

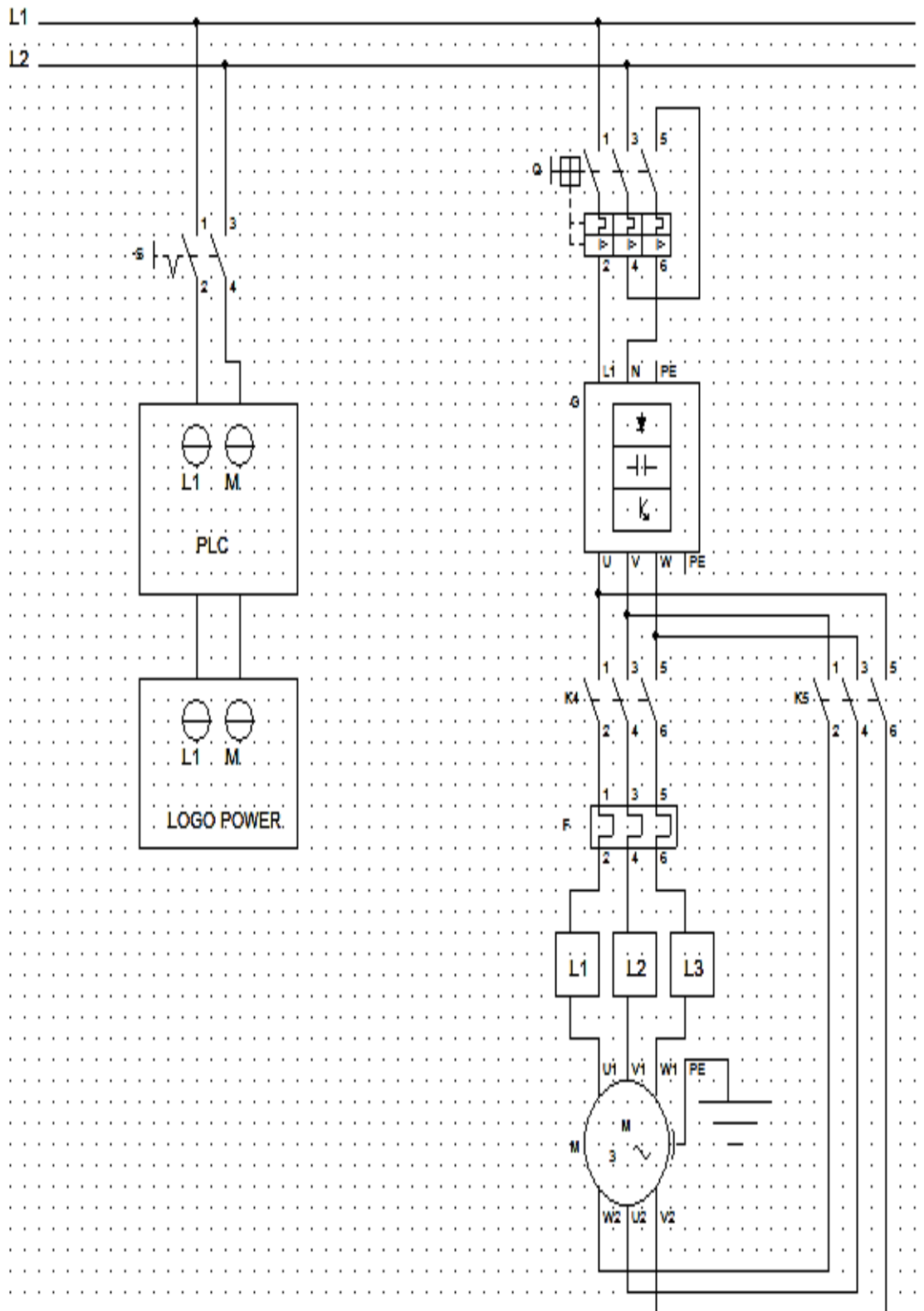
Se ha identificado cada una de las teclas y las opciones del menú en el PANEL BOP para proceder a manipular y comandar en modo listo el variador de frecuencia, además el PANEL BOP debe estar programado para que sea manipulado desde el mismo.

## 7. Recomendaciones.

Los tiempos de aceleración y de deceleración deben extenderse de manera que se pueda observar el giro del eje del motor para que sea la operación más didáctica, incluso en el eje del motor pegar gráficos para apreciar el sentido de giro del motor trifásico.

Para proceder a manipular de una manera correcta los comandos del variador de frecuencia se debe conocer todas las alarmas de error que posee el variador de frecuencia cuando haya cometido un error o cuando se haya configurado incorrectamente el PANEL BOP.

# ESQUEMA DE POTENCIA



## PRÁCTICA N° 7

### VARIACIÓN DE VELOCIDAD DE UN MOTOR TRIFÁSICO MODO HMI

#### 1. Trabajo preparatorio.

¿Cómo diseñar un diagrama en el bloque del programa del TIA PORTAL desde el TOUCH PANEL HMI para realizar la variación de velocidad de un motor trifásico?

¿Cómo realizar las conexiones del CPU al variador de frecuencia para la correcta variación de velocidad del motor trifásico?

