

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE DOS MÓDULOS EDUCACIONALES,
BASADOS EN DISPOSITIVOS DE MANIOBRA Y RELÉ PROGRAMABLE
(LOGO).**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
ELECTROMECAÁNICA**

PARRA OÑA CARLOS FERNANDO
carlos.parra@epn.edu.ec

MORENO MORENO ALEX EDUARDO
alex.moreno@epn.edu.ec

DIRECTOR: ARAUJO VIZUETE GABRIELA FERNANDA
gabriela.araujo@epn.edu.ec

CO-DIRECTOR: VINUEZA RHOR MÓNICA
monica.vinueza@epn.edu.ec

QUITO, AGOSTO 2019.

DECLARACIÓN

Nosotros, Carlos Fernando Parra Oña y Alex Eduardo Moreno Moreno, declaramos y asumimos bajo juramento la originalidad del presente trabajo escrito; y que no hemos utilizado fuentes sin citarlas previamente.

Por lo tanto, cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo a la Escuela Politécnica Nacional.

De identificarse falsificación, plagio, fraude, o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumimos las consecuencias y sanciones, responsabilizándonos por todas las cargas legales que se deriven de ello, sometiéndonos a las normas establecidas y vigentes.

Carlos Fernando Parra Oña

Alex Eduardo Moreno Moreno

CERTIFICACIÓN

Certificamos que, el presente trabajo fue desarrollado por Carlos Fernando Parra Oña y Alex Eduardo Moreno Moreno, bajo nuestra tutela.

Ing. Gabriela Araujo Vizuite Msc.

DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Mónica Vinueza Rhor Msc.

CO-DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Muy agradecido con Dios por la vida que nos da y permitir que culmine con éxito mi carrera universitaria, cumplir con mis objetivos y metas propuestas; en conducirme por el camino correcto y ser la luz que guía mi camino.

También a mis padres, ya que sin el apoyo de ellos nada hubiera sido posible; cada vez que necesito de ellos, siempre están ahí para darme un buen consejo y me dan la confianza necesaria para salir adelante.

Carlos Fernando Parra Oña

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios, por haberme guiado por el camino de la felicidad hasta ahora; en segundo lugar, a cada uno de los que son parte de mi familia por siempre haberme dado la fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora, a mi compañero de tesis porque en esta armonía grupal lo hemos logrado.

Finalmente, un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abre sus puertas a jóvenes como yo, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

Alex Eduardo Moreno Moreno

DEDICATORIA

La concepción de este proyecto está dedicada a mis padres, pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para mí, sino para mis hermanos y familia en general.

Carlos Fernando Parra Oña

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres. A Dios porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ellos que soy lo que soy ahora. Los amo con mi vida.

Alex Eduardo Moreno Moreno

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA.....	2
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	4
3.1. Estudio de requisitos	4
Controlador programable LOGO!.....	5
Software (LOGO! Soft Comfort).....	5
Dispositivos de protección.....	5
Dispositivos de maniobra y señalización.....	5
Dispositivos de salida o actuadores.....	6
3.2. Estudio y selección.....	7
Selección del controlador programable (LOGO!).....	9
Estructura del LOGO! 230 RCE Siemens	9
Conexión del LOGO!	10
3.3. Interfaz de comunicación.....	12
Descripción general de la interfaz del usuario.....	13
Programación	14
Lenguajes de programación.....	14
3.4. Selección y dimensionamiento de los dispositivos de protección.....	14
Cálculo de la corriente nominal de los magnetotérmicos	18
Elección de la curva de disparo de los magnetotérmicos.....	22
Selección del relé térmico.....	26
Selección de los dispositivos de maniobra y señalización.....	28
Selección de los contactores.....	31
Selección de materiales para la estructura modular.....	34
3.5. Diseño y construcción	35
Fase 1 - Diseño de la estructura modular.....	36

Fase 2 - Proceso de soldadura.....	38
Fase 3 - Proceso de pulido y acabado.....	41
Fase 4 - Corte y perforación de las placas.....	43
Fase 5 - Colocación del vinilo de diagramas eléctricos.....	45
Fase 6 - Anclaje de los dispositivos en las placas.....	46
Fase 7 - Conexiones de los dispositivos.....	51
Fase 8 - Montaje de los módulos educativos en el laboratorio.....	54
3.6. Prácticas y programación en el logo!.....	57
Práctica N° 1.....	57
Práctica N° 2.....	65
Práctica N° 3.....	70
3.7. Pruebas.....	78
Prueba del LOGO!.....	78
Prueba de los elementos de mando.....	81
Prueba de los actuadores.....	83
Prueba de los actuadores de potencia.....	84
Prueba del circuito de protección.....	88
Pruebas de comunicación.....	89
3.8. Resultados.....	90
Funcionamiento del sistema de arranque (Estrella – Delta) de un motor trifásico de inducción.....	91
Funcionamiento del sistema de “Control de puertas”.....	94
Funcionamiento del sistema de temporizadores y contadores.....	97
4. CONCLUSIONES.....	99
4.1 Conclusiones.....	99
4.2 Recomendaciones.....	100
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103
6. ANEXOS.....	105
ANEXO A. MANUAL RELÉ TÉRMICO.....	106

ANEXO B. Elementos de programación LOGO SOFT COMFORT.....	111
ANEXO C. TABLA DE CONTACTORES SIEMENS.....	117
ANEXO D. Planilla del “CHECK LIST”	120
ANEXO E. VISTAS DEL MÓDULO DIDÁCTICO.....	125
ANEXO F. Planilla de elementos y costos.....	129
ANEXO G. Protecciones eléctricas del laboratorio.....	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Elementos de mando y señalización.	6
Figura 3.2 Actuadores.	6
Figura 3.3 Sistema de Control Autónomo.	7
Figura 3.4 Estructura del LOGO! (VISTA FRONTAL).	9
Figura 3.5 Estructura del LOGO! (VISTA LATERAL).	10
Figura 3.6 Conexión de las entradas del LOGO!.	11
Figura 3.7 Conexión de las salidas del LOGO!.	12
Figura 3.8 Interfaz del usuario (Logo Soft Comfort V8).	13
Figura 3.9 Interruptor MCB (Laboratorio de Control ESFOT - EPN).	16
Figura 3.10 Motor Trifásico (Laboratorio de Control ESFOT - EPN).	18
Figura 3.11 Interruptor termomagnético (Circuito de potencia).	21
Figura 3.12 Magnetotérmico del circuito de control.	22
Figura 3.13 Curva de un Interruptor termomagnético tipo C.	23
Figura 3.14 Curvas de Selectividad mediante LSPS de LSIS.	25
Figura 3.15 Relé térmico 3RU2126.	27
Figura 3.16 Selector Siemens de 3 Posiciones.	28
Figura 3.17 Luz piloto Siemens.	30
Figura 3.18 Contactos - SIRIUS 3RT2023.	32
Figura 3.19 Contactor SIRIUS 3RT2023, AC-3, 4KW/400V.	33
Figura 3.20 Bloque frontal auxiliar de contactos.	33
Figura 3.21 Contactor SIRUIS con bloque auxiliar frontal.	34
Figura 3.22 Estructuras metálicas comerciales de hierro.	35
Figura 3.23 Diagrama estructura metálica – Vista frontal.	37
Figura 3.24 Placas modulares cortadas.	37
Figura 3.25 Ángulos con medidas según norma NTE INEN 623:2000(DIPAC).	38
Figura 3.26 Nomenclatura AWS para electrodos.	39
Figura 3.27 Nomenclatura de los electrodos.	39
Figura 3.28 Soldadora disponible para el trabajo LINCOLN AC 225.	40
Figura 3.29 Materiales a utilizar en el proceso de soldadura.	40
Figura 3.30 Proceso de soldadura de estructura metálica.	41
Figura 3.31 Proceso de pulido y acabado.	42
Figura 3.32 Acabado de la estructura metálica.	43
Figura 3.33 Placa de Acero Galvanizado.	44
Figura 3.34 Placa de Acero Inoxidable.	44

Figura 3.35 Perforación de las placas.....	45
Figura 3.36 Vinilos de diagramas eléctricos.....	46
Figura 3.37 Placa del LOGO!.....	47
Figura 3.38 Placa de contactores con relé térmico.....	47
Figura 3.39 Placa de contactores sin relé térmico.....	48
Figura 3.40 Placa de las luces piloto.....	49
Figura 3.41 Placa de los pulsadores.....	49
Figura 3.42 Placa de Selectores.....	50
Figura 3.43 Montaje de las protecciones.....	51
Figura 3.44 Conexión placa del LOGO.....	51
Figura 3.45 Conexión de la placa de los contactores.....	52
Figura 3.46 Conexión de la placa de los contactores con relés térmicos.....	52
Figura 3.47 Conexión de la placa de los pulsadores.....	53
Figura 3.48 Conexión de la placa de las luces piloto.....	53
Figura 3.49 Terminales, Plugs, Bananas y Jacks.....	54
Figura 3.50 Conexión de los termomagnéticos.....	55
Figura 3.51 Estructura completa del módulo educacional.....	56
Figura 3.52 Pruebas de funcionamiento del LOGO!.....	80
Figura 3.53 Pruebas del LOGO!.....	80
Figura 3.54 Pruebas de funcionamiento de los selectores.....	82
Figura 3.55 Pruebas de funcionamiento de los pulsadores.....	83
Figura 3.56 Pruebas de funcionamiento de los pulsadores.....	84
Figura 3.57 Prueba de funcionamiento del contactor C3.....	87
Figura 3.58 Prueba de funcionamiento de los contactores.....	87
Figura 3.59 Prueba de cortocircuito (Fase - Neutro).....	88
Figura 3.60 Prueba de cortocircuito (Fase - Fase).....	89
Figura 3.61 Conexión Ethernet.....	89
Figura 3.62 Transferencia de datos entre el PC – LOGO!.....	90
Figura 3.63 Transferencia del Programa (Estrella – Delta).....	92
Figura 3.64 Cableado del circuito (Estrella - Delta).....	92
Figura 3.65 Diagrama de I/O del arranque (Estrella - Delta).....	93
Figura 3.66 Circuito de fuerza del arranque (Estrella - Delta).....	93
Figura 3.67 Circuito del sistema de Control de Puertas.....	95
Figura 3.68 Diagrama de I/O del sistema de Control de Puertas.....	95
Figura 3.69 Circuito de fuerza del motor trifásico para el control de la puerta.....	96
Figura 3.70 Circuito del sistema de Temporizadores y Contadores.....	98

Figura 3.71 Circuito de fuerza del circuito de temporizadores y contadores.....	98
Figura 3.72 Diagrama de I/O del sistema de Temporizadores y Contadores.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Componentes de los Módulos 1 y 2.....	4
Tabla 3.2 Partes componentes.....	8
Tabla 3.3 Tipos de Cortocircuito.....	15
Tabla 3.4 Capacidades de corte de los magnetotérmicos	17
Tabla 3.5 Capacidades máximas para dispositivos de protección.	19
Tabla 3.6 Valores normalizados para interruptores magnetotérmicos.	20
Tabla 3.7 Funciones de los termomagnéticos.....	21
Tabla 3.8 Clases de disparo de los relés térmicos	26
Tabla 3.9 Características técnicas del selector Siemens.	28
Tabla 3.10 Pulsadores SIEMENS.....	29
Tabla 3.11 Características técnicas de los pulsadores Siemens.....	30
Tabla 3.12 Características técnicas de las luces piloto.....	31
Tabla 3.13 Fases de construcción del módulo educacional.	36
Tabla 3.14 Variables del arranque del motor trifásico de inducción.	60
Tabla 3.15 Textos de aviso (Práctica 1).....	63
Tabla 3.16 Variables del control de la puerta automática.	66
Tabla 3.17 Textos de aviso (Práctica 2).....	68
Tabla 3.18 Variables del control para el tablero de ecuavoley.	73
Tabla 3.19 Textos de aviso (Práctica 3).....	77
Tabla 3.20 Pruebas de funcionamiento.	78
Tabla 3.21 Check List LOGO! Siemens (MESA 3).....	79
Tabla 3.22 Check List LOGO! Siemens (MESA 4).....	79
Tabla 3.23 Check list – Selectores (Mesa 3).	81
Tabla 3.24 Check list – Selectores (Mesa 4).	81
Tabla 3.25 Check list – Pulsadores (Mesa 3).....	82
Tabla 3.26 Check list – Pulsadores (Mesa 4).....	82
Tabla 3.27 Check list – Luces piloto (Mesa 3).	83
Tabla 3.28 Check list – Luces piloto (Mesa 4).	84
Tabla 3.29 Check list – Contactores (Mesa 3).	85
Tabla 3.30 Check list - Contactores (Mesa 4).	86
Tabla 3.31 Check list - Protecciones eléctricas (Mesa 3).....	88
Tabla 3.32 Check list - Protecciones eléctricas (Mesa 4).....	88
Tabla 3.33 Función – Entradas LOGO! (Arranque Y Delta).	91
Tabla 3.34 Función – Salidas LOGO! (Arranque Y Delta).....	91

Tabla 3.35 Función – Entradas LOGO! (Control de puertas).	94
Tabla 3.36 Función – Salidas LOGO! (Control de puertas).....	94
Tabla 3.37 Función - Entradas LOGO! (Temporizadores y contadores).	97
Tabla 3.38 Función - Salidas LOGO! (Temporizadores y contadores).....	97
Tabla 4.1 Plan de mantenimiento preventivo de los módulos didácticos.....	101
Tabla 4.2 Actividades para el plan de mantenimiento preventivo.....	102

RESUMEN

En la industria, hoy en día se busca continuamente el aumento de la eficiencia en cada uno de los procesos de producción en base a controles o automatismos de todos los procesos. Es por ello, que el presente proyecto de titulación se basa en diseñar e implementar dos módulos educativos de entrenamiento fundamentados en elementos de maniobra y relés inteligentes LOGO! Siemens para dotar de un laboratorio de control industrial a la Escuela de Formación de Tecnólogos de la Escuela Politécnica Nacional.

En el primer bloque se realiza la introducción del proyecto desarrollado. En el segundo bloque se recopila y se expone toda la información preliminar en la cual se establece una breve descripción de cada uno de los elementos que forman parte del módulo educativo. Además se describe el proceso de la pre implementación; es decir, la selección y dimensionamiento de todos los elementos propios de un sistema automático de control propiamente dicho, estos elementos son: i) elementos de entrada, ii) controlador o relé lógico programable LOGO!, iii) elementos de salida, iv) dispositivos de protección y por último los materiales para la construcción y ensamblaje de la estructura soporte del módulo educativo didáctico.

Además, se desarrolla el diseño y la construcción de los módulos educativos y se describen los procesos de soldadura, pulido y acabado de la estructura soporte, el corte y perforación de las placas, la superposición y conexión de todos los dispositivos electromecánicos de control, y finalmente su montaje en las rieles corredizas de la estructura soporte. Además se establecen las prácticas demostrativas, corroborando el funcionamiento de todo el módulo en conjunto con todas sus partes componentes.

En el tercer bloque se registran los resultados obtenidos durante las pruebas de funcionamiento. En el cuarto bloque se establecen las conclusiones y recomendaciones, y finalmente se citan las fuentes bibliográficas consultadas.

ABSTRACT

In the industry, nowadays the increase of the efficiency in each one of the processes of production is searched continuously on the basis of controls or automatisms of all the processes. It is for this reason that the present degree project is based on designing and implementing two educational training modules based on maneuver elements and intelligent relays LOGO! Siemens to provide an industrial control laboratory to the Technological Training School of the National Polytechnic School.

In the first block the introduction of the project develops. In the second block, all the preliminary information in which a brief description of each of the elements that are part of the educational module is compiled and exposed. In addition, the pre-implementation process is described; that is, the selection and sizing of all the elements of an automatic control system itself, these elements are: i) input elements, ii) controller or logic programmable logic relay, iii) output elements, iv) devices of protection and finally the materials for the construction and assembly of the support structure of the didactic educational module.

Also, the design and construction of the educational modules is developed and the welding, polishing and finishing processes of the support structure, the cutting and perforation of the plates, the superposition and connection of all the electromechanical control devices are described. , and finally its assembly on the sliding rails of the support structure. They are also made demonstrative practices are established, corroborating the functioning of the whole module in conjunction with all its component parts.

In the third block the results obtained during the performance tests are recorded. In the fourth block the conclusions and recommendations are established, and finally the bibliographical sources consulted are cited.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente es usual encontrar procesos productivos que se realizan de manera automatizada en todo tipo de industria tales como: i) industria alimenticia, ii) industria farmacéutica, iii) industria metalúrgica, etc. Estos sistemas de control automatizado están constituidos por un conjunto de elementos físicos que adecuadamente organizados permiten manejar una planta o instalación industrial en forma autónoma, reemplazando al operador humano [1].

Estos sistemas de control pueden estar constituidos por un interruptor que enciende y apaga una lámpara, o por un conjunto de computadores y otros equipos electromecánicos que manejen toda una línea de procesos dentro de una gran instalación industrial. Estos procesos que se manejan de manera automática están constituidos por elementos de entrada, controladores y actuadores [1].

Los elementos de entrada están constituidos por: i) mandos manuales (pulsadores, interruptores, etc.); ii) mandos automáticos (sensores) [2]. Los elementos de salida o actuadores son dispositivos que siguiendo las órdenes del controlador LOGO!, realizan acciones que repercuten en el proceso, por ejemplo: motores, contactores, pistones, válvulas, indicadores lumínicos, etc.

Por su parte los controladores y relés lógicos programables son ampliamente conocidos por su alta fiabilidad y confiabilidad. Además, su simple configuración y operación han hecho que los controladores compactos sean cada vez más populares y ganen aceptación en la industria, en donde son utilizados habitualmente para el control de dispositivos de transporte, sistemas de gestión de edificios, maquinaria monofásica y trifásica, monitorización, y muchas otras aplicaciones más [3]. Los avances en la teoría y prácticas en control automático en la industria brindan medios para lograr el funcionamiento óptimo de sistemas dinámicos, mejorar la calidad, abaratar, expandir el ritmo de producción, liberar de la complejidad de muchas rutinas, de las tareas manuales respectivas. Aún el control de inventarios y sistemas económicos y sociales se pueden visualizar a través de la teoría de control automático [3].

Consecuentemente y bajo los parámetros anteriormente señalados, el presente proyecto de "Diseño e Implementación de Dos Módulos Educativos Basados en Dispositivos de Maniobra y Relé Programable LOGO!", es realizado con el objetivo de construir y dotar de un laboratorio de control industrial a la facultad de tecnólogos, en el cual se puedan

desarrollar prácticas de laboratorio de control industrial con aplicaciones de arranques de motores trifásicos de inducción, inversión de giro de motores trifásicos, arranque por medio de variadores de frecuencia, circuitos con contadores y temporizadores, etc. Con el fin de fusionar y complementar los conocimientos teóricos con los equipos y la tecnología vigente que es usada en la industria.

Para ello, se dimensiona y se selecciona todos los elementos electromecánicos propios de un sistema de control industrial, los cuales van superpuestos y conectados eléctricamente por medio de terminales o jacks, con el fin de exteriorizar los bornes eléctricos de cada dispositivo de control para facilitar su manipulación y maniobrabilidad durante las prácticas de laboratorio. Cada dispositivo de control va adosado y superpuesto mecánicamente de manera individual sobre una placa, la cual está incorporada con su respectivo diagrama eléctrico con el fin de identificar los contactos eléctricos de cada elemento.

Además, se diseña e implementa una estructura metálica, donde son adaptables las placas de estilo corredizas, en la cual se puede empotrar y deslizar cada dispositivo electromecánico según el requerimiento de la práctica a desarrollar. Al finalizar, y para garantizar el buen funcionamiento del producto final demostrable se plantean varias pruebas y tres prácticas de laboratorio que avalan el funcionamiento de cada dispositivo. Las prácticas se realizan utilizando cables de diferentes medidas con conectores banana y horquilla. De esta manera el proyecto permite dotar del equipamiento necesario para que los estudiantes de la ESFOT puedan reforzar los conocimientos en el ámbito de control industrial.

2. METODOLOGÍA

El proyecto propuesto, se desarrolló en una investigación exploratoria, mediante la cual se determinó el número de equipos necesarios para cada uno de los módulos de trabajo y su distribución dentro del espacio asignado para el montaje en el laboratorio. Además, se determinaron las capacidades de voltaje, corriente y potencia requeridos por los componentes electromecánicos que forman parte del sistema automático de control y finalmente se seleccionaron los cables y materiales necesarios para llevar a cabo la construcción y ensamblaje de los módulos didácticos de control.

El relé inteligente LOGO! que se planeó implementar es una forma especial de controlador basado en procesador que usa una memoria programable para almacenar instrucciones e implementar funciones tales como: lógica, secuenciamiento, temporizaciones, conteo y aritmética; con el objetivo de controlar máquinas y procesos.

A continuación, se procedió a realizar la ingeniería de detalle para satisfacer las necesidades de las prácticas que se implementaron. En la ingeniería de detalle se especificaron las dimensiones, características técnicas y cantidad de los dispositivos del módulo de trabajo, que nos permitieron llevar a cabo la implementación de cada una de las prácticas.

Cada práctica estuvo basada en las instrucciones presentes en las hojas guías de trabajo, las mismas que contenían las especificaciones de los diseños, en base a los circuitos de fuerza y de control se procedió a realizar las conexiones mediante lógica cableada de tal manera que se pudo controlar el arranque e inversión de giro de un motor trifásico de inducción.

Para la segunda demostración, se involucraron las funciones de los temporizadores dentro del control industrial (temporizadores y contadores), se tuvo a disposición el respaldo de las hojas guías y en función de las instrucciones, se realizó el diseño mediante lógica programada en ladder en el software LOGO! Soft Comfort, para posteriormente ser implementado en el tablero de control.

El control de sensores y motores conllevó un conocimiento previo del funcionamiento de cada uno de ellos, en la simulación de una puerta de garaje se utilizaron ambos elementos, los sensores se simularon mediante interruptores y se lo hizo de manera manual para controlar los parámetros que nos permitieron hacer la apertura y cierre de la puerta, de acuerdo al respaldo de las hojas guías y en función de sus instrucciones correspondientes se elaboró el diseño mediante lógica programada en el software LOGO! Soft Comfort para posteriormente ser implementado en el tablero de control, este tipo de diseños permitieron conocer las amplias funciones con las que cuenta un elemento lógico programable para la utilización ya sea de un proceso cotidiano o uno industrial, además nos brindó un conocimiento en cuanto a elementos actuadores y finales de carrera que permitieron controlar un proceso determinado.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1. Estudio de requisitos

En el presente bloque se especificarán los elementos electromecánicos necesarios para la construcción y ensamblaje del módulo didáctico de control automático. Los objetivos de dichos módulos didácticos son que: i) el estudiante conozca e identifique los elementos de mando y maniobra utilizados en sistemas eléctricos de control industrial, y ii) permitir que se ejerciten en el uso de estos.

Teniendo en cuenta los requisitos que deben cumplir los módulos educaciones para cumplir con su objetivo y permitir un correcto funcionamiento se requieren los siguientes elementos: i) controlador programable, ii) software, iii) dispositivos de protección, iv) dispositivos de maniobra, v) dispositivos de control, y vi) estructura modular. En la Tabla 3.1 se detallan los elementos de control que formarán parte de cada módulo de trabajo.

Tabla 3.1 Componentes de los Módulos 1 y 2.

Tipo	Elemento	Cantidad
Controlador	LOGO!	1
Elementos de mando	Pulsador	2
	Selector	2
	Pulsador de emergencia	1
Actuadores	Motores	1
	Contactores	6
Protecciones	Relé térmico	1
	Magnetotérmico	2

La estructura didáctica modular finalmente ensamblada, conformará un sistema de control automático; entiéndase por sistema de control al conjunto de elementos físicos que adecuadamente organizados permitirán al estudiante simular procesos industriales de forma autónoma.

- **Controlador programable LOGO!**

Los relés programables son equipos electrónicos que dan solución al control de circuitos complejos de automatización. Al LOGO! de Siemens se le suele llamar relé lógico programable, porque los controles de las salidas se realiza a través de un programa previamente introducido en el LOGO!. El programa previamente introducido, trabaja en base a la información recibida por los sensores o entradas, actuando sobre las salidas.

- **Software (LOGO! Soft Comfort).**

El controlador programable LOGO de Siemens, está referido a un software específico de funcionamiento que es el LOGO Soft Comfort, el cual proporciona diferentes lenguajes de programación de alto nivel y de tipo visual; tales como: i) ladder (basado en la representación gráfica de la lógica de relés), ii) Diagrama de bloques de funciones (basado en la representación de funciones lógicas), además de una interfaz de conexión al CPU, para la interacción humano máquina [3].

- **Dispositivos de protección.**

Debido a que el laboratorio está destinado para la formación de los estudiantes, es necesario proteger a las personas, materiales y demás equipos de la instalación. Por lo tanto, es obligatorio usar dispositivos de protección tales como los termomagnéticos y relés térmicos, los cuales protegen a los dispositivos contra cortocircuitos o sobrecargas que pudiesen presentarse durante las diferentes prácticas de laboratorio.

- **Dispositivos de maniobra y señalización.**

El encendido, apagado y maniobra de los circuitos de control se puede realizar de forma manual, para lo cual se utilizan: i) selectores de tres posiciones, ii) pulsadores normalmente abiertos y cerrados, iii) luces piloto tipo led de color amarillo, rojo y verde para la señalización, las cuales funcionan a 110 VAC.

Estos dispositivos se refiere al tipo de accionamiento por medio de la intervención del ser humano y están conformados por: i) contactos normalmente abiertos (CNA) y ii) contactos normalmente cerrados (CNC).

En la Figura 3.1 se muestran estos dispositivos:

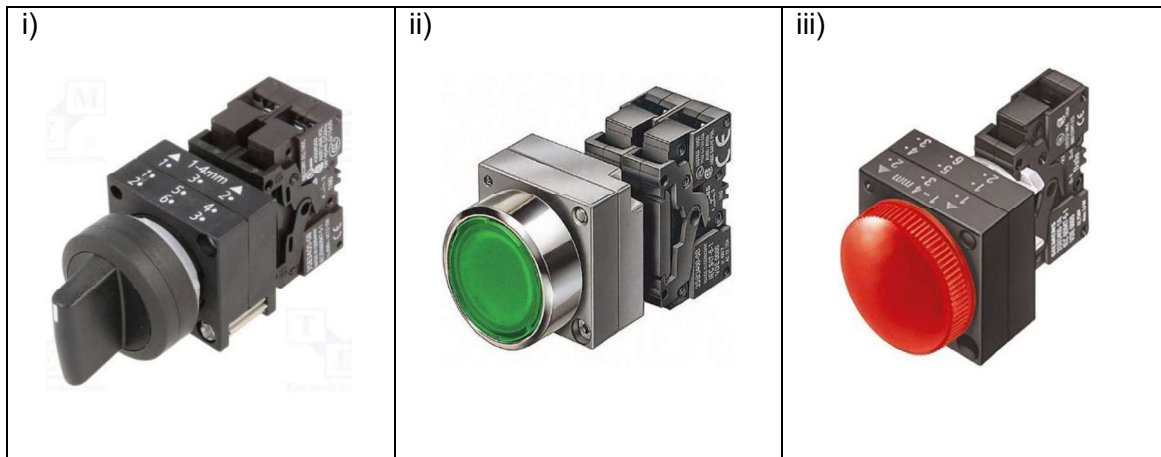


Figura 3.1 Elementos de mando y señalización [4].

- **Dispositivos de salida o actuadores.**

Al manipular los elementos de entrada y establecer las magnitudes de consigna mediante los dispositivos de maniobra para enviar las señales al controlador lógico programable LOGO!, el cual se encargará de tomar decisiones y dar las órdenes para que actúen los elementos de salida o actuadores, tales como: i) motores, ii) contactores, iii) indicadores lumínicos. Estos elementos se observan en la Figura 3.2.

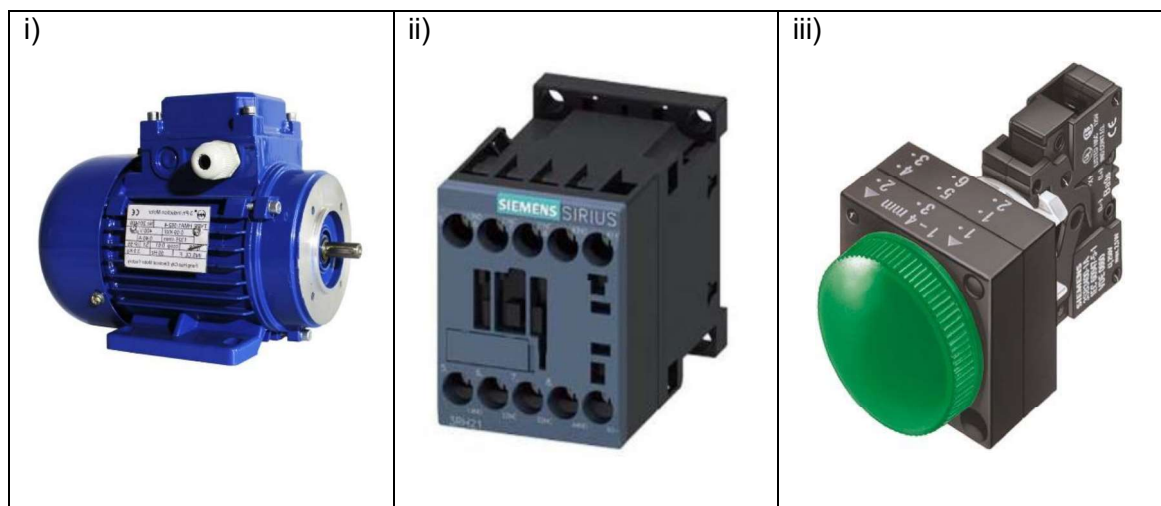


Figura 3.2 Actuadores [4].

Estos elementos denominados actuadores son los encargados de transformar las señales de control enviadas por el LOGO! en esfuerzos de potencia.

3.2. Estudio y selección.

En este bloque se procederá a seleccionar y dimensionar los dispositivos de control que se detallaron en el bloque 1 y que formarán parte el módulo didáctico educacional. Estos componentes deberán ir dispuestos y ensamblados de tal manera que cumplan con los requisitos de un sistema de control autónomo, tal y como se muestra en la siguiente Figura 3.3. Esto se traduce en unos pulsadores, sensores etc. (datos de entrada), procesamiento a través del LOGO! y una activación o no de salidas de relé (señal de salida).

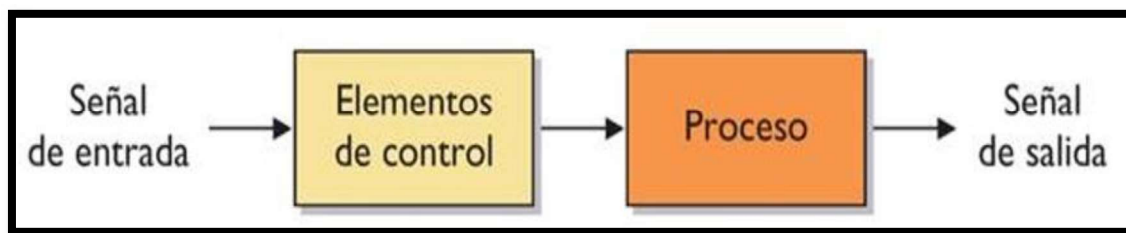


Figura 3.3 Sistema de Control Autónomo.

La información técnica de cada uno de los elementos está determinada por el fabricante, esta información proporciona un conocimiento sobre las especificaciones y seguridades que se deben tomar en cuenta durante la selección de los equipos.

Para garantizar un correcto funcionamiento y durabilidad, se opta por utilizar materiales de alta calidad, de una sola marca reconocida en el mercado, que para el caso es “SIEMENS”.

Siemens ha reafirmado su presencia con proyectos de gran trascendencia en el Ecuador, como el realizado en las islas Galápagos donde se ha desarrollado un sistema híbrido de generación eléctrica; y el Metro de Quito que busca impactar de manera positiva en el desarrollo urbano de la capital. Así como estos, también se han llevado a cabo proyectos de automatización para el sector industrial [1].

Los elementos Siemens presentan las siguientes características [4]:

- Alta capacidad de procesamiento.
- Interfaz Ethernet.
- Capacidad para trabajar en ambientes industriales.
- Alto grado de protección IP.

Los elementos adquiridos para la construcción y ensamblaje de los dos módulos educacionales se establecen en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Partes componentes.

Elemento	Marca	Nombre	Unidades	Características
Relé programable	Siemens	LOGO!	4	LOGO! 230 RC 110/220 V
Software	Siemens	LOGO! SoftComfort	1	Software LOGO! SoftComfrot V8.0
Contactador	Siemens	Contactador	10	Contactador SIRIUS 3RT2023, AC-3, 4KW/400V
Contactos auxiliares	Siemens	Contacto Auxiliar	10	Bloque de contactos auxiliares NO + NC
Relé térmico	Siemens	Relé Térmico	2	Relé térmico 9 – 12.5 Amp
Indicadores lumínicos	Siemens	Luz Piloto Led	8	Luz piloto 120 V: 102 a 132 230V: 195 a 264
Pulsadores	Siemens	Pulsador	4	Pulsadores + Bloque de contactos 1NC – 1NO
Protección magnetotérmica	Siemens	Breaker	4	Breaker 3P 6 Amp / Riel
Selector	Siemens	Selector	4	Selector 3 posiciones

- **Selección del controlador programable (LOGO!)**

El LOGO de Siemens es un instrumento, con el cual se pueden resolver tareas de instalación y de ámbito doméstico como, por ejemplo; alumbrado de escaleras, luz exterior, toldos, persianas, así como construcción de armarios eléctricos, máquinas y aparatos, como por ejemplo; controles de puertas, instalaciones de ventilación, bombas de agua, etc [3]. Así mismo, se puede utilizar LOGO! para realizar el control automático de máquinas y procesos industriales.

Básicamente funciona de la siguiente manera, al LOGO! se le da como datos de entrada una serie de señales las cuales van a ser procesadas por el programa, y el LOGO! va a enviar unos datos de salida [3]. En las Figuras 3.4 y 3.5 se muestra la estructura física del LOGO!.

- **Estructura del LOGO! 230 RCE Siemens**

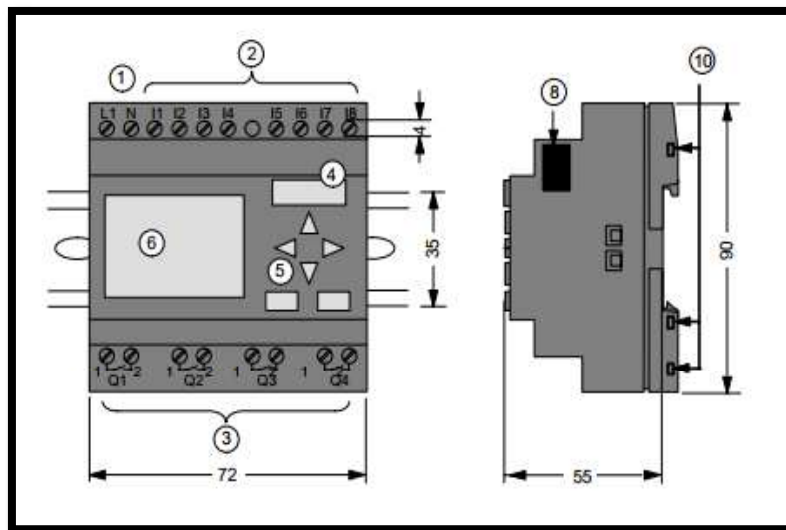


Figura 3.4 Estructura del LOGO! (VISTA FRONTAL) [3].

Como norma general los módulos digitales solo pueden conectarse a dispositivos de la misma clase de tensión.

Los módulos analógicos y de comunicación pueden conectarse a dispositivos de cualquier clase de tensión.

Las entradas digitales del LOGO! están divididas en dos grupos, cada uno de los cuales dispone de cuatro entradas. Dentro del grupo debe utilizarse la misma fase en todas las

entradas. Solo entre los grupos puede haber fases distintas. Ejemplo: I1 a I4 en fase L1, I5 a I8 en fase L2 [3].

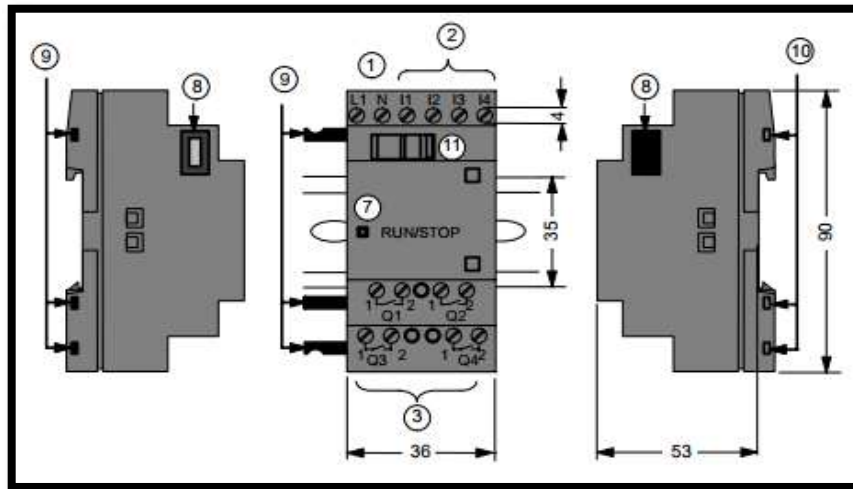


Figura 3.5 Estructura del LOGO! (VISTA LATERAL) [3].

Donde:

1. Alimentación de tensión.
2. Entradas.
3. Salidas.
4. Receptáculo para módulo con tapa.
5. Panel de 0.
6. Mando.
7. Pantalla LCD.
8. Indicador de estado RUN/STOP.
9. Interfaz de amplificación.
10. Codificación Mecánica (Clavija).
11. Codificación Mecánica (Conectores).
12. Guía deslizante [3].

• **Conexión del LOGO!**

LOGO! 230 RCE es adecuado para tensiones de red con valor nominal de 115 V y 230 V y para frecuencias de red de 50 Hz o 60 Hz. La tensión de red puede hallarse entre 85 V y 264 V. En caso de 230 V, LOGO! 230 RCE tiene un consumo de 26 mA. LOGO! es un aparato de maniobra con aislamiento protector. Por lo tanto, no necesita una conexión para conductor de protección [3].

Conexión de las entradas del LOGO!

A continuación, se muestran en la Figura 3.6 las conexiones de las entradas del LOGO!.

Las entradas digitales del LOGO! son cuatro. Todas las entradas deben operarse en la misma fase; en estas entradas se conectan elementos de sensor tales como: pulsadores, interruptores, barreras de luz, etc.

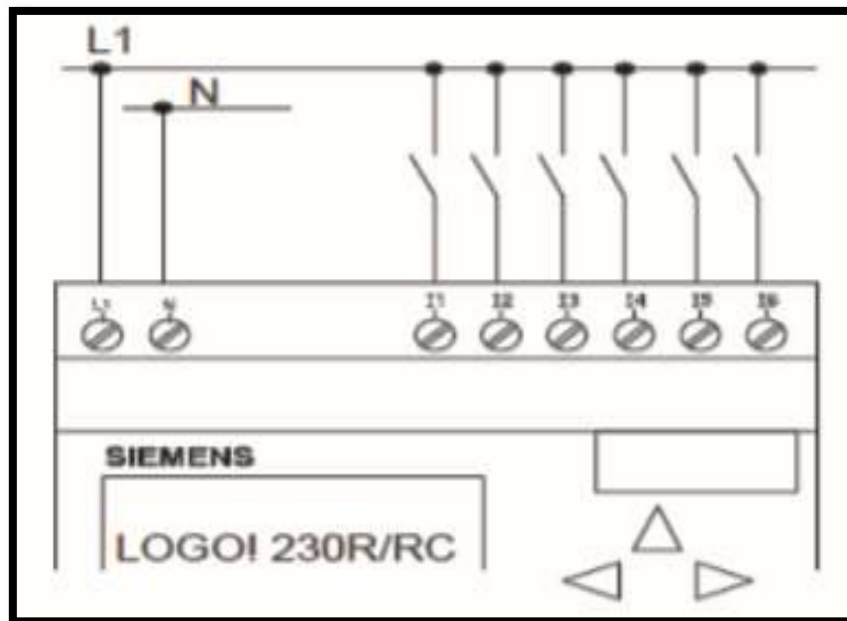


Figura 3.6 Conexión de las entradas del LOGO! [3].

Conectar las salidas del LOGO! 230 RCE Siemens

Las salidas de LOGO! 230 RCE son relés. En los contactos de los relés, está separado el potencial de la tensión de alimentación y de las entradas.

Condiciones para las salidas de relé

A las salidas puede conectarse distintas cargas, por ejemplo: lámparas, tubos fluorescentes, motores, contactores, etc. La carga conectada a LOGO! 230 RCE debe atenderse a las propiedades siguientes:

- La máxima corriente de conmutación depende de la carga y de la cantidad de maniobras deseadas.
- En el estado conectado ($Q=1$) puede circular como máximo una corriente de 8 amperios, en caso de carga óhmica y una de 2 amperios en caso de carga inductiva [3].

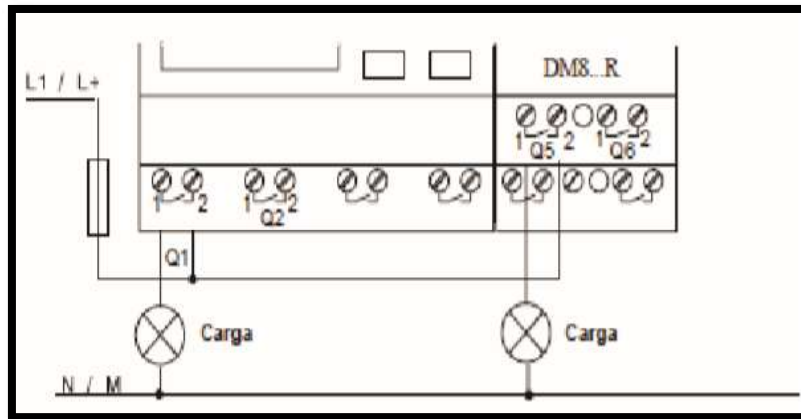


Figura 3.7 Conexión de las salidas del LOGO! [3].

Los contactos de las salidas de tipo relé están aisladas galvánicamente de la fuente de alimentación y las entradas.

3.3. Interfaz de comunicación.

- El software LOGO! Soft Comfort, está disponible para la exclusiva programación en PC, este software tiene a disposición del programador las siguientes funciones: Creación gráfica de su programa offline (no conectado a internet), como diagramas de escalones (esquema de contactos) o como diagrama de bloques de funciones lógicas FBD (esquema de funciones).
- Simulación del programa en el ordenador en tiempo real.
- Transferencia del programa.
 - Desde LOGO! a PC
 - De PC a LOGO!
- Generación e impresión de un esquema general del programa.
- Parametrización cómoda de bloques.
- Lectura del contador de horas de funcionamiento.
- Ajuste de hora.
- Prueba online: indicación de estados y valores actuales de LOGO! en modo RUN:
 - Estados de entrada y salidas digitales.
 - Valores de todas las entradas y salidas analógicas y marcas.
 - Resultados de todos los bloques.

Valores actuales (incluidos tiempos) de bloques seleccionados [3].

- **Descripción general de la interfaz del usuario**

La mayor parte de la pantalla la ocupa el área dedicada a la creación de esquemas de conexiones. Esta área, se denomina interfaz de comunicación. En la interfaz de programación se dispone los símbolos y enlaces del programa. En la Figura 3.8 se muestran detalladamente las partes de la interfaz del software.