#### 2. Objetivos.

Diseñar un diagrama en el bloque del programa del TIA PORTAL desde el TOUCH PANEL HMI para realizar la variación de velocidad de un motor trifásico.

Conocer e identificar las entradas y salidas digitales y salidas análogas como también las entradas de los bornes del variador de frecuencia para realizar la variación de velocidad del motor trifásico.

#### 3. Equipos y materiales a utilizar

Signal Board AQ 1x12 BIT

HMI (Human Machine Interface)

Variador de frecuencia

CPU (*central processing unit*)

Motor trifásico

Amperímetro analógico

Cables y herramientas

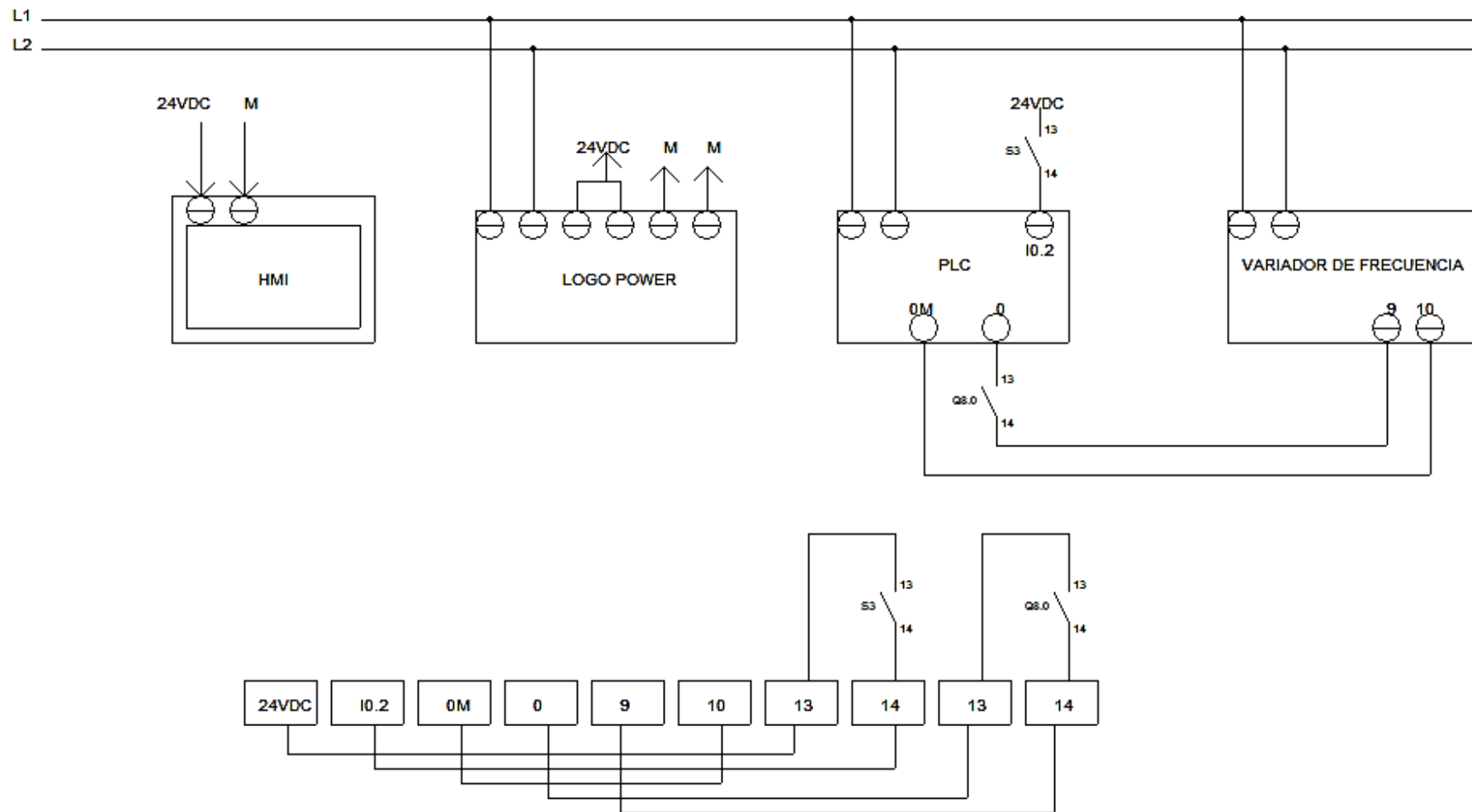
Voltímetro

Contactores

Relé térmico

Alarma sirena

#### 4. Esquema eléctrico del variador de velocidad MODO HMI.



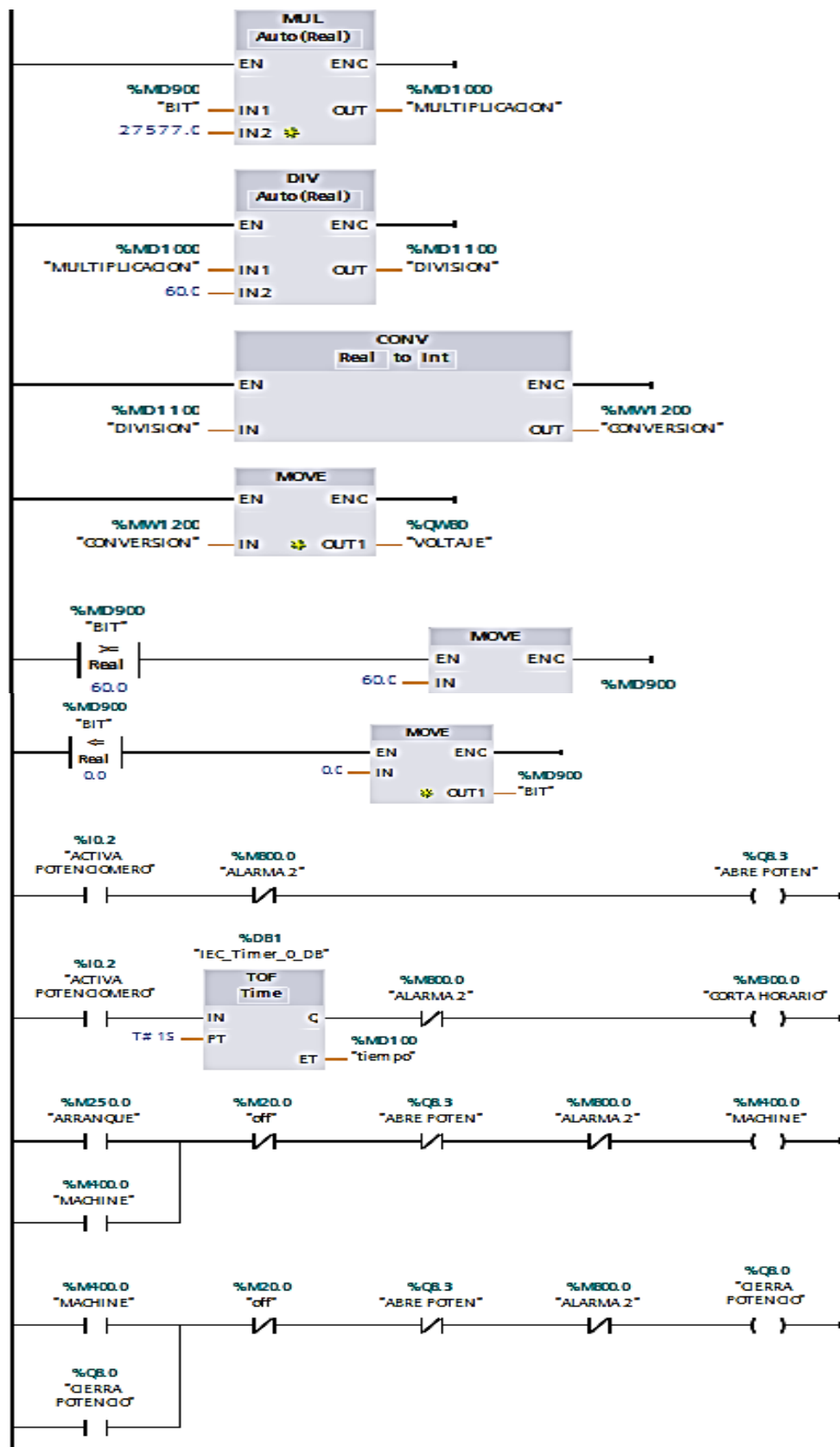
## 5. Procedimiento de programación.

The screenshot shows the SIMATIC Manager interface for a Siemens PLC project. The project tree on the left indicates the current location: tesis 1 > PLC\_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] > Variables PLC > VARIADOR DE FRECUENCIA [7]. The main window displays a table of variables for the frequency converter.

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Acces...
1 VOLTAJE	Word	%QW80		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2 BIT	Real	%MD900		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3 MULTIPLICACION	Real	%MD1000		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4 DIVISION	Real	%MD1100		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5 CONVERSION	Word	%MW1200		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6 MACHINE	Bool	%M400.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7 ARRANQUE	Bool	%M250.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8 <Agregar>				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

The screenshot shows the SIMATIC Manager interface for a Siemens HMI project. The project tree on the left indicates the current location: tesis 1 > HM\_1 [KTP400 Basic color PN] > Imágenes > VARIADOR DE FRECUENCIA. The main window displays a graphical HMI panel for the frequency converter.

The HMI panel features a central motor graphic with the text "motor on" and "motor off" below it. To the left of the motor, there are buttons for "ARRANQUE" (Start) and "FRENADO" (Stop). Below the motor, there is a frequency display showing "+00000000 Hz" and a "MENU" button. At the bottom of the panel, there are four function keys labeled "F1", "F2", "F3", and "F4".



## 6. Funcionamiento.

Primeramente debemos agregar el Signal Board, para esto se ubica en “dispositivos y redes”, luego en vista de dispositivo, Hardware y elegimos el autómata requerido. Luego damos click derecho en el Signal Board, escogemos cargar dispositivo y seguido software y hardware.