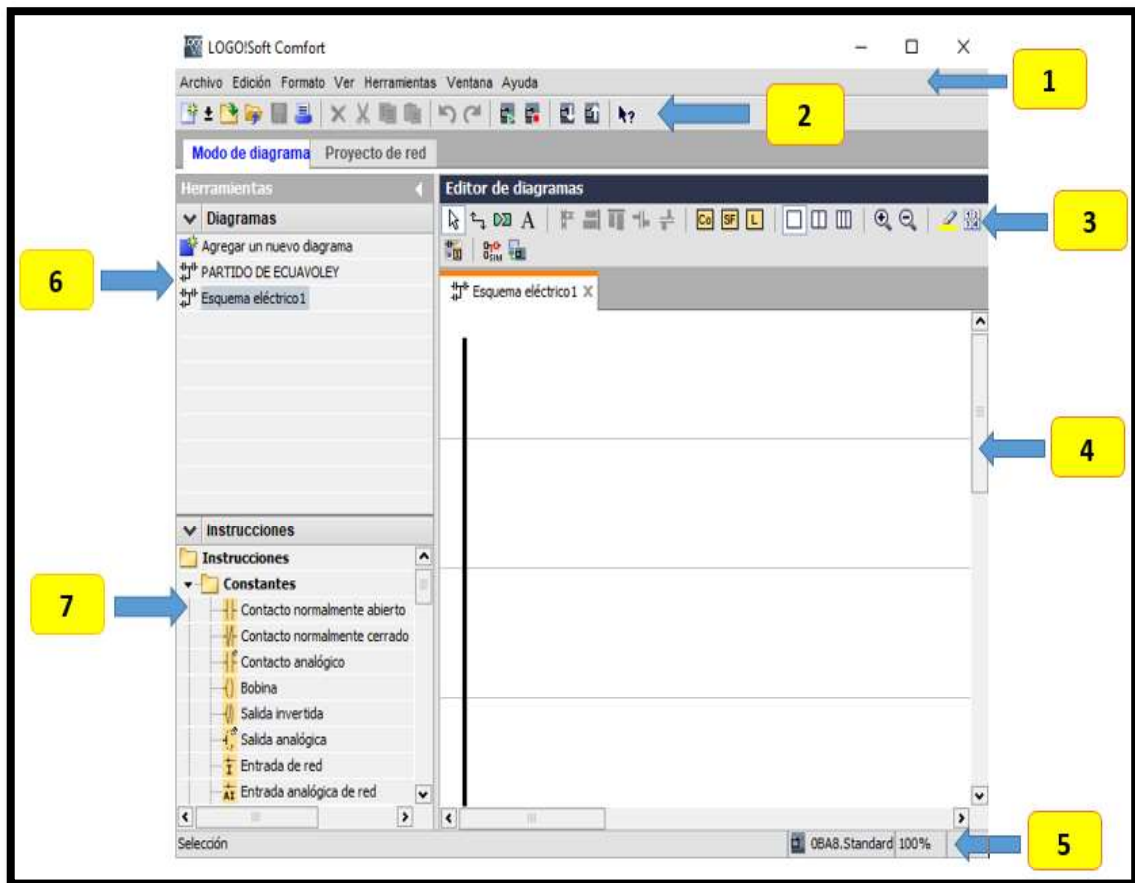


Figura 3.8 Interfaz del usuario (Logo Soft Comfort V8).

Donde:

- 1) Barra de menús.
- 2) Barra de herramientas "Estándar".
- 3) Barra de herramientas "Herramientas".
- 4) Interfaz de programación.
- 5) Barra de estado.
- 6) Barra de programas.
- 7) Constantes de programación.

• Programación

El programa LOGO! Soft Comfort, ofrece una simulación en PC a través del software de programación, los programas de conmutación se pueden elaborar, ensayar, modificar, archivar e imprimir directamente en el PC. Esta elaboración offline del programa de conmutación aumenta muy notablemente la facilidad del manejo del LOGO! [3]. Existen dos formas de programar LOGO!:

- Programación directa en el propio LOGO!.
- Programación mediante el software LOGO! SoftComfort V8 [3].

• Lenguajes de programación.

Los lenguajes de programación, son necesarios para la comunicación entre el usuario, sea programador u operario de la máquina o proceso y el PLC o LOGO!

En LOGO! se puede realizar la programación de dos formas distintas, a continuación se detallan:

En forma de diagrama de contactos (KOP), y en forma de diagrama de funciones (FUP).

Las herramientas de programación que maneja LOGO! Soft Comfort, se pueden ver más a detalle en el ANEXO B.

3.4. Selección y dimensionamiento de los dispositivos de protección.

Previo análisis de situaciones anómalas tales como los cortocircuitos, permite proteger y alargar la vida de los componentes eléctricos que conforman el laboratorio, y de la misma manera, resultan imprescindibles para dimensionar y seleccionar los sistemas de protección más idóneos para cada fallo y situación en concreto. [4].

Origen de los cortocircuitos. Los cortocircuitos tienen distintos orígenes: i) **Por deterioro o perforación del aislamiento:** Debido a calentamientos excesivos prolongados, ambiente corrosivo o envejecimiento natural, ii) **por problemas mecánicos:** rotura de conductores o aisladores por objetos extraños o animales, ramas de árboles en líneas aéreas o impactos en cables subterráneos, iii) **por sobretensiones:** debido a descargas atmosféricas, maniobras o a defectos. iv) **Por factores humanos:** falsas maniobras, sustitución inadecuada de materiales, etc. v) **Otras causas:** incendios, vandalismos, inundaciones, etc. [4].

A continuación, en la Tabla 3.3, se detallan los diferentes tipos de cortocircuitos que se pueden provocar durante el uso de los módulos educativos.

Tabla 3.3 Tipos de Cortocircuito [4].

Cortocircuito trifásico	
	<p>Se ponen en contacto las tres fases en un mismo punto del sistema. Es el cortocircuito más severo en la mayoría de los casos. Representa el 5% de los casos.</p>
Cortocircuito bifásico	
	<p>Entran en contacto dos fases y la tierra del sistema.</p>
Cortocircuito monofásico	
	<p>Al ponerse en contacto una fase cualquiera con la tierra del sistema. Es el cortocircuito más frecuente. Representa el 80% de los casos.</p>

Los diferentes tipos de interruptores disponibles en el mercado se detallan a continuación, para posteriormente seleccionar al que más se adecúe con las necesidades del laboratorio.

Tipo de Interruptores según la norma IEC 60947-2:

- **ACB** (AIR Circuit Breaker) o interruptores “Automáticos de Bastidor Abierto”. Son la solución a las conexiones y protección de ramales, en donde se necesita alta capacidad (desde 630Amp hasta 5000Amp) y una capacidad interruptiva de (hasta 100KA [5].
- **MCCB** (Molded Case Circuit Breaker) o Interruptores de “Caja Moldeada”. Manejan corrientes de alrededor de 15 Amp hasta 1600 Amp [5].
- **MCB** (Mini Circuit Breaker) o Mini Interruptores. Manejan corrientes desde alrededor de 1Amp hasta 63Amp, e incluso varias marcas llegan hasta los 125Amp.

Sus aplicaciones son residenciales, terciarias e industriales, ofrecen multitud de funcionalidad en materia de protección, mando y control de la instalación [5].

Por lo tanto, todos los interruptores presentes en cada mesa serán de tipo MCB, tal y como se puede observar en la Figura 3.9.



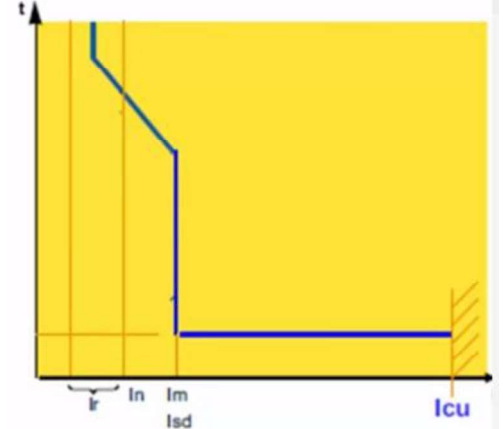
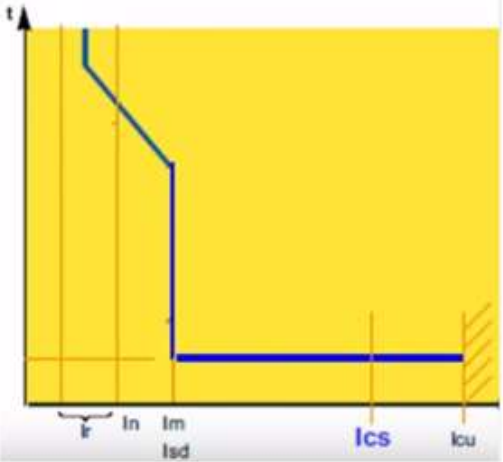
Figura 3.9 Interruptor MCB (Laboratorio de Control ESFOT - EPN).

Los interruptores deben cumplir con las siguientes especificaciones fundamentales bajo la norma IEC 60947-2.

Según la norma IEC 60898. La capacidad de interrupción a la que hacen referencia, es la llamada I_{cn} o I_{cu} , que es el Poder de Corte del Breaker (short-circuit breaking capacity), que según esta norma, representa el máximo valor de corriente que el breaker es capaz de interrumpir; el valor más comúnmente empleado de poder de corte de es 6KA, y por otro lado, representa la capacidad para abrir con esta corriente de corto circuito tres veces seguidas (A-C-A-C-A).

Según la norma IEC 60947. Esta Norma, especifica la capacidad de Corto Circuito del Breaker, la elección correcta de un breaker o interruptor termomagnético, debe hacerse con dos valores de la capacidad nominal de apertura que indica la norma, esto es, I_{cu} e I_{cs} . En la Tabla 3.4 se evidencia el significado de estos términos [6].

Tabla 3.4 Capacidades de corte de los magnetotérmicos [6].

<p>Icu (Capacidad de ruptura última) (Ultimate short circuit capacity)</p>	<p>Máxima corriente de cortocircuito que el interruptor puede cortar. El interruptor debe cortar dos (2) veces consecutivas la corriente. La Icu no garantiza que el interruptor pueda quedar en servicio o funcional luego de pasar por dichas pruebas de cortocircuito, para lo cual, se somete al interruptor a una nueva prueba de cortocircuito donde se determinará la Ics o poder de corte en servicio [6].</p>	
<p>Ics (Poder de corte en servicio) (Serviceshort circuit capacity)</p>	<p>Traduce la amplitud del interruptor, en tener un servicio normal después de haber cortado tres (3) veces consecutivamente esta corriente. Es un parámetro de comparación importante, pues brinda una medida de la robustez del interruptor al operador, y se mide en porcentaje (%) de la Icu [6]. Ejemplo: Ics = 50% Icu Ics=100%Icu</p>	

- **Cálculo de la corriente nominal de los magnetotérmicos**

Carga a soportar por cada mesa: **Motores trifásicos de 0.75 HP “SIEMENS”**

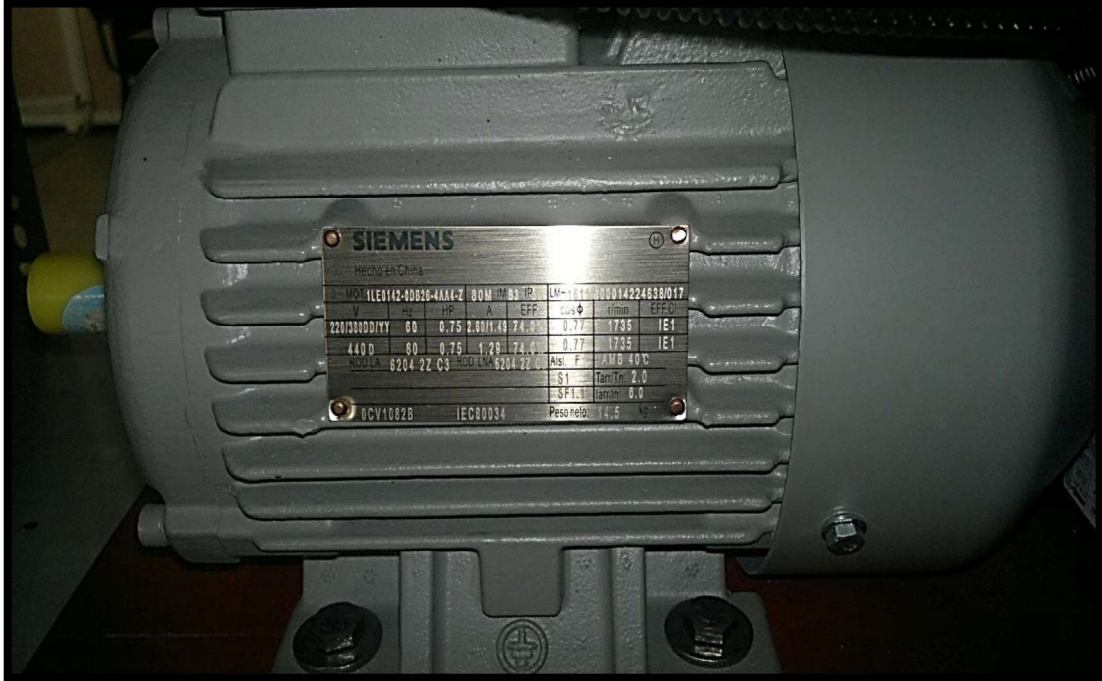


Figura 3.10 Motor Trifásico (Laboratorio de Control ESFOT - EPN).

Tabla 3.5 Placa de datos (Motor trifásico de inducción).

MOT 1LE0142 - 0DB26 - 4 - Z			80 M	B3 IP	LM – 1611000014224638/017		
V	Hz	HP	A	EFF	Cos	r/min	EFF.CI.
220/380 DD/YY	60	0.75	2.60/1.49	74.0	0.77	1735	IE1
440 D	60	0.75	1.29	74.0	0.77	1735	IE1

Condición de elección de la I_N del magnetotérmico

$$I_C(\text{Amp}) \leq I_N (\text{Amp}) \text{ del magnetotermico} \leq I_{\text{max}} (\text{Amp}) \text{ del conductor}$$

Donde:

- I_C : Corriente de la carga.
- I_N : Corriente nominal del magnetotérmico.
- I_{max} : Corriente máxima admisible por el conductor.

Si esta condición no se cumple; el termomagnético no estaría protegiendo a la instalación eléctrica (cables).

Entonces:

Para un motor de 0,75 HP; su corriente nominal a 220 V es 2,6 Amp (Según los datos tomados de la placa de los motores del laboratorio).

Por consiguiente: Según la Tabla 3.6.

Tabla 3.6 Capacidades máximas para dispositivos de protección de circuitos de motores [4].

Tipo de motor	Porcentajes de la corriente a plena carga			
	Fusibles		Interruptores	
	Sin retardo de tiempo	Con retardo de tiempo	Disparo instantáneo	Tiempo inverso
Monofásicos de todos los tipos sin letra de código	300	175	700	250
Todos los motores de c.a monofásicos, polifásicos, tipo jaula de ardilla y motores síncronos con arranque a pleno voltaje, con resistor o reactor. Sin letra de código				
Con letra de código de F a V	300	175	700	250
Con letra de código de B a E	300	175	700	250
Con letra de código A	250	175	700	250
	150	150	700	150

Al ser un magnetotérmico de tiempo inverso, según la curva característica del mismo, se tomará 2,5 como factor de multiplicación de acuerdo a la Tabla 3.6.

Por lo tanto:

- Para un motor trifásico de 0,75 HP se tendrá que:

$$I_C = 2,5 \times 2,6 = 6,5 \text{ Amp}$$

La instalación, está dimensionada para soportar cargas de motores de hasta 2,5 HP.

Entonces:

$$P = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \cos \phi$$

$$I_L = \frac{P}{V_L \times \sqrt{3} \times \cos \phi}$$

$$I_L = \frac{2,5 \text{ HP} \times 746 \text{ W}}{220 \text{ V} \times \sqrt{3} \times 0,77} = 6,35 \text{ Amp}$$

Por lo tanto según la Tabla 3.6, se tomará un factor de 2,5.

Por lo cual:

$$I_L = 6,35 \times 2,5 = 15,89 \text{ Amp}$$

Que según la Tabla 3.7:

Tabla 3.7 Valores normalizados para interruptores magnetotérmicos [8].

1	2	3	6	10
16	20	25	32	40
50	63	80	100	125
160	250	400	630	800
1250	1600	2000	2500	3200

Los valores sombreados en color verde de la tabla 3.7 anterior, son los más típicos entre los magnetotérmicos no regulables.

Se selecciona un magnetotérmico de 16 Amp nominales normalizados. Curva tipo C

El interruptor magnetotérmico; protegerá el circuito eléctrico (cableado), el interruptor seleccionado se puede observar en la Figura 3.11.

Cumpliendo con la condición:

$$I_C(\text{Amp}) \leq I_N (\text{Amp})\text{del magnetotermico} \leq I_{\text{max}} (\text{Amp}) \text{ del conductor}$$

$$6,34 \text{ Amp} \leq 16 \text{ Amp} \leq 20 \text{ Amp}$$



Figura 3.11 Interruptor termomagnético (Circuito de potencia).

En la Tabla 3.8, se especifican las funciones que cumplen los termomagnéticos como protecciones eléctricas.

Tabla 3.8 Funciones de los termomagnéticos.

Parte Térmica	Actúa sobre Sobrecargas
Parte Magnética	Actúa sobre Cortocircuitos

El interruptor para la parte de control de 6 Amp nominales, se muestra en la Figura 3.12.



Figura 3.12 Magnetotérmico del circuito de control.

- **Elección de la curva de disparo de los magnetotérmicos.**

CURVAS DE DISPARO (IEC 60947).

Los interruptores termomagnéticos, se pueden presentar con tres características distintivas, según su comportamiento ante un cortocircuito, caracterizado por el accionamiento de la función magnética del interruptor automático [7].

El sentido de las dos curvas, es que en la zona térmica, para cada corriente que circule por el magnetotérmico, habrá un tiempo mínimo en que pueda abrir el térmico (que no es seguro) y tiempo máximo en que si abre.

A la hora de elegir los magnetotérmicos como protección frente a sobrecargas y cortocircuitos, es obvio que no lo puedo hacer por los tiempos mínimos (ya que no siempre actúa) y si deberé calcularlo con los máximos (curva derecha), por ser segura la actuación en ellos [7].

La llamada curva de respuesta de un magnetotérmico, en realidad no es una sola, sino dos muy juntas tal y como se puede observar en la Figura 3.13.

Curva de respuesta seleccionada: Interruptores de CURVA C.

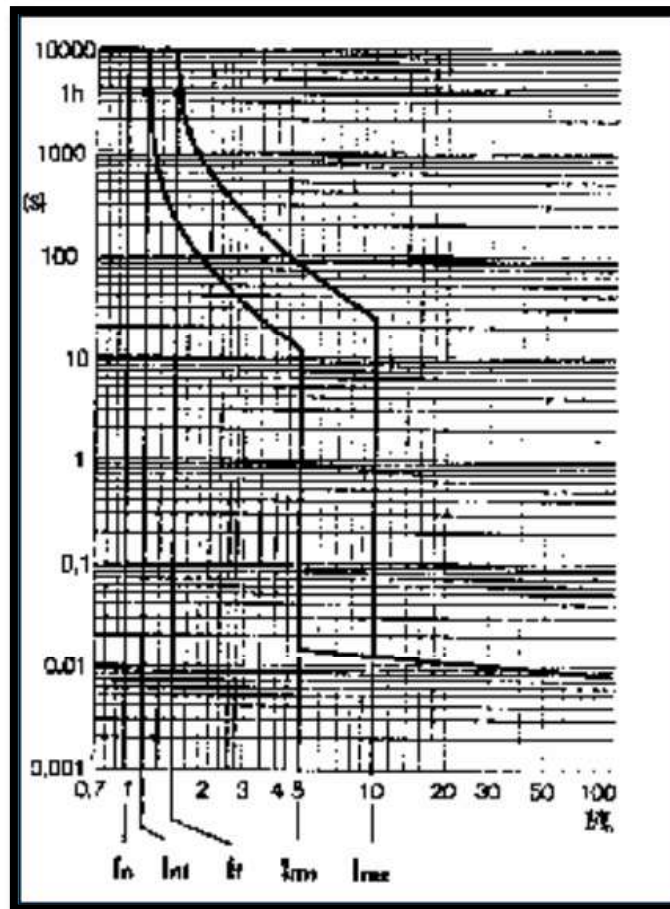


Figura 3.13 Curva de un Interruptor termomagnético tipo C [7].

Los interruptores seleccionados de curva tipo C, cumplen las siguientes especificaciones que se detallan a continuación.

CURVA C: La corriente de accionamiento de disparo por cortocircuitos oscila entre 5 veces y diez veces la corriente nominal ($5.I_n$ a $10.I_n$) como se muestra en la Figura 3.13.

El empleo más recomendado para este tipo de interruptores es la protección de circuitos en los que se conecten equipos eléctricos, en los que se manifiesten elevadas corrientes de conexión, tales como: arranques de motores, o la conexión de luminarias con corrección de factor de potencia [7].

Por lo tanto, este tipo de interruptores cubren perfectamente las necesidades del laboratorio.

Coordinación de las protecciones instaladas en el laboratorio

La selectividad, consiste en que cuando se produce un problema de sobrecarga o cortocircuito, salte el interruptor automático más próximo aguas arriba de dicho problema, para que solo afecte al circuito que sufre la contingencia, y no a otros que funcionan correctamente [7].

La selectividad, se puede establecer desde un cuadro (entre el interruptor de cabecera, y los que se derivan de él) o entre cuadros.

En este caso, será entre el interruptor de caja moldeada del tablero principal de control y los Mini Interruptores, ubicados en cada una de las mesas del laboratorio, respectivamente.

Para conseguir una selectividad de actuación correcta, se tiene que cumplir lo siguiente:

- a) Las curvas de respuesta de los interruptores automáticos, no se cruzan.**
- b) Las curvas de respuesta, que se observan aguas debajo de la corriente, están en igual orden que la de los automáticos que se van sucediendo [7].**

Existen varias formas de conseguir selectividad:

Selectividad Amperimétrica

Se puede conseguir, incluso empleando curvas de respuesta iguales, pero con interruptores de distintas IMAG, lo cual es posible, cuando las intensidades de cortocircuito I_{cc} de los magnetotérmicos son diferentes, tal y como sucede con los magnetotérmicos del laboratorio [7].

Magnetotérmicos presentes en el laboratorio:

Se utilizan los siguientes colores para diferenciar a los interruptores dentro de la curva de selectividad.