Para poder entender este diagrama debemos entender que los valores análogos (VDC) el PLC los entiende en datos de BIT. Previo a esto ya se calculó y se comprobó que la salida análoga arroja valores de 0 – 10VDC, que equivale el valor máximo (10VDC) 27577 BITS. Se debe tomar en cuenta también que estos valores deben estar representados en Hz en escala de 0 – 60.

Explicado lo anterior se ha programado de manera que realice una regla de 3 simple con los valores de BIT, Hz y VDC, utilizando las instrucciones básicas que están ubicadas a lado derecho en la ventana del MAIN. Las instrucciones básicas que se utilizaron son:

MUL: Permite multiplicar el valor de la entrada IN1 por el valor de la entrada IN2 y consultar el producto en la salida OUT ( $OUT := IN1 * IN2$ ).

DIV: Permite dividir el valor de la entrada IN1 entre el valor de la entrada IN2 y consultar el cociente en la salida OUT ( $OUT := IN1 / IN2$ ).

CONV: Lee el contenido del parámetro IN y lo convierte según los tipos de datos seleccionados en el cuadro de la instrucción. El valor convertido se deposita en la salida OUT.

MOVE: Transfiere el contenido del operando de la entrada IN al operando de la salida OUT1. La transferencia se efectúa siempre por orden ascendente de direcciones

La instrucción "**Mayor o igual**" permite consultar si el primer valor de comparación (<Operando1>) es mayor o igual que el segundo (<Operando2>). Ambos valores de comparación deben ser del mismo tipo de datos.



La instrucción "**Menor o igual**" permite consultar si el primer valor de comparación (<Operando1>) es menor o igual que el segundo (<Operando2>). Ambos valores de comparación deben ser del mismo tipo de datos.

## **7. Conclusiones.**

Se ha diseñado el bloque del programa del TIA PORTAL desde el TOUCH PANEL HMI, para realizar la variación de velocidades la cual permitió enviar la señal al variador de frecuencia para que actúe eficazmente.

Se ha comprobado que en las salidas analógicas del Signal Board la señal es de 0 a 10 VDC

## **8. Recomendaciones.**

Se recomienda que en el HMI "campo E/S" debe estar programada de manera que si por error se da valores menores o mayores de la escala ya establecido queden dentro de dicha escala y no alterar la velocidad del motor.

**PRÁCTICA N° 8**  
**VARIACIÓN DE VELOCIDAD DE UN MOTOR TRIFÁSICO MODO**  
**POTENCIÓMETRO**

**1. Trabajo preparatorio.**

¿Cuál es el procedimiento para comandar la velocidad de un motor trifásico a través de un potenciómetro?

¿Qué bornes utilizar en el variador de frecuencia al conectar el potenciómetro?

**2. Objetivos.**

Comandar un motor trifásico a través de un potenciómetro conectado al variador de frecuencia para el control de velocidad.

Identificar y señalar correctamente los bornes del variador de frecuencia para observar de manera precisa la operación.