- Magnetotérmico del circuito de control (COLOR VERDE).
- Magnetotérmico del circuito de potencia (COLOR AZUL).
- Magnetotérmico del tablero principal (COLOR LILA).

De acuerdo a la curva característica de cada protección, se obtiene la siguiente selectividad amperimétrica, basado en el software LSPS de LSIS. Estas curvas de selectividad se observan en la Figura 3.14.

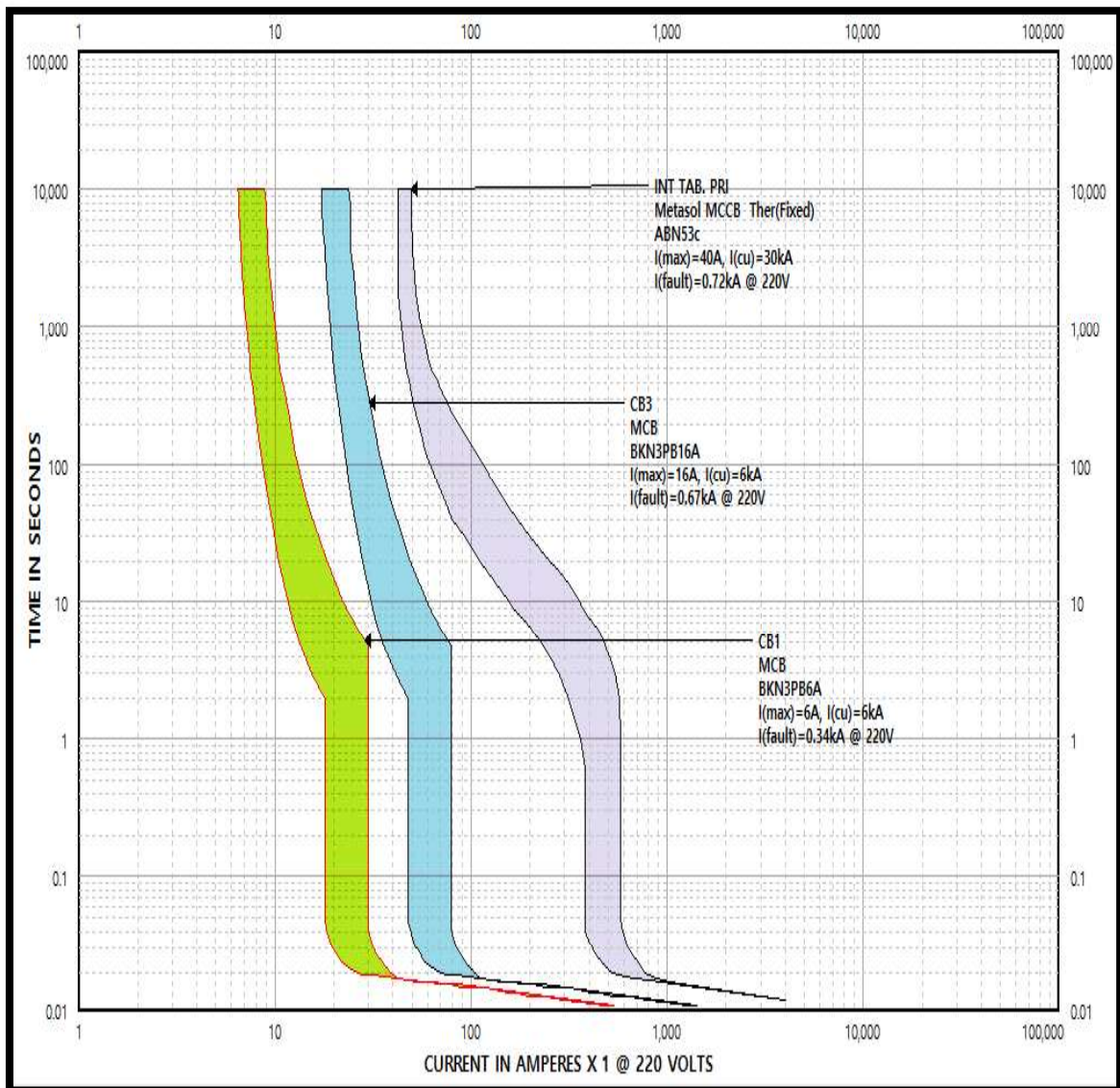
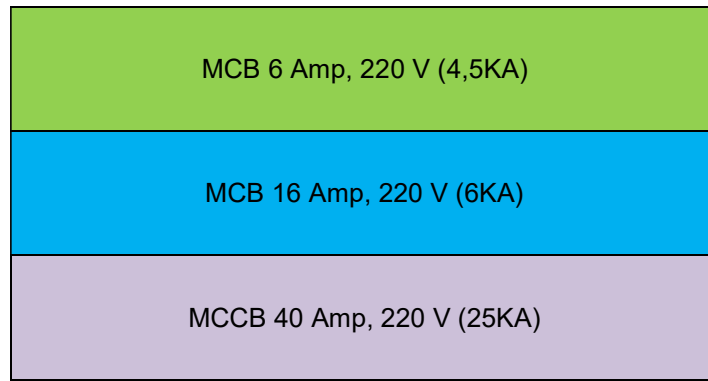


Figura 3.14 Curvas de Selectividad mediante LSPS de LSIS.

El esquema eléctrico de las protecciones se puede observar en el ANEXO G.

- **Selección del relé térmico**

La función del relé térmico será proteger a las cargas tales como motores eléctricos, resistencias etc, contra las sobrecargas.

Clases de disparo de los relés térmicos

Las clases de disparo describen intervalos de tiempo dentro de los que los relés de sobrecarga deben dispararse.

Lo anterior antes señalado significa que si un nivel de corriente determinado opera a un tiempo X en una curva clase 10, el mismo equipo operará a un tiempo diferente considerando la misma capacidad de corriente en clase 20.

La normativa IEC 60947-4-1 define la duración del disparo en 2.8 veces la corriente de ajuste [8].

Tabla 3.9 Clases de disparo de los relés térmicos [8].

Clase 10	Comprendida entre 4 y 10 segundos.
Clase 10 A	Comprendida entre 2 y 10 segundo.
Clase 20	Comprendida entre 6 y 20 segundos.

Por lo tanto se selecciona el relé de sobrecarga 3RU21, para condiciones de arranque normal en la clase de disparo CLASE 10. El cual se observa en la Tabla 3.9 en verde.

CÁLCULOS

Debido a que los contactores pueden soportar cargas de hasta 2.9 HP de potencia; entonces:

$$P = \sqrt{3}xV_L x I_L \cos \phi$$

$$I_L = \frac{P}{V_L x \sqrt{3} x \cos \phi}$$

$$I_L = \frac{2,9 \text{ HP} x 746 \text{ W}}{220 \text{ V} x \sqrt{3} x 0,77} = 7.37 \text{ Amp}$$

Se toma un factor de seguridad de 1.25 para calcular el relé térmico, por lo tanto, se obtiene que:

$$I_L = 7,37 \times 1,25 = 9,21 \text{ Amp}$$

Por lo tanto, se escoge un relé térmico **3RU2126** regulable del catálogo de Siemens. Mismo que se puede adosar al contactor tal y como se puede observar en la Figura 3.15.



Figura 3.15 Relé térmico **3RU2126** [8].

Este dispositivo tiene las siguientes características:

- Función "Reset".
- Reset tras el disparo.
- Función "STOP".
- Función "TEST".
- Ajuste de corriente.
- Rearme manual y automático.

Todas estas propiedades y especificaciones del relé térmico seleccionado se evidencian en el ANEXO A.

- **Selección de los dispositivos de maniobra y señalización.**

Selectores

Se selecciona un selector de 3 posiciones, gracias a su amplio rango de soporte al trabajar tanto con corriente alterna, como con corriente continua, soportando voltajes desde 5v a 400v y corrientes de hasta 10Amp.

Estos dispositivos de maniobra, son conmutadores con dos o más posiciones estables, en las que permanece después de su accionamiento, los selectores son capaces de contener varios contactos de estado NC o NA, dependiendo del tipo y del número de conexiones que se ameriten a usar con un solo selector.



Figura 3.16 Selector Siemens de 3 Posiciones. [8]

Las características técnicas del selector seleccionado, se detallan en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10 Características técnicas del selector Siemens [4].

Material de cabeza	Plástico
Material soporte	Metálico y plástico
Bloques de contactos	Máximo dos unidades
Tipo de accionamiento	Momentáneo y sostenido
Grado de protección	IP 40
Tipo	3 posiciones
Voltaje	220 V
Contactos	2 NA

Tabla 3.11 Pulsadores SIEMENS [4].

Pulsador rasante SIEMENS	Pulsador zeta de emergencia SIEMENS
<p>Cada pulsador tendrá integrado un contacto NC y un contacto NA en su bloque de contactos. Por la necesidad de las prácticas y el amplio uso que se le da a este, es indispensable que soporte un rango de alto voltaje como de corriente; dando un rango de 500v y 10Amp como máximo. El pulsador se puede visualizar en la Figura 3.1</p>	<p>Para casos de emergencia, se tendrá un pulsador zeta para desenergizar la mesa de trabajo en caso de ser necesario. El pulsador de emergencia se puede visualizar en la Figura 3.2.</p>
<div data-bbox="427 595 844 975" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="383 1070 920 1102" data-label="Caption"> <p>Figura 3.1 Pulsador rasante Siemens [8].</p> </div>	<div data-bbox="1473 564 1688 1002" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1335 1066 1832 1098" data-label="Caption"> <p>Figura 3.2 Pulsador Seta Siemens [8].</p> </div>

En la Tabla 3.12, se especifica las características técnicas de los pulsadores.

Tabla 3.12 Características técnicas de los pulsadores Siemens [8].

Designación	Contactos	Color	Marca
Pulsador rasante	NA & NC	Verde Diámetro: 22 mm	Siemens
Pulsador rasante	NA & NC	Rojo Diámetro: 22 mm	Siemens
Pulsador de seta	NC	Rojo Diámetro: 40 mm	Siemens
Material	Plástico Policarbonato		
Normas	IEC 947-5-1		

Lámpara de señalización led

Este dispositivo de señalización, será utilizado como indicador de existencia de corriente, para evidenciar el enclavamiento de contactos, entre otras funciones, que aportan en la implementación de los circuitos de control y tiene un amplio rango de tensión, que es de 110V- 220V, Las luces piloto seleccionadas se muestran en la Figura 3.17.



Figura 3.17 Luz piloto Siemens [8].

En la Tabla 3.13, se describen las especificaciones de las luces piloto.

Tabla 3.13 Características técnicas de las luces piloto [8].

Marca	Siemens
Modelo	Sirius
Límites de tensión	120 V: 102 a 132 230V: 195 a 264
Consumo (Para todos los colores)	120V: 14 230 V: 14
Material	Plástico y aleaciones metálicas
Colores	Verde, Rojo, Amarillo
Normas	IEC 60947-5-1

- **Selección de los contactores.**

Para poder dimensionar y seleccionar este dispositivo, se debe tomar en cuenta dos aspectos fundamentales que son:

a) El tipo de carga que se va a utilizar en el laboratorio (Aplicación)

Sus principales aplicaciones están en el arranque y control de motores eléctricos, la energización de cargas resistivas, banco de capacitores, sistemas de iluminación, e inclusive mandar voltaje de alimentación a un variador de velocidad, entre otras.

Se va a determinar la aplicación final con la ayuda de las categorías de utilización de contactores, en donde se encuentran clasificados de acuerdo a la aplicación, o a la carga que va a controlar el dispositivo [9].

Categorías de empleo para contactores según la norma IEC 60947-4-1.

Dependen de los siguientes parámetros:

- De la naturaleza del receptor controlado: motor de jaula de ardilla o de anillos, resistencias.
- De las condiciones en las que se realizan los cierres y las aperturas.

Empleo en corriente alterna:

De acuerdo a la clasificación de las categorías de utilización, el contactor más idóneo es el de tipo **AC3**, que se detalla a continuación.

AC3: Para control de motores jaula de ardilla (motores de rotor en cortocircuito), el cierre y corte es a velocidad máxima.

- En el cierre, el contactor establece la corriente de arranque, que es de 5 a 7 veces la corriente nominal del motor.
- En la apertura, el contactor corta la corriente nominal absorbida por el motor; en ese momento, la tensión en las bornas de sus polos se acerca al 20% de la tensión de la red. El corte resulta sencillo [9].

Ejemplo de utilización: todos los motores de jaula habituales, ascensores, escaleras mecánicas, cintas transportadoras, elevadores de cangilones, compresores, bombas, trituradoras, climatizadores, etc [7].

b) Potencia de la carga.

El contactor seleccionado, tendrá una potencia de **2.2KW a 230V** según el datasheet y la placa de datos del mismo, por lo que, podrá controlar cargas y motores trifásicos de hasta **2.5 HP** de potencia. Se puede observar el contactor seleccionado, y sus contactos en la Figura 3.18.

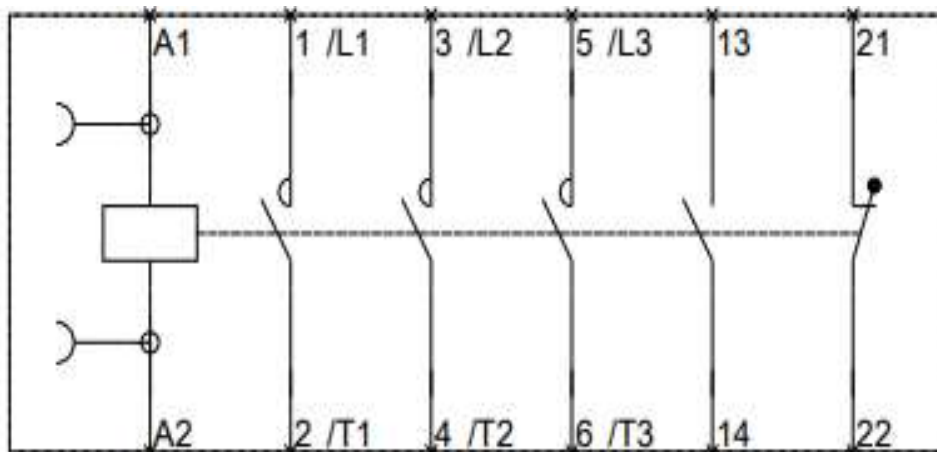


Figura 3.18 Contactos - SIRIUS 3RT2023 [8].

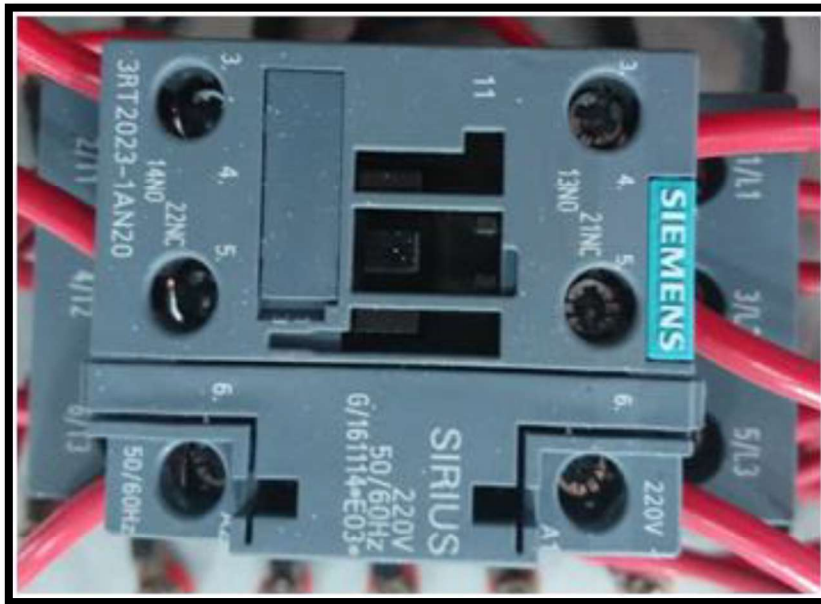


Figura 3.19 Contactor SIRIUS 3RT2023, AC-3, 4KW/400V.

Por la demanda de contactos con los cuales se trabaja en las diferentes implementaciones de circuitos de control, se vio la necesidad de adquirir un bloque auxiliar frontal de contactos adicional de composición 2NA + 2NC, que fueron incorporados al contactor para terminar teniendo un total de 3 contactos principales (1,2; 3,4; 5,6) y 4 contactos auxiliares (13,14; 21,22; 73,74; 81; 82). En la Figura 3.20, se puede observar el bloque de contactos auxiliares seleccionado.



Figura 3.20 Bloque frontal auxiliar de contactos.

Con los dos elementos seleccionados, se procede a acoplar el contactor con su bloque frontal auxiliar, el cual debe quedar armado, para poderlo sujetar en las placas destinadas para el módulo de trabajo, tal y como se muestra en la Figura 3.21.

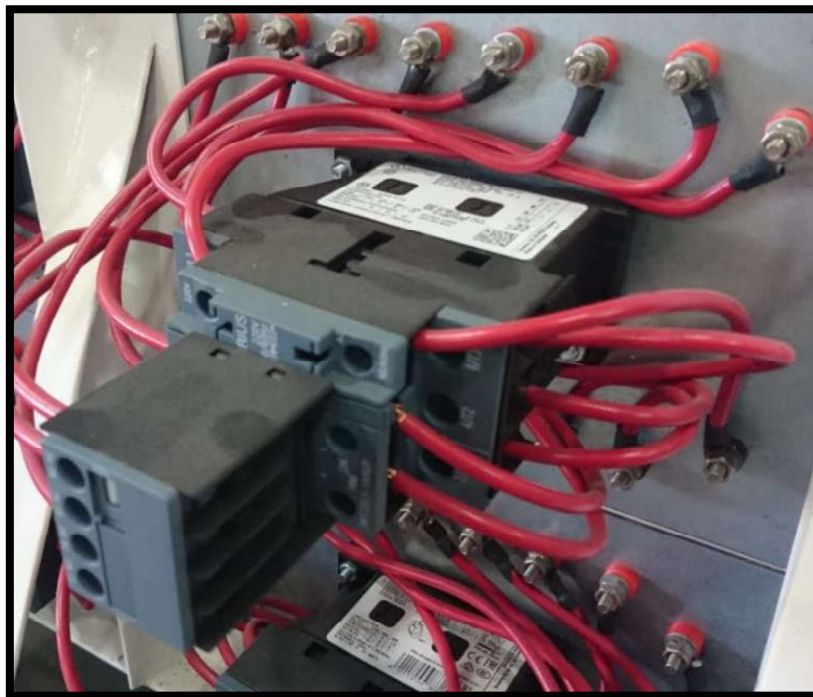


Figura 3.21 Contactor SIRUIS con bloque auxiliar frontal.

- **Selección de materiales para la estructura modular.**

Materiales de infraestructura

- **Materiales de hierro.**

Los materiales de hierro, son utilizados en la construcción de estructuras de soporte tanto en la industria de la construcción como en la industria metalúrgica, por su capacidad de soportar pesos a grandes cantidades sin perder o deformar su forma original, y brindando una estabilidad en estructuras soldadas, por las distintas variedades de formas, medidas y espesores que se puede encontrar en el mercado.

Por la manipulación tanto de las estructuras y los módulos, se necesita utilizar este tipo de material de alta resistencia y larga duración, que brindará un óptimo funcionamiento a lo largo de la utilización de los módulos. En la Figura 3.22, se puede observar los diferentes tipos de estructuras.

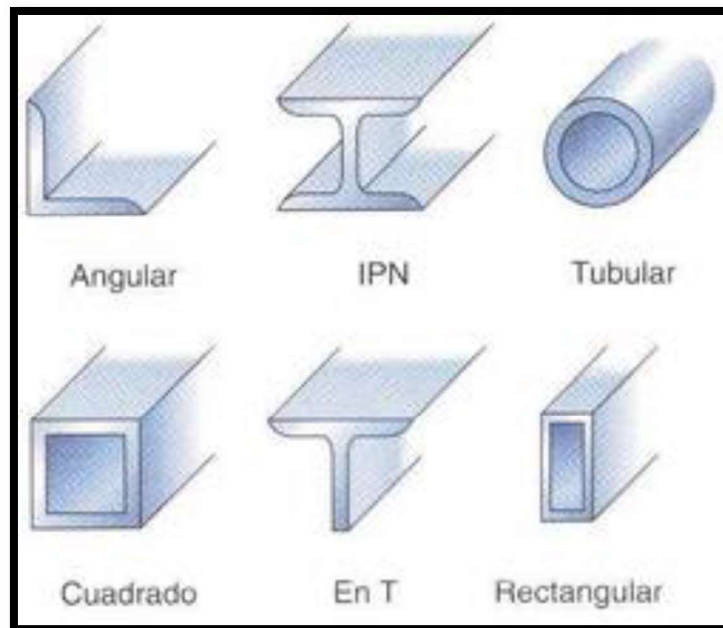


Figura 3.22 Estructuras metálicas comerciales de hierro [10].

- **Metales anti oxidables**

Son aleaciones de acero con níquel y/o cromo, que aportan la capacidad de soportar de mejor manera la exposición al oxígeno y a los daños que este le puede ocasionar al acero, con lo cual, no necesitan que se le aplique coberturas como pinturas, ni chapeados, que lo cubran de forma superficial para mejorar su resistencia a la oxidación. El empleo de este tipo de materiales, es dependiente de las características oxidantes del ambiente en el cual va a trabajar.

Teniendo diferentes niveles de oxidación, existen gran diferencia entre la resistencia a la corrosión de una familia a otra, en el grupo cromo níquel los tipos 310 y 316, son más resistentes que los tipos 301 y 302, y en el grupo al cromo los 430 y 442, son más resistentes que los 405 y 410 [10].

3.5. Diseño y construcción

En el presente bloque se verán todos los procesos de manufactura en donde las partes componentes del módulo educacional son añadidas y ensambladas, conforme a las especificaciones requeridas de funcionalidad, estética y modularidad. Las vistas del diseño se encuentran en el ANEXO E.

En la Tabla 3.14 se muestra las diferentes fases del proceso de ensamblaje y construcción del módulo didáctico.

Tabla 3.14 Fases de construcción del módulo educacional.