**3. Equipos y materiales a utilizar.**

Variador de frecuencia

PANEL BOP

Motor trifásico

Amperímetro analógico

Cables y herramientas

Voltímetro

Contactores

Relé térmico

Alarma sirena

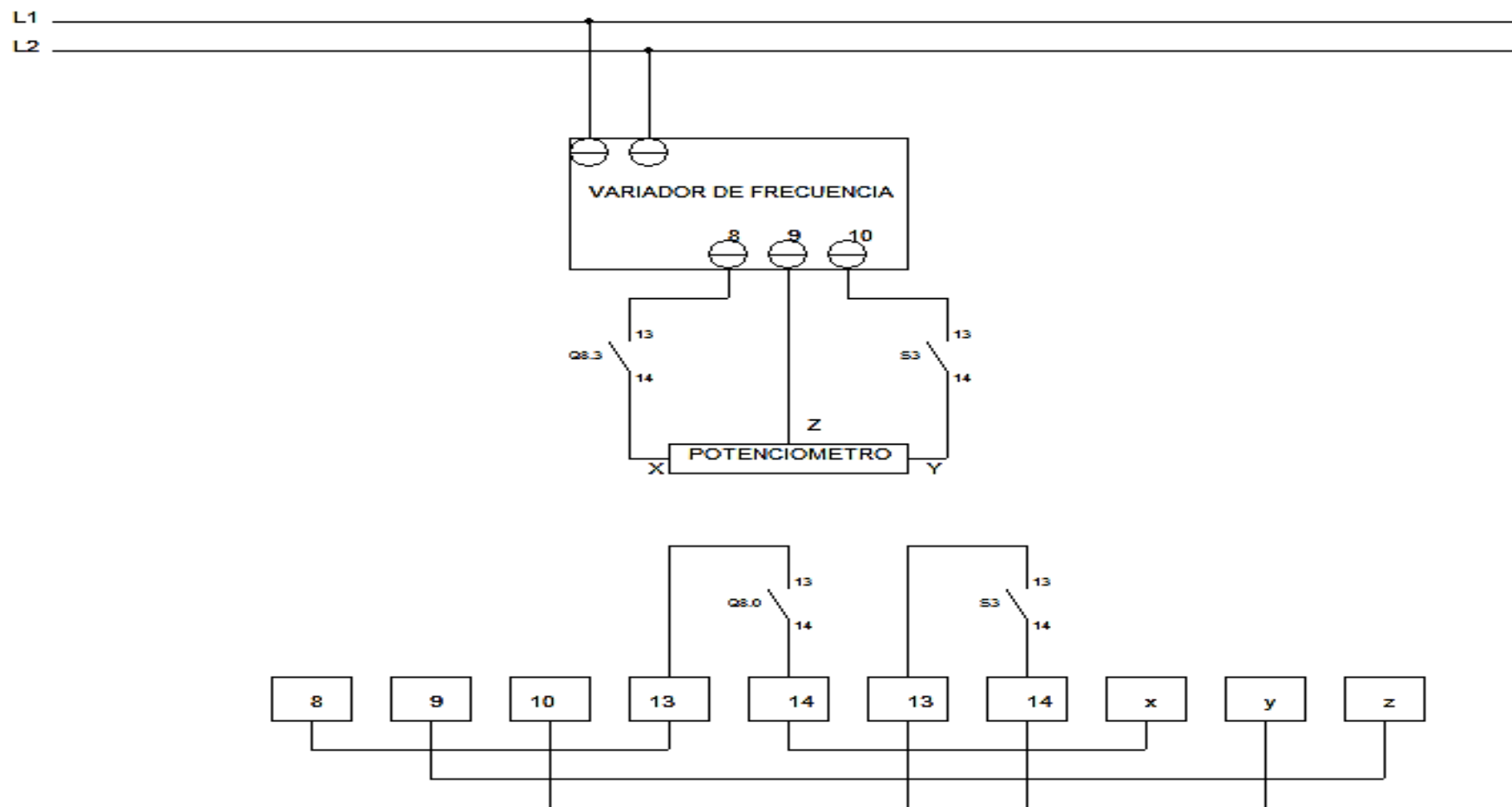
Herramientas eléctricas

Terminales o puntillas

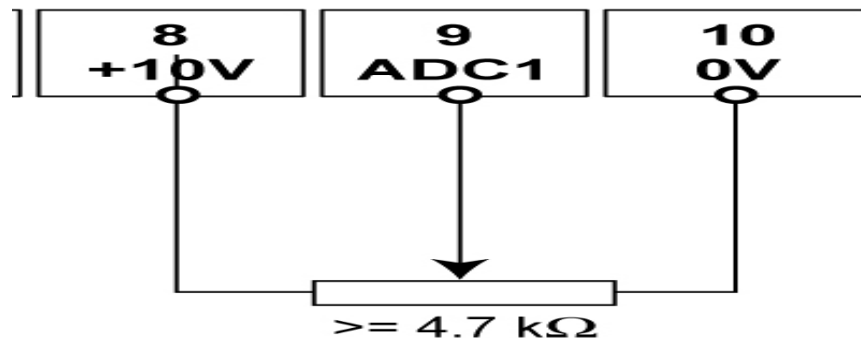
Marquilladora

Tornillos y tuercas

#### 4. Esquema de control eléctrico de la variación de velocidad de un motor trifásico MODO POTENCIÓMETRO



## 6. Funcionamiento.



Mediante un potenciómetro mayor a  $4.7 \Omega$  va enviar una señal a los bornes del variador de frecuencia representados en el FIGURA de arriba que nos van a permitir regular la velocidad del motor trifásico. Para esta operación el variador debe estar programado para comandar desde los bornes.

## 7. Conclusiones.

Al regular el potenciómetro envía la señal adecuada a los bornes del variador de frecuencia para la disminución y aumento de velocidad del motor trifásico.

Se pudo identificar los bornes del variador de frecuencia y a la vez señalarlos de manera que el potenciómetro pueda enviar la señal para la operación adecuada.

## 8. Recomendaciones.

En el módulo donde se va montar el potenciómetro debe ser fijo para poderlo manipular, es decir su eje debe tener un accionamiento de giro para apreciar junto con el giro del eje del motor trifásico.

La punta de los cables del potenciómetro que van a los tres bornes del variador de frecuencia deben tener un terminal o puntilla que de correctamente al orificio de dichos bornes y evitar cortes circuitos o el mal funcionamiento de variación de velocidad del motor trifásico.

## **PRÁCTICA N° 9**

### **FRENADO DE UN MOTOR ELÉCTRICO CON VARIADOR DE FRECUENCIA**

#### **1. Trabajo preparatorio.**

¿Cuáles son los tipos de frenado de un motor trifásico?

¿Cuál es el procedimiento de configuración en el variador de frecuencia en el frenado del motor trifásico?

#### **2. Objetivos.**

Conocer los distintos tipos de frenado de un motor trifásico para realizar la detención del eje del dicho motor.

Configurar el variador de frecuencia para un correcto frenado del motor trifásico.