Fase 1	Diseño de la estructura modular.
Fase 2	Proceso de soldadura.
Fase 3	Proceso de pulido y acabado.
Fase 4	Corte y perforación de las placas componentes.
Fase 5	Colocación de los vinilos de diagramas eléctricos.
Fase 6	Anclaje de los dispositivos en las placas.
Fase 7	Conexiones de los dispositivos.
Fase 8	Montaje de los módulos educacionales.

A continuación se detallan cada uno de los procesos:

- **Fase 1 - Diseño de la estructura modular.**

Es necesario contar con una estructura electromecánica, que facilite la maniobrabilidad de los dispositivos de control y potencia por parte del usuario, y además que permita realizar mantenimientos preventivos y correctivos en caso de ser necesario.

Analizando las diferentes opciones de diseño que se podían implementar, para la estructura metálica de soporte se determinó el siguiente diseño, el cual se ajusta más a las necesidades de uso en el laboratorio. La estructura soporte es diseñada y construida tal y como se muestra en la Figura 3.23.

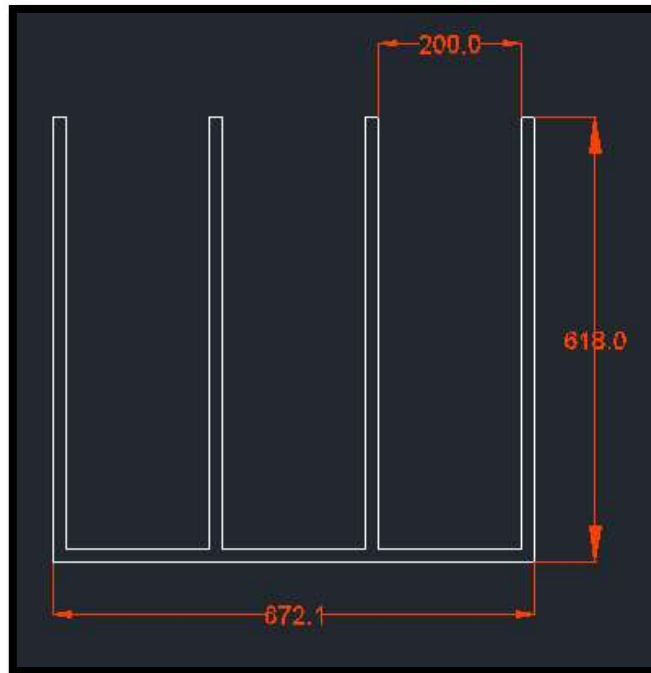


Figura 3.23 Diagrama estructura metálica – Vista frontal.

Para determinar las medidas de la estructura, se realizan las mediciones de los dispositivos que iban a ser colocados en dicha estructura, dando un rango de utilización de los módulos de [45mm * 85 mm – 72mm * 80mm], con lo cual el diseño de las placas modulares en las cuales los dispositivos están sujetos, tienen una medida de 210mm x 150mm, dando el espacio suficiente para colocar los respectivos conectores correspondientes de cada dispositivo, cableado y la maquetación de cada módulo de trabajo.



Figura 3.24 Placas modulares cortadas.

- **Fase 2 - Proceso de soldadura.**

Con las medidas específicas de cada módulo, se procedió a la distribución del espacio de trabajo que se lo realiza en la parte frontal de dicha estructura, tomando en cuenta todo el dimensionamiento de la estructura y optimización del espacio disponible en las mesas, donde la estructura fue anclada se quedó en acuerdo las medidas finales de la estructura.

De acuerdo al diseño que se debe implementar para el soporte de los módulos de trabajo en cada una de las mesas, se concluye que se debe usar un material angular de hierro que soporte el peso de los equipos, y además que cuenten con las medidas adecuadas que faciliten un juego de movimiento, que les permita a los estudiantes colocar los módulos según la conveniencia de cada trabajo.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, la elección del material de hierro para trabajar en la parte de la elaboración, se establecen según las dimensiones de ángulos disponibles en el mercado.

DIMENSIONES			PESOS		
A	B	e	6 metros	1 metro	SECCION
mm	mm	mm	Kg	Kg	cm2
25	25	2	4.38	0.73	0.93
25	25	3	6.36	1.06	1.35
30	30	2	5.34	0.89	1.13
30	30	3	7.80	1.30	1.65
30	30	4	10.08	1.68	2.14
40	40	2	7.20	1.20	1.53
40	40	3	10.62	1.77	2.25
40	40	4	13.86	2.31	2.94
40	40	5	19.62	2.82	3.59
50	50	2	9.12	1.52	1.93
50	50	3	13.44	2.24	2.85
50	50	4	17.64	2.94	3.74



El diagrama muestra un ángulo de hierro en forma de 'L'. Las dimensiones A y B representan los lados rectos del ángulo. 'e' es el espesor del material. Se muestran los ejes de referencia X e Y, así como los ejes de centroides X' e Y'.

Figura 3.25 Ángulos con medidas según norma NTE INEN 623:2000(DIPAC) [11].

Eligiendo así un ángulo de hierro de dimensiones (40mm x 40mm) y 2mm de espesor prestando las características idóneas, por sus medidas de trabajo que permite elaborar el soporte y su espesor que le dará rigidez a la estructura.

Para la elaboración de la estructura metálica, el proceso de soldadura, implica el uso de electrodos que sean los apropiados para el material metálico con el que se va a elaborar,

para lo cual, se procede a la elección de electrodos; según el material y el tipo de soldadura que permite realizar el electrodo.

La clasificación de los electrodos, se establece con base a un código de letras y números que son establecidos por la AWS (American Welding Society) [12].

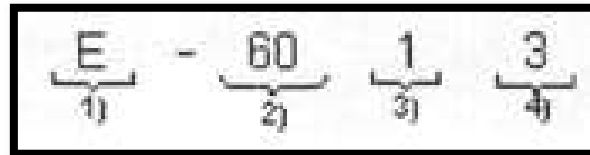


Figura 3.26 Nomenclatura AWS para electrodos [12].

1. Determina que el electrodo trabaja en base de arco eléctrico, por lo que son para soldadura eléctrica.
2. Es el valor de resistencia mínima a la tracción que tiene la soldadura.
3. Este número indica la posición, en la cual el electrodo puede trabajar, marcado como 1 significa que, ese electrodo puede trabajar en cualquier posición.
4. Este último número, determina ciertas características propias de ciertos electrodos en este caso se elige el electrodo de la Figura 3.27 [12].

Clasificación AWS		Tipo de revestimiento	Posición a soldar	Corriente y polaridad
A5.1	A5.1M			
E-6010	E-4310	Celulósico sódico	P, V, SC, H	CCEP
E-6011	E-4311	Celulósico potásico	P, V, SC, H	CA, CCEP
E-6012	E-4312	Rutilico sódico	P, V, SC, H	CA, CCEN
E-6013	E-4313	Rutilico potásico	P, V, SC, H	CA, CCAP
E-6018	E-4318	Potásico, BH - HP	P, V, SC, H	CA, CCEP
E-6019	E-4319	Óxido de hierro, rutilico potásico	P, V, SC, H	CA, CCAP
E-6020	E-4320	Óxido de hierro	H P	CA, CCEN CA, CCAP
E-6022	E-4322	Óxido de hierro	P, H	CA, CCEN
E-6027	E-4327	Óxido de hierro, HP	H P	CA, CCEN CA, CCAP
E-7014	E-4914	Rutilico, HP	P, V, SC, H	CA, CCAP
E-7015	E-4915	Sódico, BH	P, V, SC, H	CCEP
E-7016	E-4916	Potásico, BH	P, V, SC, H	CA, CCEP
E-7018	E-4918	Potásico, BH - HP	P, V, SC, H	CA, CCEP
E-7018M	E-4918M	BH - HP	P, V, SC, H	CCEP
E-7024	E-4924	Rutilico, HP	P, H	CA, CCAP
E-7027	E-4927	Óxido de hierro, HP	H P	CA, CCEN CA, CCAP
E-7028	E-4928	Potásico, BH - HP	P, H	CA, CCEP
E-7048	E-4948	Potásico, BH - HP	P, V-down, SC, H	CA, CCEP

Nomenclatura	CC: Corriente continua	EP: Electrodo positivo	P: Plana
HP: Hierro en polvo	CA: Corriente alterna	EN: Electrodo negativo	V: Vertical
BH: Bajo hidrógeno	AP: Ambas polaridades	SC: Sobrecabeza	H: Horizontal

Figura 3.27 Nomenclatura de los electrodos [13].

Por la maquinaria disponible y el material a soldar se escoge el electrodo E6011, con lo cual es posible realizar cordones profundos, para lograr una suelda más homogénea con uniones más sólidas. La soldadora que se utiliza para realizar las soldaduras se ilustra en la Figura 3.28 [13].



Figura 3.28 Soldadora disponible para el trabajo LINCOLN AC 225.

Con los materiales elegidos, se procede a soldar los materiales, dando una forma de riel corrediza, que permita colocar los módulos con los dispositivos; según la conveniencia de las prácticas que se realizarán en las mesas de trabajo. Las estructuras que se utilizan se muestran en la Figura 3.29.



Figura 3.29 Materiales a utilizar en el proceso de soldadura.

El proceso de soldadura smaw, está sujeto a técnicas aprendidas en taller de soldadura de 5to nivel de la carrera de tecnología en electromecánica.

Se realizan cordones profundos para unir piezas de la estructura modular. Este proceso de soldadura se ilustra en la Figura 3.30.



Figura 3.30 Proceso de soldadura de estructura metálica.

- **Fase 3 - Proceso de pulido y acabado.**

Una vez concluida la parte de soldadura, se continúa con el proceso de pulir las estructuras, tal y como se muestra en la Figura 3.31, con el fin de tener un acabado liso, que permita trabajar de una manera adecuada.

Para este proceso se utiliza una pulidora manual con discos de desbaste, y discos de cepillo de alambre trenzado, para eliminar todo tipo de escorias e impurezas que pudiesen haber quedado en las superficies de trabajo de las estructuras.

Rigiéndose en las normas de seguridad industrial se procede a pulir con discos de desbaste las superficies de la estructura.



Figura 3.31 Proceso de pulido y acabado.

Una vez finalizado el proceso de pulido, se continúa en el trabajo de mejorar la presentación de las estructuras, utilizando la técnica de masillado y un material formulado con resina poliéster, para dar un acabado continuo en las partes más expuestas que se encuentran en la estructura.

Para conseguir un acabado estético, y además darle una resistencia antioxidante a la estructura, se realiza un recubrimiento con material antioxidante, con lo cual se logra un acabado final en color blanco mate.

Finalmente se agregan tres capas de pintura para darle un acabado impecable a toda la estructura metálica.

La estructura pintada es expuesta al ambiente exterior para que adquiera un secado homogéneo.

A continuación en la Figura 3.32 se observa la estructura soporte finalmente construida y lista para ser ensamblada conjuntamente con las placas que contienen los dispositivos electromecánicos.



Figura 3.32 Acabado de la estructura metálica.

- **Fase 4 - Corte y perforación de las placas.**

Los cortes de las placas de acero galvanizado y acero inoxidable, se realizan con una cizalla neumática, con las medidas dadas que son de (210mm x 150mm), dejando así un corte perfecto, el cual será homogéneo al momento del anclaje de los dispositivos en cada módulo. La placa de acero galvanizado cortada se puede observar en la Figura 3.33.

A continuación las placas son cortadas con las medidas requeridas, se toma en cuenta las medidas específicas de cada dispositivo, para darle una distribución correcta en cada una de las placas, sin olvidar que existen dispositivos que deben estar expuestos en la parte frontal de cada módulo.

Los filos de las placas son pulidos mediante un disco de desbaste, para evitar cortes y heridas durante su manipulación durante el ensamblaje del módulo educacional.

La placa de acero inoxidable cortada, se puede observar en la Figura 3.34.



Figura 3.33 Placa de Acero Galvanizado.



Figura 3.34 Placa de Acero Inoxidable.

Se realizan las perforaciones para los jacks, pulsadores, interruptores y contactores utilizando brocas de diámetros inicialmente pequeños y terminando la perforación con los diámetros requeridos por cada dispositivo electromecánico. Esto se realiza para cada una de las placas de acero galvanizado y acero inoxidable.

El proceso de perforación se lo realiza con un taladro vertical tal y como se muestra en la Figura 3.35.



Figura 3.35 Perforación de las placas.

- **Fase 5 - Colocación del vinilo de diagramas eléctricos.**

Se colocan los diagramas eléctricos, cuya función es mostrar los diferentes componentes del circuito, las conexiones de alimentación eléctrica y de señal entre los distintos dispositivos que constituyen cada una de las placas. Se utiliza la simbología IEC para representar las partes componentes de todo el módulo educacional.

Los vinilos ya impresos se colocan de manera adhesiva sobre la superficie anterior de cada placa, tal y como se muestra en la Figura 3.36, donde se observa la representación eléctrica de un contactor.

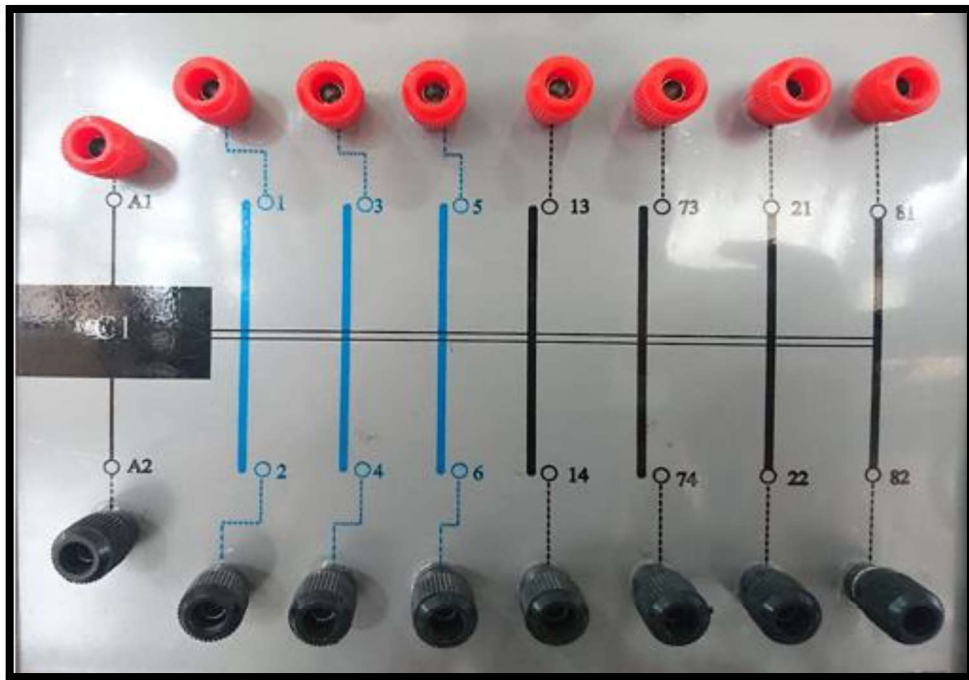


Figura 3.36 Vinilos de diagramas eléctricos.

- **Fase 6 - Anclaje de los dispositivos en las placas.**

Para el anclaje de los dispositivos, se utilizan pernos que van colocados en las placas de galvanizado, la sujeción de cada dispositivo es hecha con tuercas externamente, con el fin de tener un acceso rápido y poder cambiar dichos dispositivos cuando sea necesario.

Placa del “LOGO!”

En la Figura 3.37, se observa el montaje del logo en su placa, con sus respectivas entradas; en la parte superior de la placa consta de cuatro pulsadores para las entradas I1, I2, I3, I4 y cuatro interruptores para las entradas I5, I6, I7, I8 y cada salida consta con su respectivo Jack, para fines didácticos. De la misma manera se colocan los jacks para las salidas Q1, Q2, Q3 y Q4; la alimentación para el LOGO! llega a través de los jacks de fase y neutro y por último se coloca un interruptor manual ON – OFF de tal manera que se pueda encender o apagar el LOGO! manualmente.

Este LOGO! finalmente montado en su placa cuenta con: i) ocho (8) entradas digitales y ii) cuatro (4) salidas digitales.

El LOGO! tiene entre sus características que se le puede acoplar y aumentar módulos de entradas y salidas tanto digitales como analógicas.



Figura 3.37 Placa del LOGO!.

En la Figura 3.38, se puede observar la parte anterior de la placa, que contiene el contactor adosado a un relé térmico, la bobina se alimenta a través de los jacks A1 y A2; los terminales de los contactos tanto NC como NA, están anclados a sus respectivos jacks, con su correspondiente nomenclatura presente en el diagrama eléctrico.

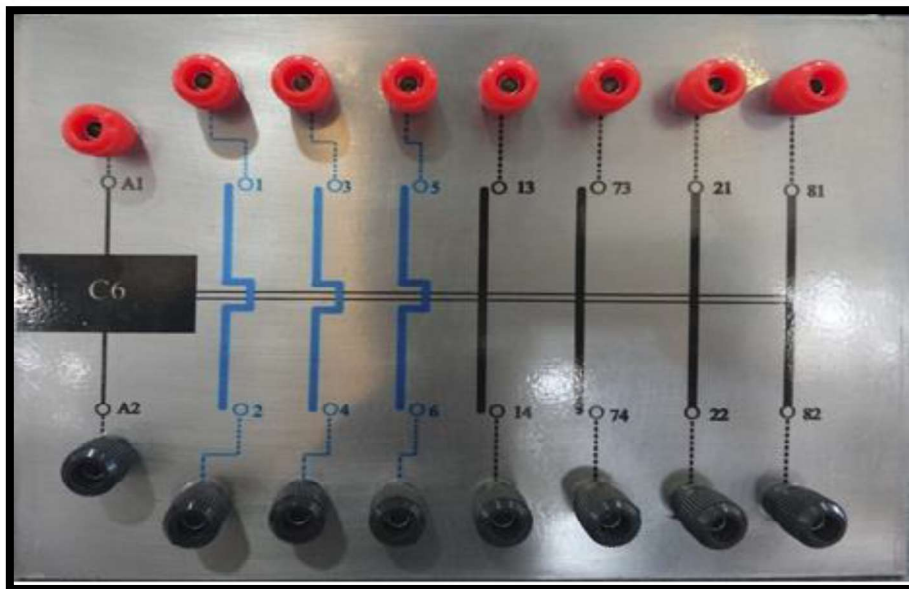


Figura 3.38 Placa de contactores con relé térmico.

Placa de los “Contactores sin relé térmico”.

En la Figura 3.39, se puede observar la parte anterior de la placa, que contiene el contactor; la bobina se alimenta a través de los jacks A1 y A2; los terminales de los contactos tanto NC como NA, están anclados a sus respectivos jacks con su correspondiente nomenclatura presente en el diagrama eléctrico.

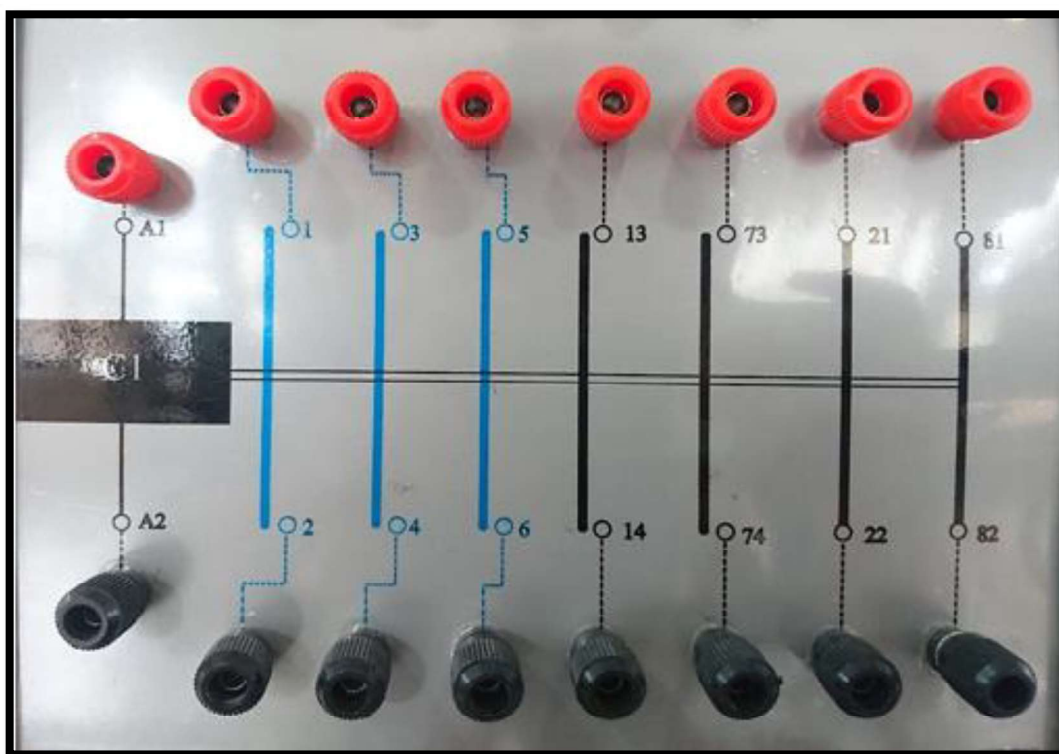


Figura 3.39 Placa de contactores sin relé térmico.

Las luces piloto, se ubican de forma horizontal en la placa, cada placa posee cuatro (4) luces piloto (dos amarillas, una verde y una roja); respectivamente, con sus correspondientes terminales anclados a los jacks en forma vertical, tal y como se puede observar en la Figura 3.40.

Los jacks que están anclados y conectados en la placa pueden utilizarse con terminales tipo banana y de tipo orquilla. Este tipo de placa, así como todas las placas que contienen los dispositivos electromecánicos, pueden ser removidas y superpuestas en la estructura de otro módulo educacional, dando así prioridad a la maniobrabilidad.

Los contactos principales de potencia se representan en color azul, mientras que los contactos auxiliares para control se representan en color negro al igual que la bobina del contactor.



Figura 3.40 Placa de las luces piloto.

Placa de los pulsadores

Se colocan dos pulsadores por placa, cada pulsador posee terminales NC y NA anclados a su bloque de terminales, los mismos que están conectados a sus correspondientes jacks para fines didácticos, y se puede identificar sus contactos mediante el diagrama eléctrico presente en el adhesivo de la placa. Tal y como se puede observar en la Figura 3.41.