#### **3. Equipos y herramientas**

Variador de frecuencia

PANEL BOP

Motor trifásico

Amperímetro analógico

Cables y herramientas

Contactores

Relé térmico

Alarma sirena

Voltímetro

Herramientas eléctricas

Terminales o puntillas

Marquilladora

#### **4. Programación y Funcionamiento.**

##### **OFF1**

Esta orden (producida al cancelar la orden ON) causa que el convertidor se detenga en el tiempo de deceleración seleccionado.

OFF1 se puede combinar con el frenado por inyección de CC o con el frenado combinado.

##### **OFF2**

Esta orden causa el movimiento por inercia del motor hasta que se para (bloqueo de impulsos).

La orden OFF2 se puede dar simultáneamente de varias fuentes a la vez.

##### **OFF3**

La orden OFF3 es la más rápida para detener el motor tiempo de deceleración: en parámetro P1135.

OFF3 se puede combinar con el frenado por inyección de corriente continua.

##### **Frenado por inyección de corriente continúa.**

Durante el frenado por CD parte de la energía cinética del motor y de la carga accionada se transforma en energía térmica en el mismo motor. Si la disipación de energía es demasiado alta o si la operación de frenado tarda demasiado se puede producir un sobrecalentamiento del motor.

El frenado por inyección de corriente continua se puede combinar con OFF1 y OFF3. Se inyecta corriente continua, el motor frena en corto tiempo y mantiene el eje en su posición al finalizar el tiempo de frenado ajustado. Para que este tipo de frenado trabaje correctamente se tiene que dar el valor de la resistencia del estator en P0350.

Si no se ha ajustado ninguna de las entradas digitales a "frenado por DC" y P1233 0, se activa el freno DC con cada orden OFF1/OFF3 cuando la frecuencia de salida del convertidor pasa por debajo de la frecuencia de inicio del frenado por DC ajustada en P1234.

### **Frenado combinado.**

El frenado combinado es una mezcla entre el frenado por CD y el frenado en modo generador. Esto significa que parte de la energía cinética del motor y de la carga accionada se transforma en energía térmica en el mismo motor. Si la operación de frenado tarda demasiado se puede producir un sobrecalentamiento del motor.

El frenado combinado se activa con P1236. El motor devuelve energía al circuito intermedio como cuando es frenado a lo largo de la rampa. Si la tensión del circuito intermedio sobrepasa el umbral de activación de este freno, se inyecta corriente continua en función del parámetro P1236.

El freno combinado se desactiva si:

- \_ El re arranqué al vuelo está activado
- \_ El frenado por CD está activado

### **5. Conclusiones.**

Los distintos tipos de frenado tal como el frenado combinado y por inyección de DC de un motor trifásico, se ha comprobado que funcionen correctamente para que hagan la función de paralizar en un tiempo rápido la detención del eje del motor.

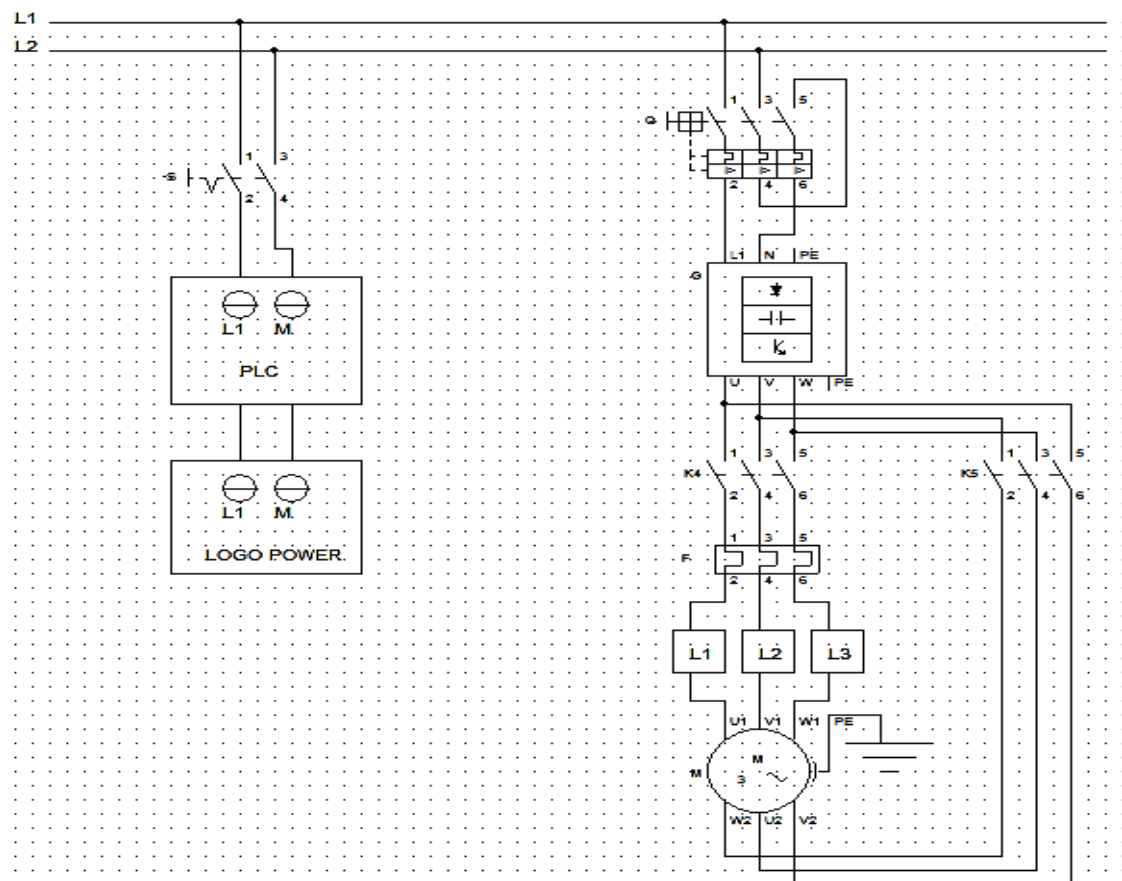
Se ha realizado la configuración para que la orden OFF3 sea la más rápida para detener el motor tiempo de deceleración: en parámetro P1135. OFF3 se puede combinar con el frenado por inyección de corriente continua.

## 6. Recomendaciones.

Programar un tiempo adecuado en el parámetro respectivo para observar físicamente el eje del motor cuando se lo ha frenado.

Realizar pruebas necesarias para verificar si la disipación de energía es demasiado alta o si la operación de frenado tarda demasiado ya que se puede producir un sobrecalentamiento del motor trifásico, además se recomienda para esta práctica elegir un solo tipo de frenado que sea necesario para demostrar dicha operación.

### ESQUEMA DE POTENCIA





## **PRÁCTICA N° 10**

### **ALARMA DE FALLA TÉRMICA**

#### **1. Trabajo preparatorio.**

¿Cuáles son las conexiones de las entradas digitales del CPU y del Relé Térmico?

¿Cómo hacer un diseño de un diagrama en el bloque del programa del TIA PORTAL en la alarma térmica?

#### **2. Objetivos.**

Identificar las entradas digitales del CPU y del Relé Térmico para la activación de una alarma sirena que indicará la falla térmica del motor Trifásico.

Diseñar un diagrama en el bloque del programa en el TIA PORTAL para hacer activar y observar la simulación de falla térmica en el TOUCH PANEL HMI.

#### **3. Equipos y materiales a utilizar.**

Variador de frecuencia

PANEL BOP

Motor trifásico

Amperímetro analógico

Cables y herramientas

Contactores

Relé térmico

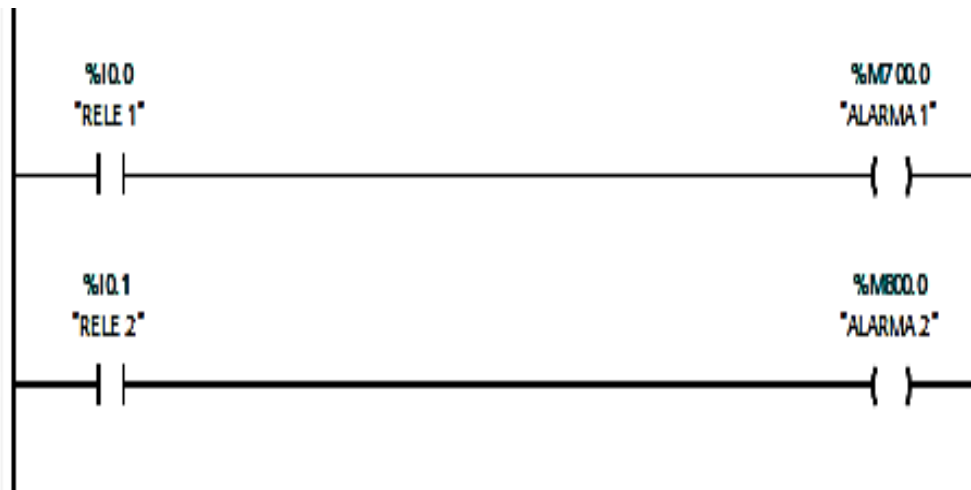
Alarma sirena

Herramientas eléctricas

Terminales o puntillas

Marquilladora

#### 4. Procedimiento de programación.



#### 5. Funcionamiento.

Cuando exista una sobrecarga por cualquier motivo en el motor se va a activar un relé térmico el cual envía una señal a la entrada digital (I0.0) del CPU, recibida esta señal en el diagrama del bloque del programa se activa un pulsador “falla térmica”, el cual también va a activar una salida digital (Q0.2) “alarma térmica” y la vez activar una sirena alarma.

#### 6. Conclusiones.

Previo al funcionamiento de esta práctica se comprobó activándolo al Relé Térmico manualmente para verificar la simulación en el HMI que indica la falla térmica del motor trifásico, que es LED que va estar parpadeando y también activada también la sirena.

Se diseñó del diagrama en el bloque del programa de manera que en la simulación del TOUCH PANEL se puede observar que al momento que se active la alarma de falla térmica se apague la simulación del motor y se encienda un LED color amarillo.