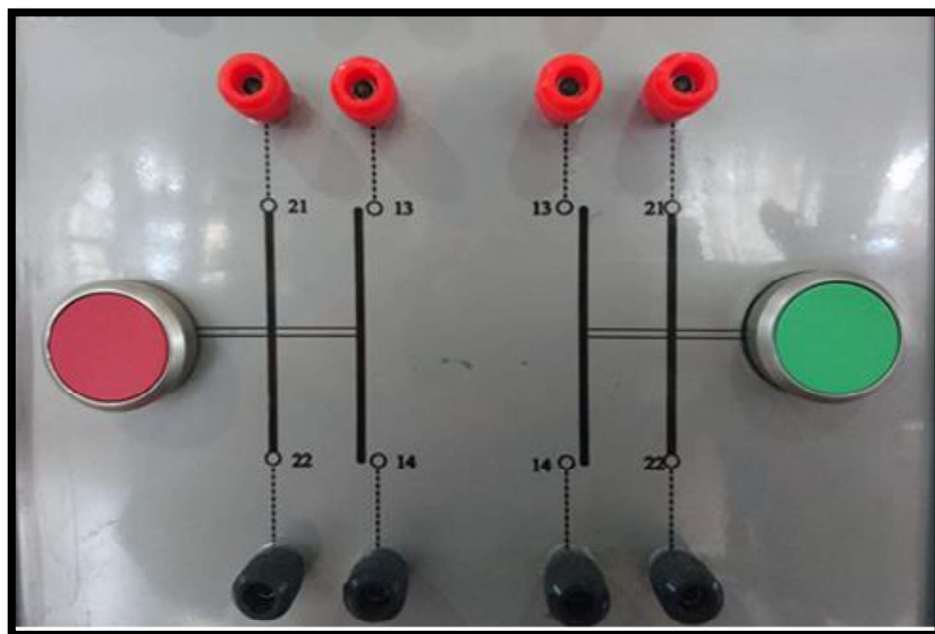


Figura 3.41 Placa de los pulsadores.

Placa de los “Selectores”

Se colocan dos selectores por placa con sus respectivos terminales NA y NC anclados a sus correspondientes jacks, se puede identificar estos contactos para cada una de las tres posiciones que ofrece cada selector mediante el diagrama eléctrico presente en la placa. Tal y como se puede observar Figura 3.42.

Los jacks que están anclados y conectados en la placa pueden utilizarse con terminales tipo banana y de tipo horquilla.

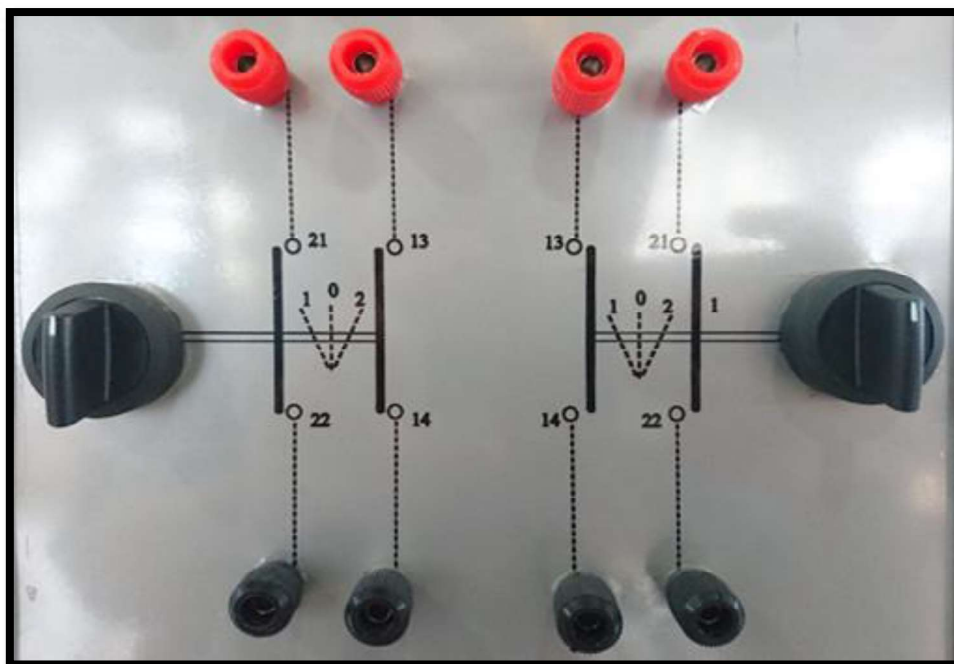


Figura 3.42 Placa de Selectores.

Montaje de las protecciones

Las protecciones se disponen físicamente en la parte inferior de cada módulo, de tal manera que se pueda alimentar eléctricamente los circuitos, trifásicos o monofásicos según sea el caso; mediante las fases R, S, T con su correspondiente neutro. Tal y como se puede observar en la Figura 3.43.

Tras el montaje, los bornes quedan suficientemente cubiertos para conectar los dispositivos y que no exista contacto no admitido de las piezas bajo tensión, para lo cual es necesario respetar las normas nacionales.

El rearme de los termomagnéticos en caso de disparo se lo hace de manera manual.

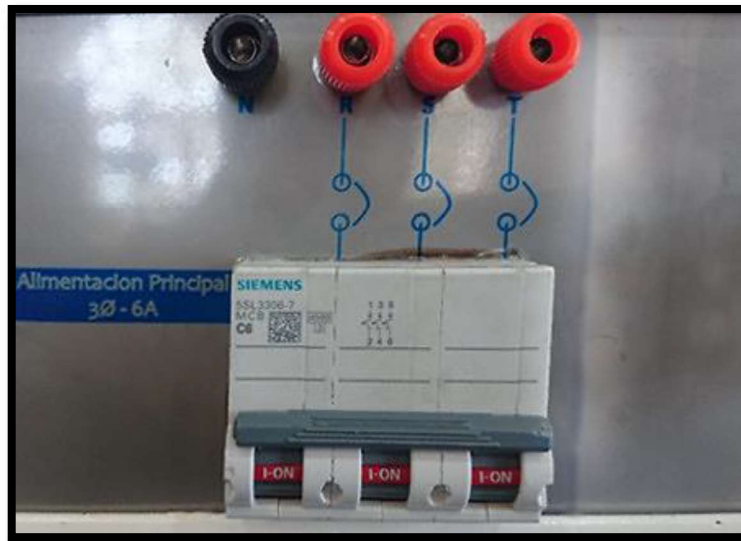


Figura 3.43 Montaje de las protecciones.

- **Fase 7 - Conexiones de los dispositivos.**

Se conecta eléctricamente cada dispositivo electromecánico de tal manera que sus contactos queden expuestos en la parte anterior de cada placa para facilitar su manipulación a través de los jacks. Los terminales eléctricos van soldados con estaño y recubiertos con tubo térmico tipo “espagueti” en la parte posterior de cada placa, para evitar la corrosión y posibles cortocircuitos.

En la Figura 3.44, se puede observar la parte posterior de la placa que contiene al LOGO!, con sus respectivas conexiones eléctricas.



Figura 3.44 Conexionado placa del LOGO.

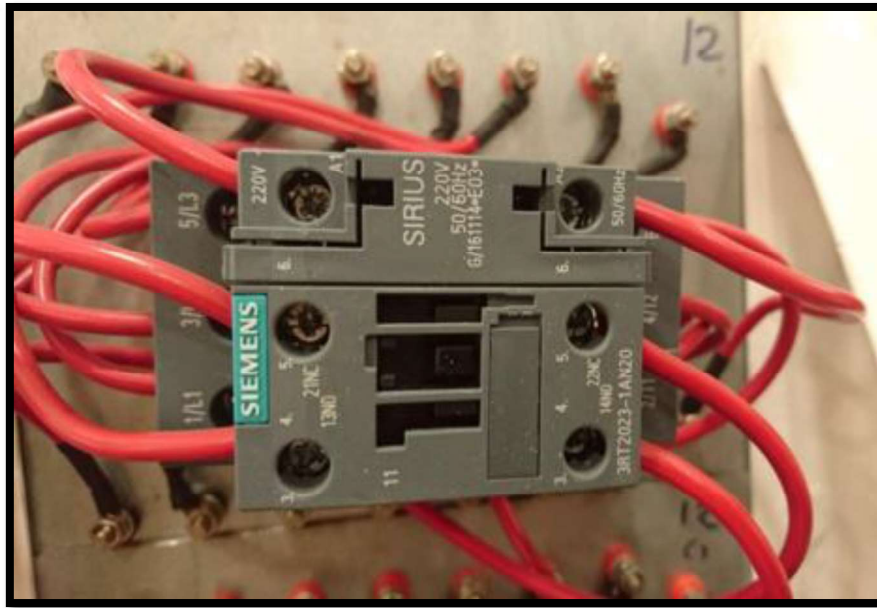


Figura 3.45 Conexión de la placa de los contactores.

En la Figura 3.46, se puede observar la placa de un contactor adosado a un relé térmico, para la protección de los motores contra sobrecargas; con sus respectivas conexiones realizadas con cable AWG 12.



Figura 3.46 Conexión de la placa de los contactores con relés térmicos.

En la Figuras 3.47 y 3.48, se observa la parte posterior de las placas de los elementos de entrada tales como: pulsadores, selectores y luces piloto, con sus respectivas conexiones realizadas con cable AWG 12 y también se puede visualizar que los terminales recubiertos con tubo térmico tipo “espagueti”.

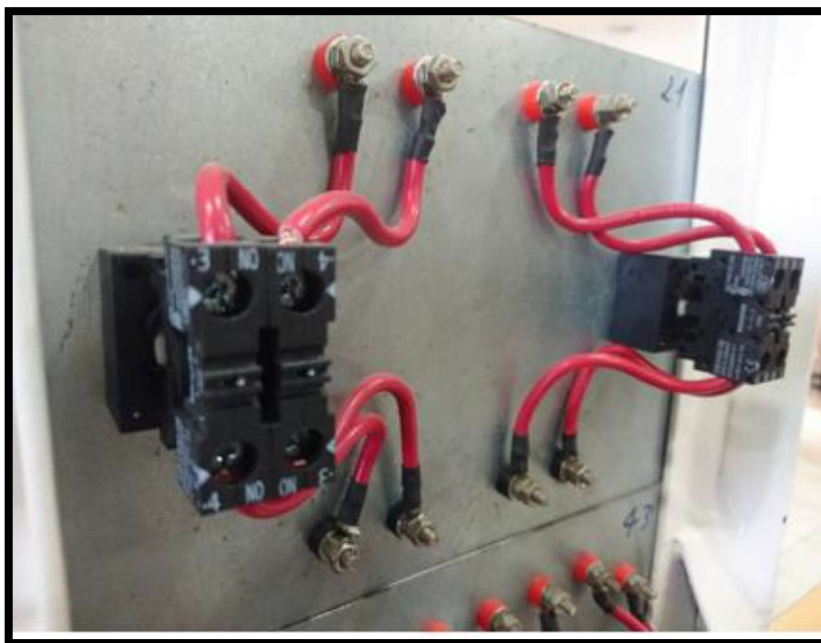


Figura 3.47 Conexionado de la placa de los pulsadores.

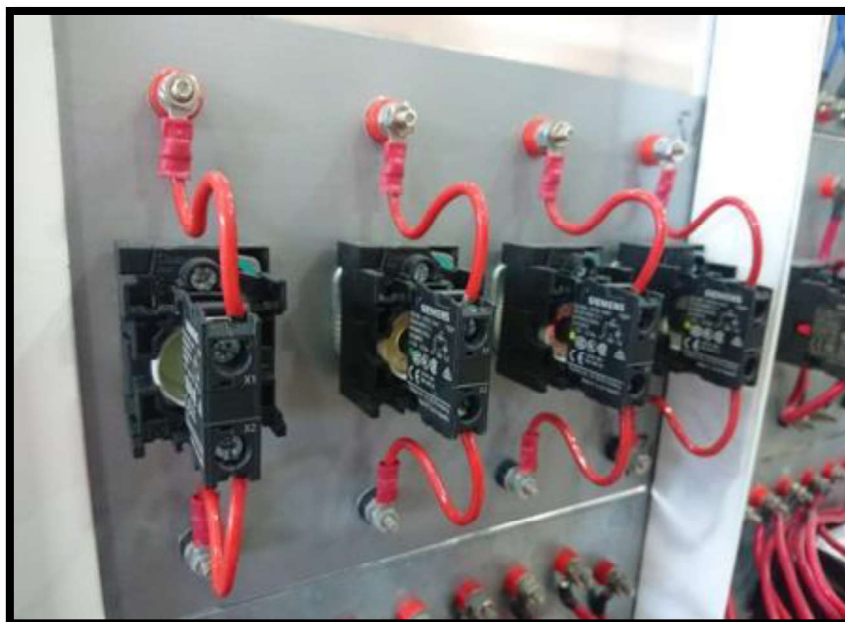


Figura 3.48 Conexionado de la placa de las luces piloto.

Terminales, Plugs, Bananas y Jacks

Los conductores que se encuentran en el cuadro eléctrico de cada placa se conectan eléctricamente mediante terminales del tipo “horquilla” y jacks tipo “banana”, estos cumplen la función de evitar las desconexiones y falsos contactos.

En la Figura 3.49, se muestran los terminales usados en la construcción de las placas.



Figura 3.49 Terminales, Plugs, Bananas y Jacks [4].

Todas las conexiones están hechas con cable AWG 12 que soporta hasta 20 Amp de corriente, hubiese sido suficiente utilizar cable AWG 10, pero la instalación eléctrica de los módulos está pensada para utilizar cargas mayores a futuro en caso de ser necesario.

- **Fase 8 - Montaje de los módulos educativos en el laboratorio.**

Los dos módulos van montados sobre cada mesa de trabajo, con sus respectivas sujeciones por medio de pernos y tuercas, de tal manera que el módulo se mantenga fijo y sin ningún tipo de juego sobre la mesa de trabajo.

Luego, se realizan las conexiones para energizar el módulo de cada mesa respectivamente, tal y como se puede observar en la siguiente Figura 3.50, donde llega la alimentación trifásica hacia los termomagnéticos de potencia y de control, por medio de las tres fases R, S y T con su respectivo neutro. La alimentación eléctrica para cada módulo se toma del tablero principal del laboratorio. De esta manera cada mesa de trabajo queda lista para ser sometida a cualquier tipo de prueba y trabajo. Este proceso se realiza para cada una de las dos mesas de trabajo.



Figura 3.50 Conexión de los termomagnéticos.

Finalmente, en la Figura 3.51, se puede observar todo el módulo didáctico montado con sus respectivas placas superpuestas de manera vertical y divididas en tres secciones.

Cada módulo educacional consta de los siguientes elementos electromecánicos:

- Una placa con un Logo Siemens.
- Cuatro placas de contactores.
- Dos placas de contactores con relés térmicos adosados.
- Una placa de luces piloto.
- Una placa de pulsadores.
- Una placa de selectores.
- Protecciones eléctricas para los circuitos de control y potencia.
- Pulsador de emergencia.

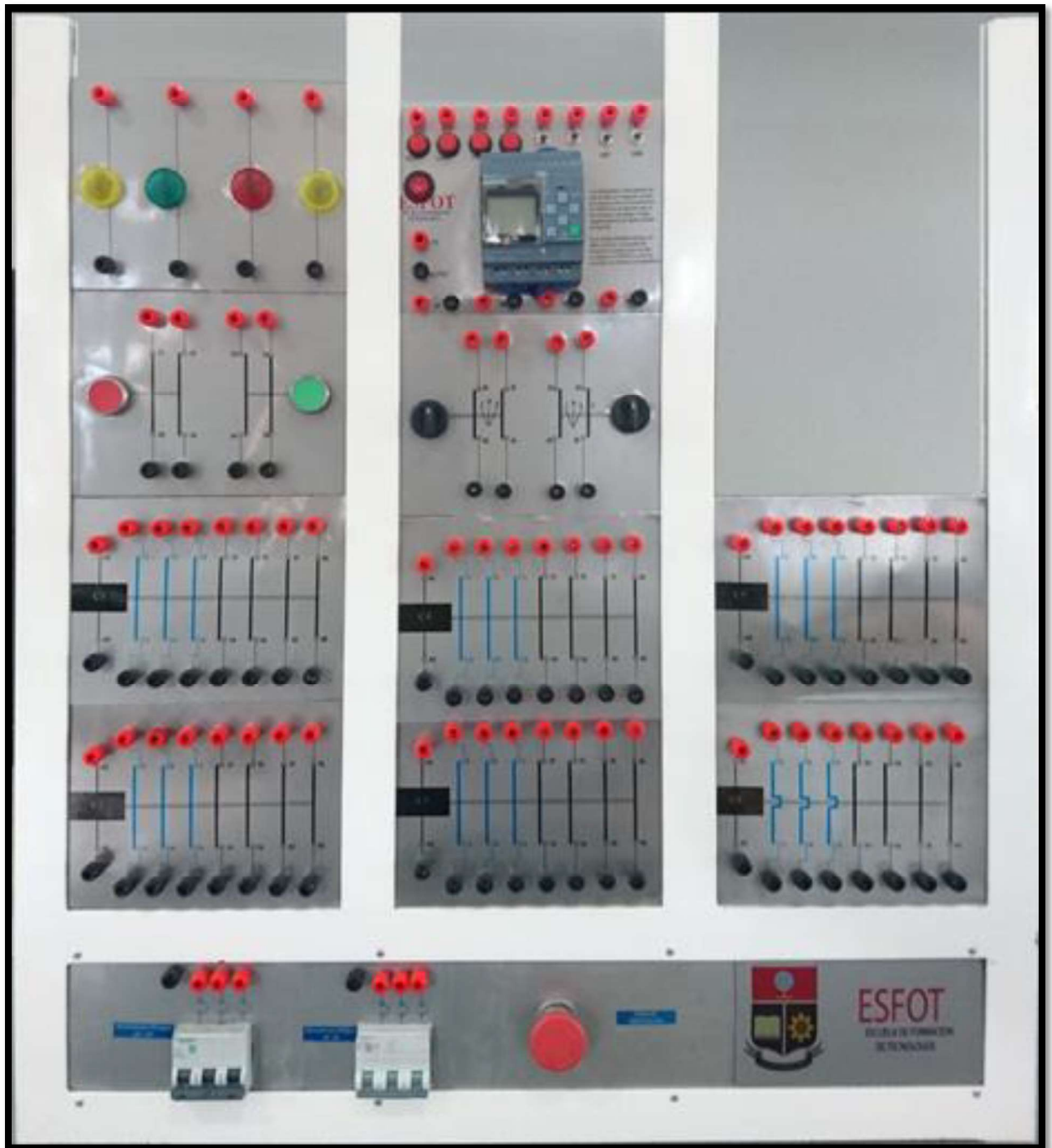


Figura 3.51 Estructura completa del módulo educacional.

El módulo, está construido para fines didácticos, es decir; se puede retirar o colocar las placas de manera manual según la práctica a ser realizada.

El coste total para la implementación y construcción de los módulos se encuentra en el ANEXO F de este documento.

3.6. Prácticas y programación en el logo!

En este bloque se realizan tres prácticas mediante el relé programable LOGO!, con el fin de poner a prueba al LOGO! en conjunto con los demás elementos del módulo educacional, para posteriormente evaluar los resultados.

Práctica N° 1

TEMA 1: ARRANQUE DE UN MOTOR TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN MEDIANTE EL MÓDULO PROGRAMABLE LOGO

1. OBJETIVOS

1.1. Adiestrar al estudiante en el diseño e implementación de arrancadores de voltaje reducido, utilizando contactores como elementos principales de maniobra y el módulo programable LOGO! como dispositivo de control.

1.2. Aplicar los criterios de diseño aprendidos, para el arranque de un motor eléctrico utilizando una conexión Y – Delta.

2. INFORMACIÓN

El objetivo principal de cualquier sistema de arranque utilizado para un motor, es disminuir la magnitud de corriente de arranque, a fin de evitar caídas de voltaje que podrían perturbar la red de alimentación. Es importante considerar, que el motor desarrolle el par suficiente para que pueda acelerar desde una velocidad cero, hasta el máximo número de revoluciones, en un determinado tiempo de acuerdo al tipo de carga mecánica acoplada.

Existen diferentes métodos electromecánicos para arrancar un motor trifásico de inducción, entre los que se pueden citar: resistencias o reactancias primarias, estrella - triángulo, autotransformador.

Actualmente, se utilizan arrancadores suaves (soft starter), basados en dispositivos electrónicos de potencia, cuya operación y funcionalidad ofrecen una significativa ventaja respecto a los antes mencionados.

El arranque electromecánico estrella – triángulo (Y-Delta), continúa siendo utilizado en el arranque de motores de mediana potencia, debido a su simplicidad, bajo costo y la reducción de corriente en el arranque. Para su aplicación, se requiere que el motor posea 6 terminales accesibles, y se debe tomar en cuenta que el torque de arranque disminuye

notablemente y que se produce una corriente transitoria alta durante el cambio de la conexión.

3. TRABAJO PREPARATORIO

3.1. Diseñar el circuito de fuerza para que un motor trifásico de inducción rotor jaula de ardilla, con seis terminales accesibles, pueda funcionar en los dos sentidos de giro por medio de un arranque estrella – triángulo. Incluir protecciones eléctricas contra sobrecargas y cortocircuitos. Utilizar la siguiente nomenclatura: CH y CAH para los contactores del sentido de giro; CY y CDELTA para los contactores estrella y triángulo respectivamente.

3.2. Mediante el software LOGO! Soft Comfort, realizar el programa de control del arrancador del numeral anterior, con las siguientes condiciones:

a. Mediante un interruptor se escoge el sentido de giro: ON giro horario – OFF giro anti-horario.

b. Una vez escogido el sentido de giro, mediante un pulsador de marcha Pmarcha, primero se conecta el contactor que realiza la conexión estrella CY e inmediatamente después se energiza el contactor del sentido de giro escogido CH o CAH, que arranca el motor en el sentido seleccionado.

c. Luego de 7 segundos se desconecta CY y 0.5 segundos después se energiza el contactor de la conexión triángulo CDELTA, con lo que el motor pasa a un régimen de marcha estable.

Nota: El retardo de 0,5 segundos para conectar CDELTA, se debe a que la velocidad de ejecución de las instrucciones en el microprocesador del controlador, no permite que se distingan los bloqueos del diseño y es posible que se ordene la operación simultánea de los contactores CY y CDELTA causando un cortocircuito.

d. El motor se apaga mediante un pulsante de paro Pparo o por actuación del relé de sobrecarga.

e. Incluir textos de aviso, para indicar los diferentes estados de operación del motor.

Presentar:

- Diagrama de conexiones de entradas y salidas al módulo programable.
- Tabla con la lista de todas las variables y su función.

- Diagrama de tiempos de los contactores para el caso de funcionamiento del motor en sentido de giro horario.
- Circuito de control impreso utilizando la opción de guardar en formato PDF disponible en el software de LOGO.
- El programa grabado en una memoria flash para verificar el funcionamiento en el laboratorio.

4. EQUIPO Y MATERIALES

Módulo de trabajo con elementos electromecánicos, disponible en el laboratorio.

Relé lógico programable LOGO!, disponible en el laboratorio.

Motor trifásico de inducción con 6 terminales accesibles, disponible en el laboratorio.

5. PROCEDIMIENTO

5.1. Mediante el simulador “off line” del software LOGO! Soft Comfort, verificar el correcto funcionamiento del programa de control solicitado en el trabajo preparatorio. De ser necesario, hacer las correcciones que sean del caso.

5.2. Conectar los dispositivos de entrada y salida al módulo programable con los respectivos bloqueos físicos y verificar el funcionamiento correcto de las bobinas de los contactores.

5.3. Utilizando los elementos del tablero electromecánico y el motor trifásico de inducción disponible en el laboratorio, armar el circuito de fuerza solicitado en el numeral 5.1 del trabajo preparatorio y probar el funcionamiento del circuito.

6. INFORME

6.1. Demostrar que los valores de corriente y torque de arranque de un motor trifásico de inducción, mediante un sistema Y - delta, se reducen a un tercio de los valores respecto a un arranque directo.

6.2. Investigar y explicar por qué se produce un transitorio de corriente en el circuito de fuerza cuando se realiza el cambio de conexión de Y a Delta.

6.3. Comentarios y sugerencias sobre el cumplimiento de los objetivos propuestos en la práctica.

6.4. Conclusiones y recomendaciones.

7. REFERENCIAS

Catálogo de relé programable LOGO!.

Notas de clase.

Programación en LOGO! Soft Comfort.

Antes de explicar la programación se muestra en la Tabla 3.15, las variables que maneja el LOGO! para este caso en particular.

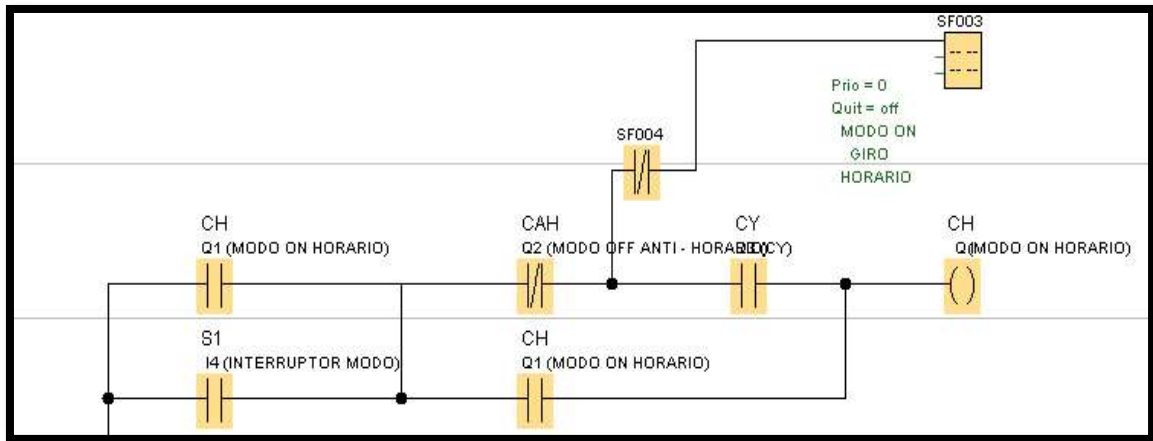
Tabla 3.15 Variables del arranque del motor trifásico de inducción.

Variable	Tipo de señal	Asignación del bloque	Función
Pmarcha	Señal digital	I2	Pulsador de marcha, activa el funcionamiento.
Pparo	Señal digital	I3	Pulsador de paro, desactiva todo el funcionamiento del circuito y lo reinicia.
Giro	Señal Digital	I4	Interruptor de sentido de giro horario o anti-horario
Horario	Señal Digital	Q1	Activación de la bobina que muestra el sentido de giro del motor, en este caso el giro se hará en sentido a las manecillas del reloj.
Anti - horario	Señal Digital	Q2	Activación de la bobina que muestra el sentido de giro del motor, en este caso el giro se hará en sentido contrario a las manecillas del reloj.
Estrella (CY)	Señal Digital	Q3	Activación de la bobina de la conexión del motor en Estrella.
Delta (CDELTA)	Señal Digital	Q4	Activación de la bobina de la conexión del motor en Delta.

Circuito de control:

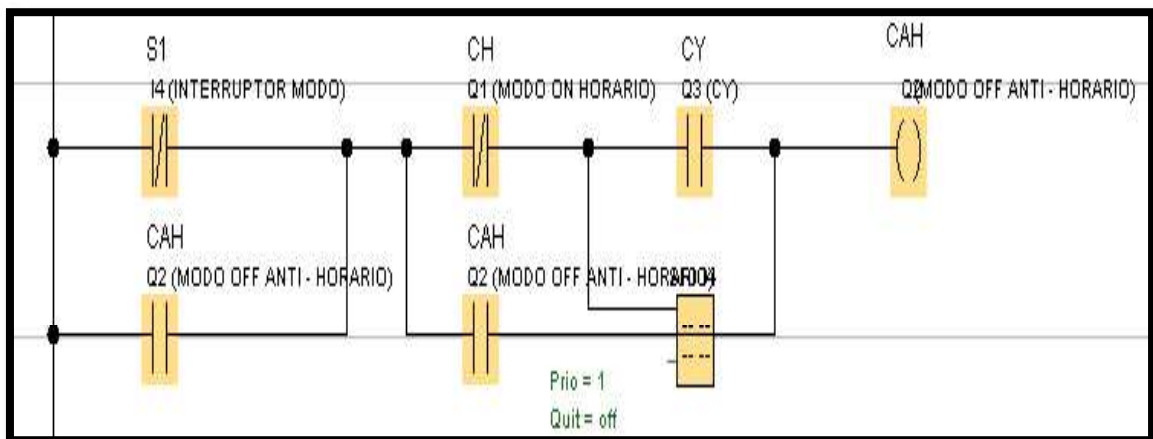
Segmento 1

Permite seleccionar el sentido de giro en el cual el motor arrancará, mediante el uso de las variables (Horario) y (Anti – Horario) de tal manera que el motor arranque en sentido horario, que previamente será seleccionado mediante un interruptor.



Segmento 2

Permite seleccionar el sentido de giro de tal manera que el motor arranque en sentido anti - horario, que previamente será seleccionado mediante un interruptor.



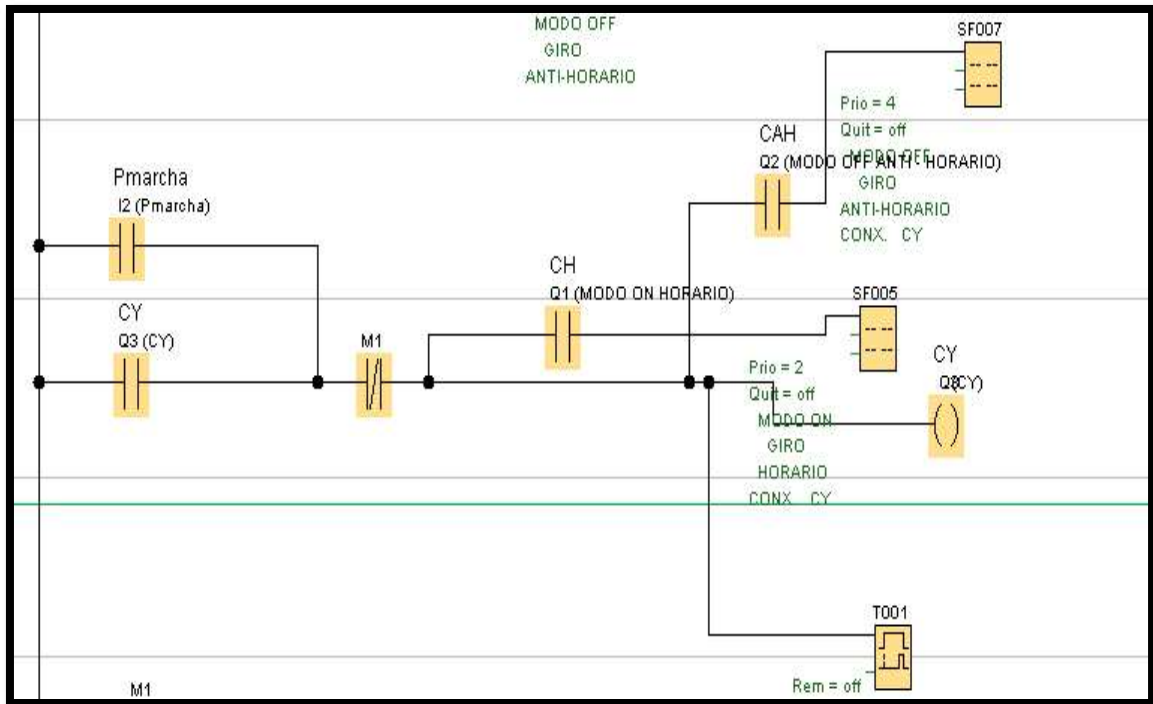
Segmento 3

Permite iniciar el proceso mediante el pulsador (Pmarcha), que da la respectiva señal para iniciar la conexión en (Estrella) del motor y a su vez iniciar el conteo mediante un temporizador ON - DELAY.

Adicionalmente, se agregó textos de aviso que se mostrarán en la pantalla del LOGO! para verificar el proceso.

Las bobinas de relé al igual que las salidas invertidas y las salidas analógicas representan los bornes de salida de un LOGO!

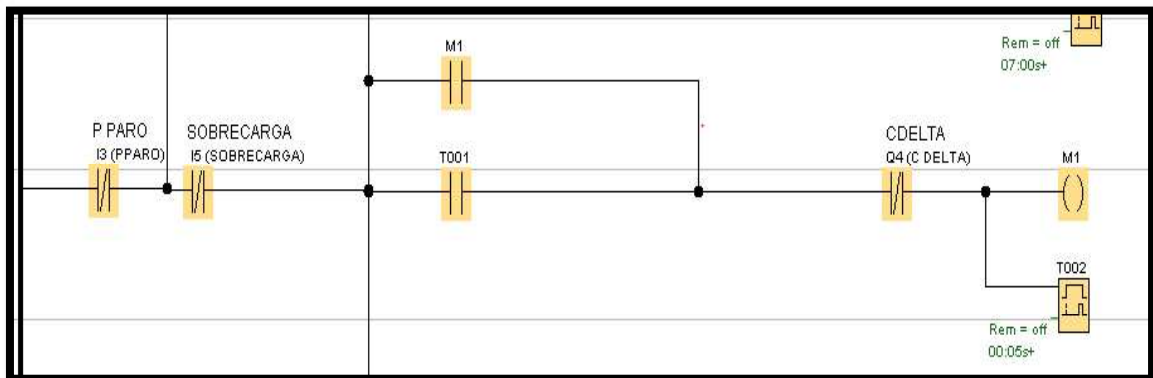
Los contactos normalmente abiertos, al igual que los contactos normalmente cerrados y los contactos analógicos representan los bornes de entrada de un LOGO!



Segmento 4

Permite detener el proceso en cualquier instante mediante el pulsador (Pparo), adicionalmente, permite simular una sobrecarga en cualquier instante del proceso.

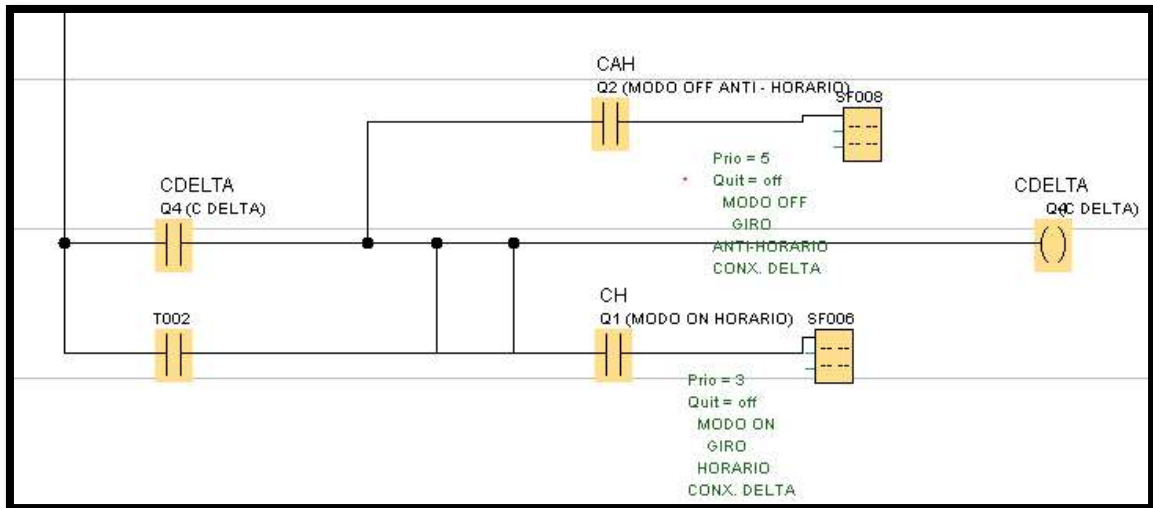
Se incluye bobinas auxiliares para facilitar la programación del proceso en cuestión.



Segmento 5

Permite continuar con el proceso y finalizar el arranque por medio de la conexión en (Delta), mediante la cual el motor pasará a funcionar en régimen permanente.

Adicionalmente, se agregó textos de aviso que se despliegan en la pantalla del LOGO! para verificar el proceso.






Para poder controlar, monitorear y visualizar de forma eficiente, se despliegan como textos de aviso en la pantalla del LOGO!, toda la información del proceso, tal y como se muestra en la Tabla 3.16.

Esta práctica consta de cuatro textos de aviso que irán apareciendo en la pantalla del LOGO! en tiempo real durante el funcionamiento de todo el proceso de arranque del motor trifásico de inducción.

Tabla 3.16 Textos de aviso (Práctica 1).

Descripción	Pantalla de texto de aviso
<p>La primera pantalla permite visualizar el sentido de giro en el cual el motor arrancará. La pantalla se mostrará en el LOGO! tal y como se muestra en la figura.</p>	

Descripción	Pantalla de texto de aviso
<p>En la segunda pantalla, permite visualizar que el motor ya arrancó en (Estrella) en el sentido de giro previamente seleccionado por el usuario. La pantalla se mostrará en el LOGO! tal y como se muestra en la figura.</p>	 <p>The screenshot shows a window titled 'Texto de aviso' with a close button. Below the title is a row of numbers 0-6, with '4' highlighted. Underneath is a 'Display de LOGO!' section with 'Detalles' and icons. The main display area is a green grid with the following text: 'MODO OFF', 'GIRO', 'ANTI-HORARIO', and 'CONX. CY'.</p>
<p>En la tercera pantalla, permite visualizar el cambio de Estrella a Triángulo, en el sentido de giro previamente seleccionado por el usuario. La pantalla se mostrará en el LOGO! tal y como se muestra en la figura.</p>	 <p>The screenshot shows a window titled 'Texto de aviso' with a close button. Below the title is a row of numbers 0-6, with '5' highlighted. Underneath is a 'Display de LOGO!' section with 'Detalles' and icons. The main display area is a green grid with the following text: 'MODO OFF', 'GIRO', 'ANTI-HORARIO', and 'CONX. DELTA'.</p>
<p>En la cuarta pantalla, permite visualizar que existe una sobrecarga en el motor, La pantalla se mostrará en el LOGO! tal y como se muestra en la figura.</p>	 <p>The screenshot shows a window titled 'Texto de aviso' with a close button. Below the title is a row of numbers 0-6, with '6' highlighted. Underneath is a 'Display de LOGO!' section with 'Detalles' and icons. The main display area is a green grid with the following text: 'PRECAUCION' and 'SOBRECARGA'.</p>

Práctica N° 2

TEMA 3: CONTROL DE PUERTAS

Diseñar el circuito de fuerza para controlar una puerta de garaje motorizada y utilizando el programa LOGO! Soft Comfort diseñar el circuito de control para accionar los contactores CABRIR y CCERRAR de la siguiente manera:

- a. Mediante un pulsador único (P1) se podrá abrir o cerrar la puerta en cualquier momento (incluso en medio camino de puerta abriéndose o cerrándose). El usuario solo necesita dar un pulso para que eso suceda.
- b. En cada extremo de la puerta existe un interruptor de límite (SLabierta y SLcerrada) para detectar si la puerta está totalmente abierta o puerta totalmente cerrada y desconectar el motor.
- c. Si por alguna razón no se ordenaría el cierre de la puerta luego de cinco minutos, el control ordenará que se cierre.
- d. Si existiera sobrecarga en el motor, la puerta deberá cerrarse y no se podrá realizar ninguna operación si no se ha corregido el motivo de la falla.
- e. Mediante un interruptor se desplegarán textos de aviso para indicar las siguientes situaciones:
 - Puerta abriéndose, cerrándose, cerrada o abierta
 - Operación del relé de sobrecarga

PRESENTAR:

1. Diagrama de fuerza con todas las protecciones.
2. Diagrama de conexiones de entradas y salidas al relé programable.
3. Circuito de control utilizando el software LOGO! Soft Comfort en que se simule el funcionamiento para verificar el diseño.

Programación en LOGO! Soft Comfort.

En la Tabla 3.17 se hallan las variables utilizadas para la programación del LOGO!.

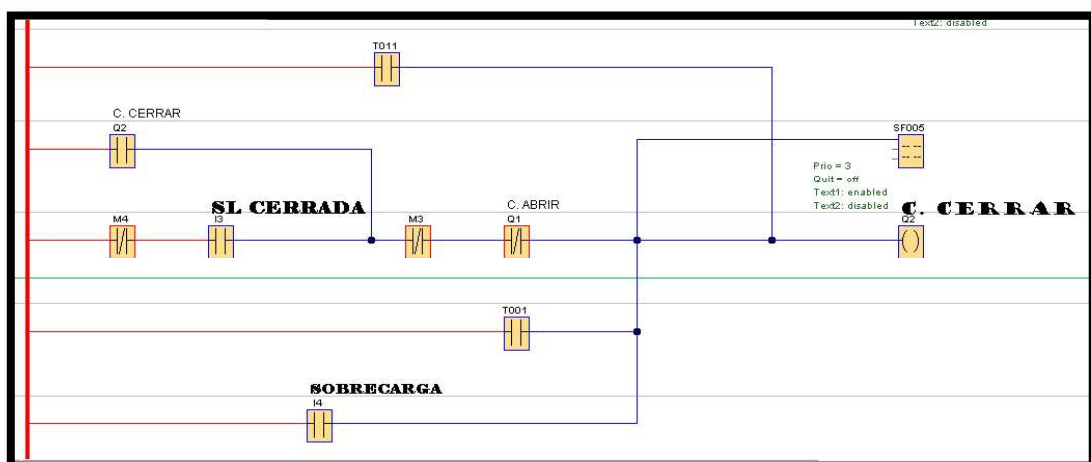
Tabla 3.17 Variables del control de la puerta automática.

Variable	Tipo de señal	Asignación del bloque	Función
P1	Señal digital	I1	Pulsador de marcha, activa el funcionamiento.
SL abierta	Señal digital	I2	Interruptor que simula el funcionamiento de un sensor de fin de carrera, para detectar que la puerta se ha abierto totalmente.
SL cerrada	Señal digital	I3	Interruptor que simula el funcionamiento de un sensor de fin de carrera, para detectar que la puerta se ha cerrado totalmente.
Sobrecarga	Señal digital	I4	Activación de la bobina que permite simular una sobrecarga en el motor.
C. Abrir	Señal digital	Q1	Activación de la bobina que envía la señal al motor para proceder a abrir la puerta.
C. Cerrar	Señal digital	Q2	Activación de la bobina que envía la señal al motor para proceder a cerrar la puerta.

CIRCUITO DE CONTROL

SEGMENTO 1:

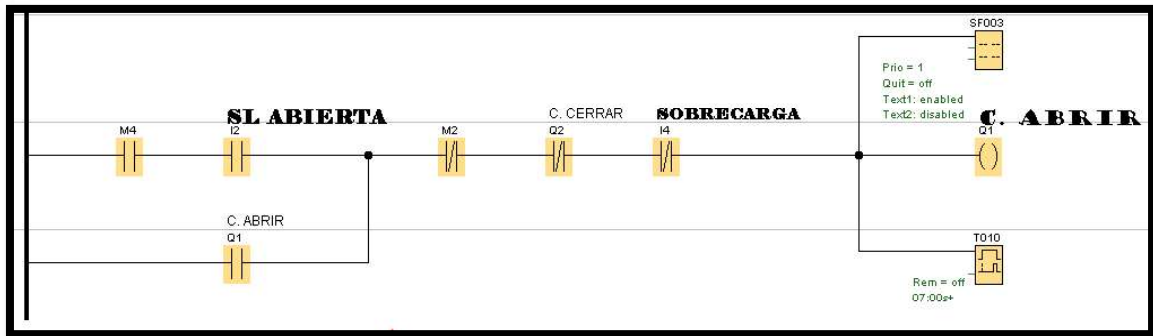
Esta sección, permite simular un sensor de fin de carrera, para activar la bobina (C. Cerrar) mediante la cual se puede poner fin al proceso de cerrar la puerta.