## 7. Recomendaciones.

Es necesario que al momento que se active la alarma se divise una luz piloto ruido, también se pueda observar en el TOUCH PANEL una simulación de un LED para indicar la falla térmica y además para que sea más didáctica la práctica

En el diagrama del bloque del programa de ésta práctica la entrada I0.0 no tenga enclavamiento para que al momento se active el relé térmico se le pueda resetear desde el botón del mismo.

**Medición de consumo de energía del sistema de ahorro de energía utilizando diferentes modos de arranqué estrella triángulo y con el variador de frecuencia.**

Modo arranque	Frecuencia	Tiempo	Consumo
Estrella triángulo	60	1 hora	0,024 kWh
Con variador de frecuencia	60	1 hora	0,020 kWh

El ahorro en consumo de energía:  $0,024 - 0,020 = 0,004$  kWh.

Tiempo de operación

Horas al día: 24 horas

Días al año: 365 días

Horas al año: 8760 horas al año

**Consumo en kilovatios hora según Elepco S.A: 0,13 USD**

El ahorro de energía obteniendo al año es de 35,04 kWh

El ahorro de la energía expresado en dólares será de \$ 4,56 USD, al año, tomando en cuenta que al ser de control de la frecuencia de alimentación en las máquinas eléctricas didácticas, y que posee un motor trifásico jaula de ardilla sin mucha carga. Determinación del ahorro de energía que se consigue con la aplicación de un variador de frecuencia del sistema de ahorro de energía.

Un variador de velocidad es la mejor manera que se puede acoplar a un sistema motorizado a las condiciones variables de los procesos involucrados con la automatización y control de frecuencia de la alimentación que se suministra a los motores eléctricos de inducción.

En la actualidad mediante la utilización de variador de frecuencia, se puede controlar y regular la velocidad de un motor. Además se puede ajustar la velocidad que se requieren en los procesos industriales dependiendo de las necesidades, ya sea agua o aire, puesto que son fluidos no constantes que se puede manipular.

**Anexo 2. Proceso de preparación del módulo didáctico.**



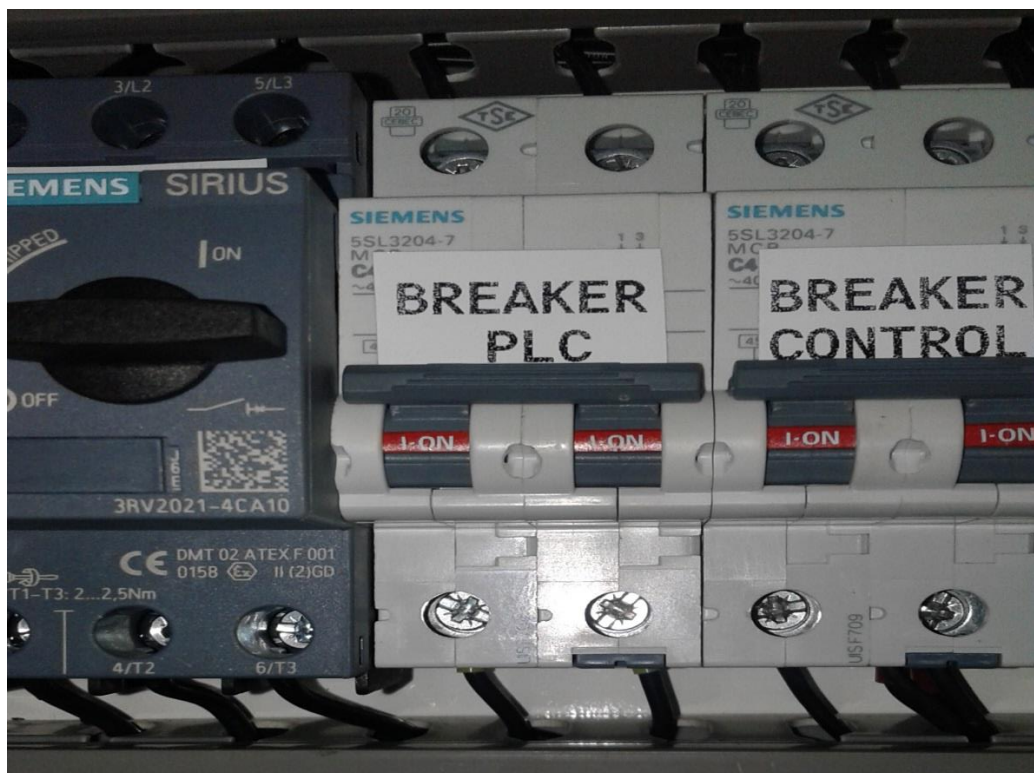
**Anexo 3. Estructura modular terminada.**



#### Anexo 4. Ubicación de los conectores para la alimentación.



#### Anexo 5. Conexión de los breaker y guarda motor.





## **Anexo 6. Instalación del variador de frecuencia.**



## **Anexo 7. Instalación del PLC S7-1200.**



**Anexo 8. Acople del motor con el reductor y freno de inyección.**



**Anexo 9. Módulo didáctico de laboratorio terminado.**