SEGMENTO 2:

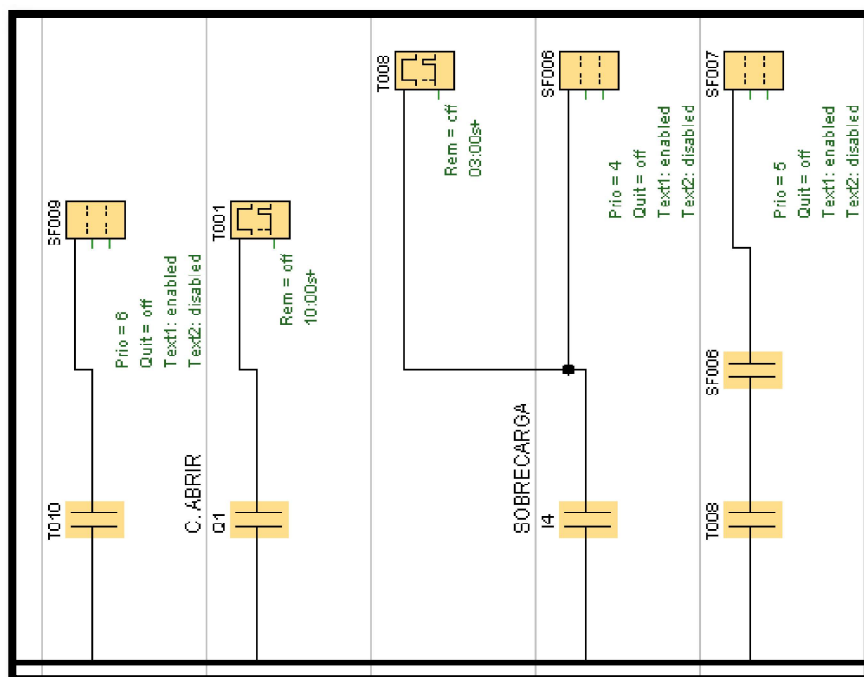
Permite simular un sensor de fin de carrera, para activar la bobina (C. Abrir), mediante la cual, se pondrá poner fin al proceso de abrir la puerta.

Adicionalmente, se agregó textos de aviso que se despliegan en la pantalla del LOGO! con el fin de verificar el proceso.



SEGMENTO 3:

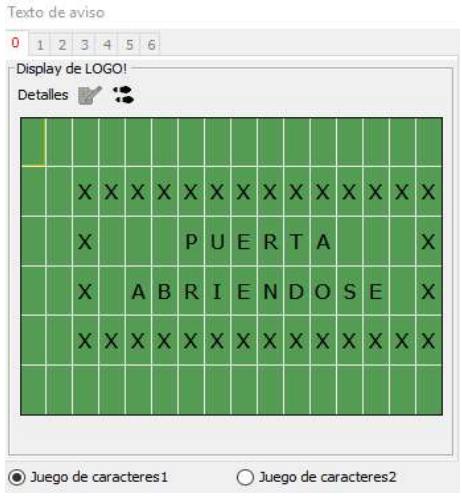
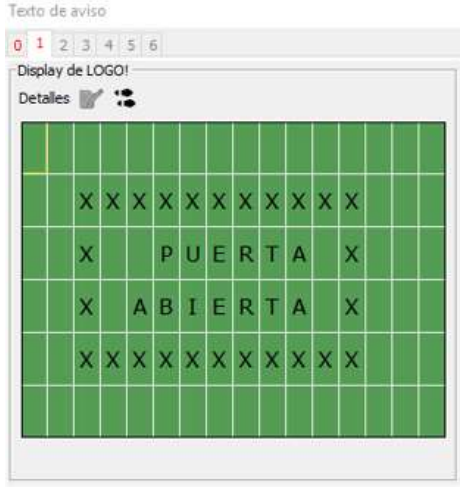
Permite desplegar textos de aviso en la pantalla del LOGO!, de tal manera que se pueda verificar el proceso, adicionalmente se activa un relé ON – DELAY para cerrar la puerta luego de 5 minutos, de manera automática en caso de que no se haya cerrado la puerta de manera manual.

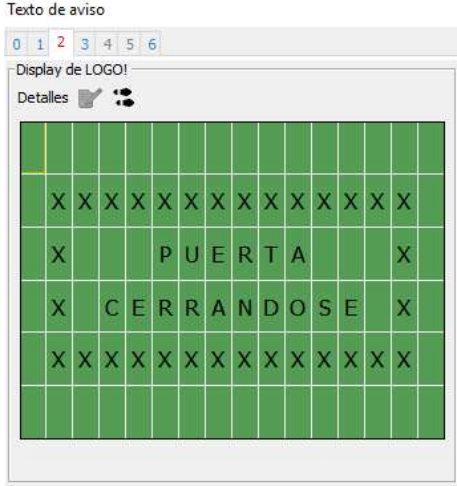
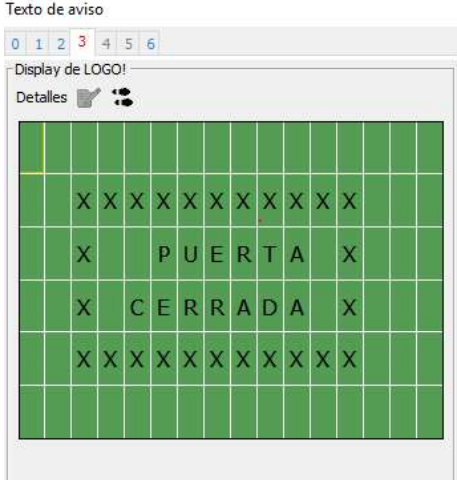



Para poder controlar, monitorear y visualizar de forma eficiente, se despliegan como textos de aviso en la pantalla del LOGO!, toda la información del proceso tal y como se muestra en la Tabla 3.18.

Cuando LOGO! está en modo **RUN**, esta función muestra textos de aviso y parámetros de otros bloques en el display integrado de LOGO!

Tabla 3.18 Textos de aviso (Práctica 2).

Descripción	Pantalla de textos de aviso
<p>La primera pantalla, permite visualizar que el proceso de apertura de la puerta ha dado inicio. La pantalla se mostrará en el LOGO! tal y como se muestra en la figura.</p>	
<p>En la segunda pantalla, permite visualizar, que la puerta se ha abierto en su totalidad. Aparece cuando el usuario activa el interruptor que simula el sensor de fin de carrera. La pantalla se mostrará en el LOGO! tal y como se muestra en la figura.</p>	

Descripción	Pantalla de textos de aviso
<p>La siguiente pantalla, permite visualizar que el proceso de cerrado de la puerta ha dado inicio.</p> <p>La pantalla se mostrará en el LOGO! tal y como se muestra en la figura.</p>	 <p>The screenshot shows a window titled 'Texto de aviso' with a numeric keypad (0-6) and a 'Detalles' button. The main display area shows a green grid with the following text:</p> <pre> X X X X X X X X X X X X X X P U E R T A X X C E R R A N D O S E X X X X X X X X X X X X X X </pre>
<p>En la siguiente pantalla, permite visualizar que la puerta se ha abierto en su totalidad.</p> <p>Aparece cuando el usuario active el interruptor que simula el sensor de fin de carrera.</p> <p>La pantalla se mostrará en el LOGO! tal y como se muestra en la figura.</p>	 <p>The screenshot shows a window titled 'Texto de aviso' with a numeric keypad (0-6) and a 'Detalles' button. The main display area shows a green grid with the following text:</p> <pre> X X X X X X X X X X X X P U E R T A X X C E R R A D A X X X X X X X X X X X X </pre>
<p>La siguiente pantalla, permite visualizar y evidenciar, que se ha causado una sobrecarga en el sistema.</p> <p>Aparecerá cuando el usuario active el interruptor que simula la sobrecarga.</p> <p>La pantalla se mostrará en el LOGO! tal y como se muestra en la figura.</p>	 <p>The screenshot shows a window titled 'Texto de aviso' with a numeric keypad (0-6) and a 'Detalles' button. The main display area shows a green grid with the following text:</p> <pre> X X X X X X X X X X X X X X P E L I G R O X X S O B R E C A R G A X X X X X X X X X X X X X X </pre>

Práctica N° 3

1. TEMA : TEMPORIZADORES Y CONTADORES

1. OBJETIVOS

1.1. Conocer los diferentes tipos de temporizadores y las formas de operación de los mismos.

1.2. Familiarizar al estudiante con las funciones de temporización y de contadores disponibles en el módulo programable LOGO!.

2. INFORMACIÓN

Los temporizadores o relés de tiempo, son dispositivos que permiten la automatización, en función del tiempo, de una gran variedad de circuitos de control. Mediante estos dispositivos se pueden activar o desactivar los elementos principales de maniobra (contactores por ejemplo) con tiempos previamente ajustados, que pueden ir desde fracciones de segundo hasta varias horas.

Las formas de operación estándar de los temporizadores son las siguientes: ON DELAY (retardo a la conexión), OFF DELAY (retardo a la desconexión), PULSO o IMPULSO y la operación CÍCLICA o INTERMITENTE.

Los contadores son dispositivos de control que generan una salida (ON/OFF), luego de hacer una comparación entre el número de pulsos ingresados a su entrada y un número referencial previamente establecido.

Si bien existen aún temporizadores y contadores como elementos físicos en un tablero de control, la tendencia actual es utilizar bloques digitales que realizan la misma función y que vienen incluidos en el software de los PLC's, con mejores prestaciones y sin limitaciones de número.

3. TRABAJO PREPARATORIO

3.1. Con base a las ayudas de LOGO!, verificar mediante un diseño sencillo, la forma de operación de los distintos temporizadores descritos en el numeral 3, así como el funcionamiento del contador adelante/atrás. Presentar impresos los circuitos utilizados para evidenciar su trabajo.

3.2. Mediante el software LOGO! Soft Comfort, diseñar un relé cíclico utilizando temporizadores ON DELAY y OFF DELAY para los tiempos de operación y descanso.

Utilice un interruptor para controlar el funcionamiento.

3.3. Realizar un diagrama de tiempos para ilustrar el funcionamiento de todos los elementos utilizados en el diseño del numeral 3.2.

4. EQUIPO Y MATERIALES

- Módulo de trabajo con elementos electromecánicos, disponible en el laboratorio.
- Relé lógico programable LOGO!, disponible en el laboratorio.

5. PROCEDIMIENTO

5.1. Utilizando el software LOGO! Soft Comfort, el instructor conjuntamente con los estudiantes, realizará una aplicación sencilla para ilustrar el funcionamiento de los temporizadores y las diferentes contingencias en la operación.

5.2. En base al numeral 5.1, se integrarán los bloques contador y texto de aviso para complementar la aplicación.

5.3. Descargar al módulo programable LOGO! el programa de control solicitado en el numeral 5.2 del trabajo preparatorio y verificar su funcionamiento.

5.4. Con ayuda del instructor, diseñar el circuito con el que se pueda cambiar los tiempos de funcionamiento del relé cíclico mediante pulsantes.

6. INFORME

6.1. Investigar sobre otros tipos de temporizadores disponibles en el software LOGO!, realizar una aplicación sencilla. Presentar impresos los circuitos utilizados para evidenciar su trabajo.

6.2. Diseñar un tablero marcador para un partido de ecuavoley, entre dos equipos A y B bajo las siguientes condiciones:

a. Mediante un selector de tres posiciones Sc, el juez puede seleccionar qué equipo tiene la batida: Equipo A; juego en pausa; Equipo B, que además sirve para la asignación de puntaje. Asociar una luz piloto H1 - H2 - H3 a las salidas Q1 para el equipo A; Q2 para el equipo B y Q3 para juego en pausa, respectivamente. Incluir un texto de aviso para señalar que equipo tiene la batida.

b. Mediante pulsadores independientes Paum – Pdism, se puede aumentar o disminuir los puntos de los equipos. Para adjudicar los puntos a un equipo, el selector debe estar

colocado en la posición del equipo que tiene el derecho. El marcador se muestra en un texto de aviso.

c. Cuando cualquiera de los dos equipos alcance los 15 puntos todo el tablero se bloquea y no se podrá modificar los contadores. Mediante un texto de aviso se proclama el ganador y se muestran los puntos de cada participante.

d. Mediante un interruptor de seguridad se desbloquea el tablero y utilizando un pulsante se resetean los marcadores para comenzar otro conteo.

e. Añadir cualquier otra función al tablero que mejore su funcionamiento.

Presentar:

- Diagrama de conexiones de entradas y salidas al módulo programable.
- Tabla con la lista de todas las variables y su función.
- Circuito de control impreso utilizando la opción de guardar en formato PDF disponible en el software de LOGO!
- El programa grabado en una memoria flash para verificar el funcionamiento en el laboratorio.

6.3. Comentarios y sugerencias sobre el cumplimiento de los objetivos propuestos en la práctica.

6.4. Conclusiones y recomendaciones.

6.5. Bibliografía.

Programación en LOGO! Soft Comfort

Las variables de programación para este circuito se expresan en la Tabla 3.19.

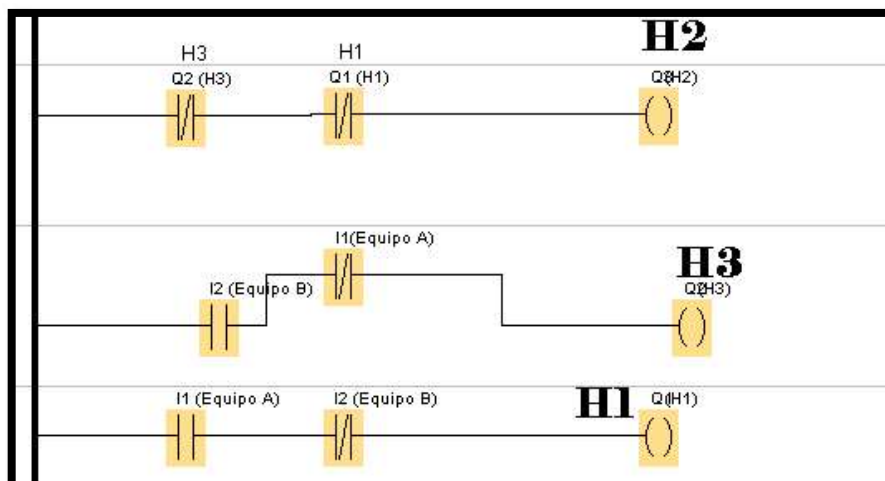
Tabla 3.19 Variables del control para el tablero de ecuavoley.

Variable	Tipo de señal	Asignación del bloque	Función
P AUM	Señal Digital	I1	Aumentar los puntos del equipo A.
P DISM	Señal Digital	I2	Aumentar los puntos del equipo A.
RESETEO	Señal Digital	I3	Resetear el sistema.
EQUIPO A	Señal Digital	I5	Asignar la batida al equipo A.
EQUIPO B	Señal Digital	I6	Asigna la batida al equipo B.
INT SEGURIDAD	Señal Digital	I7	Bloquear el sistema.
H1	Señal Digital	Q1	Equipo B.
H2	Señal Digital	Q2	Juego en pausa.
H3	Señal Digital	Q3	Equipo A.

CIRCUITO DE CONTROL.

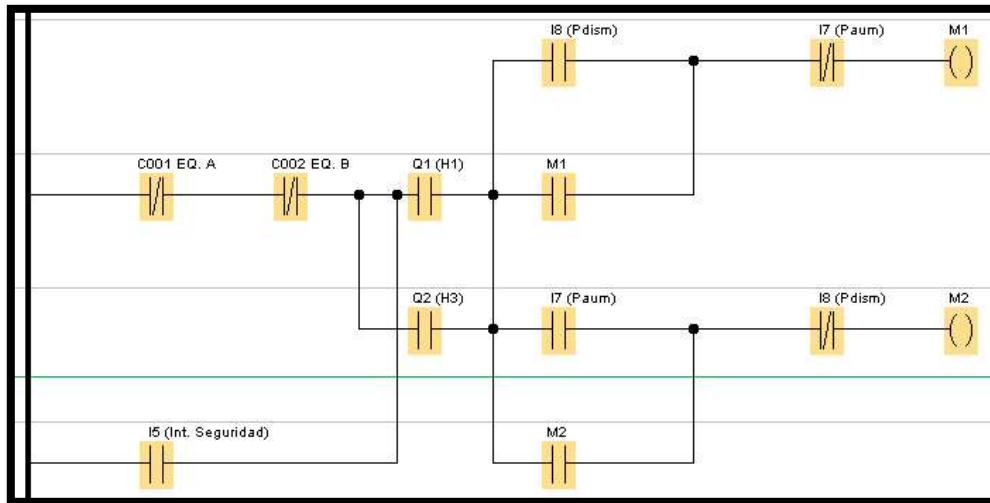
SEGMENTO 1

Permite activar las luces piloto asociadas a las salidas; Q1, Q2 y Q3 del LOGO!.



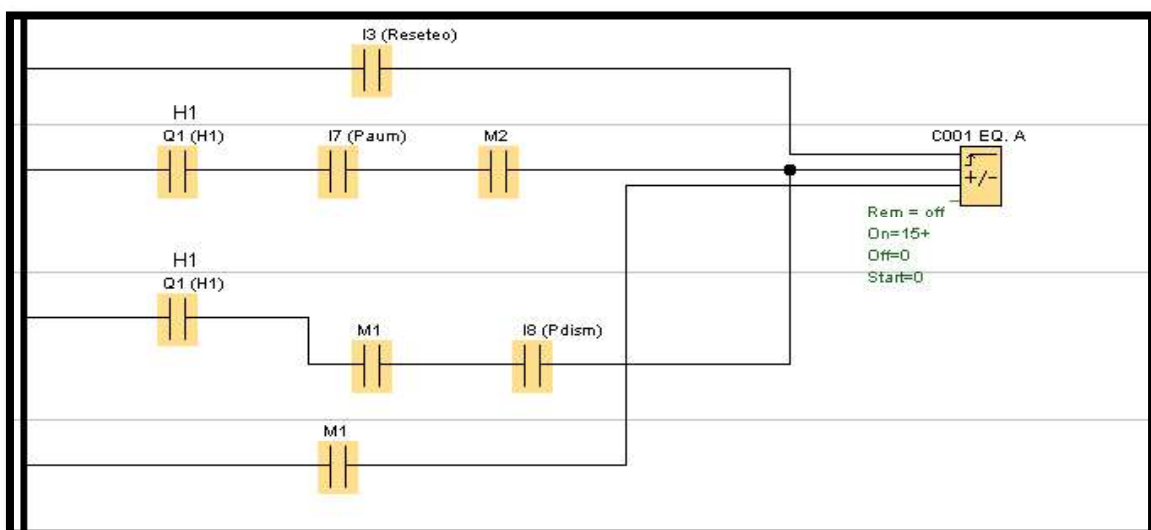
SEGMENTO 2:

Permite activar dos bobinas auxiliares (M1 y M2), que ayudan a enviar señales de control para que el contactor pueda activarse, mediante el pulsador (Paum), de tal manera que se pueda agregar puntos al equipo que se haya seleccionado con anterioridad. Los puntos se agregan mediante un contador “adelante/atrás” el cual se detalla más adelante.



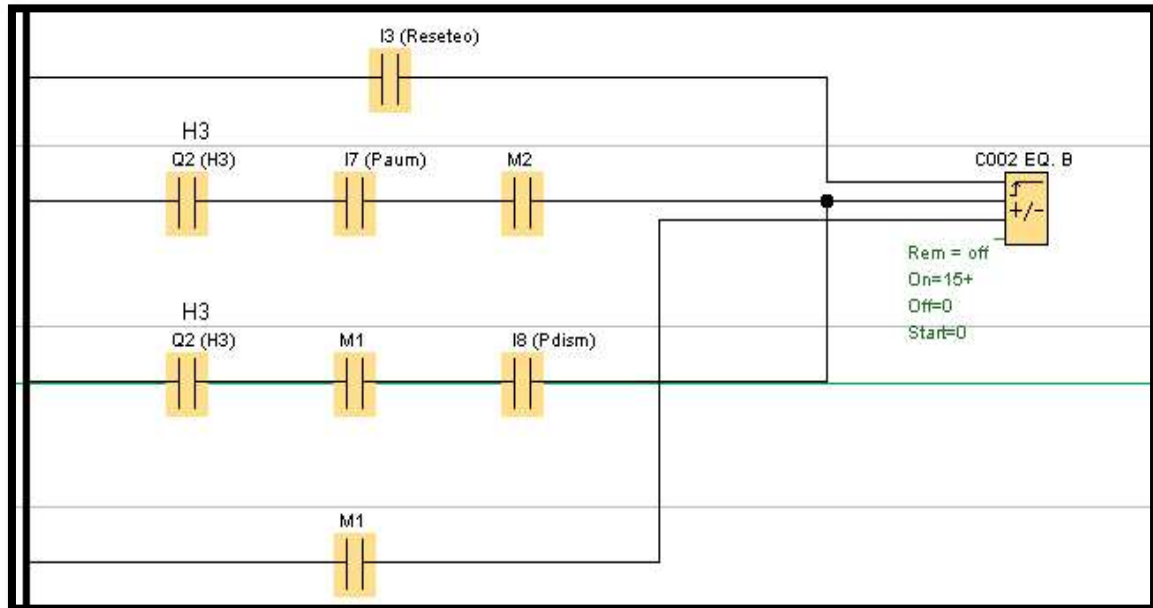
SEGMENTO 3:

Permite realizar el conteo ascendente mediante el bloque (C001 EQ. A), de tal manera que mediante el pulsador (Paum), se agregará puntos al equipo beneficiado. Cada pulso significará un punto, además, esta sección permite resetear el marcador mediante el pulsador de (Reseteo) ubicado en la entrada (I3) del LOGO!, para dar inicio a un nuevo juego y por ende reiniciar el conteo del marcador.



SEGMENTO 4:

Permite realizar el conteo descendente mediante el bloque; (C001 EA. A), de tal manera que mediante el pulsador (Pdism), se quitan puntos al equipo perjudicado. Según la parametrización, un impulso de entrada incrementa o decrementa un valor de contaje interno. Además, permite resetear el marcador mediante el pulsador de (Reseteo) ubicado en la entrada (I3) del LOGO!.

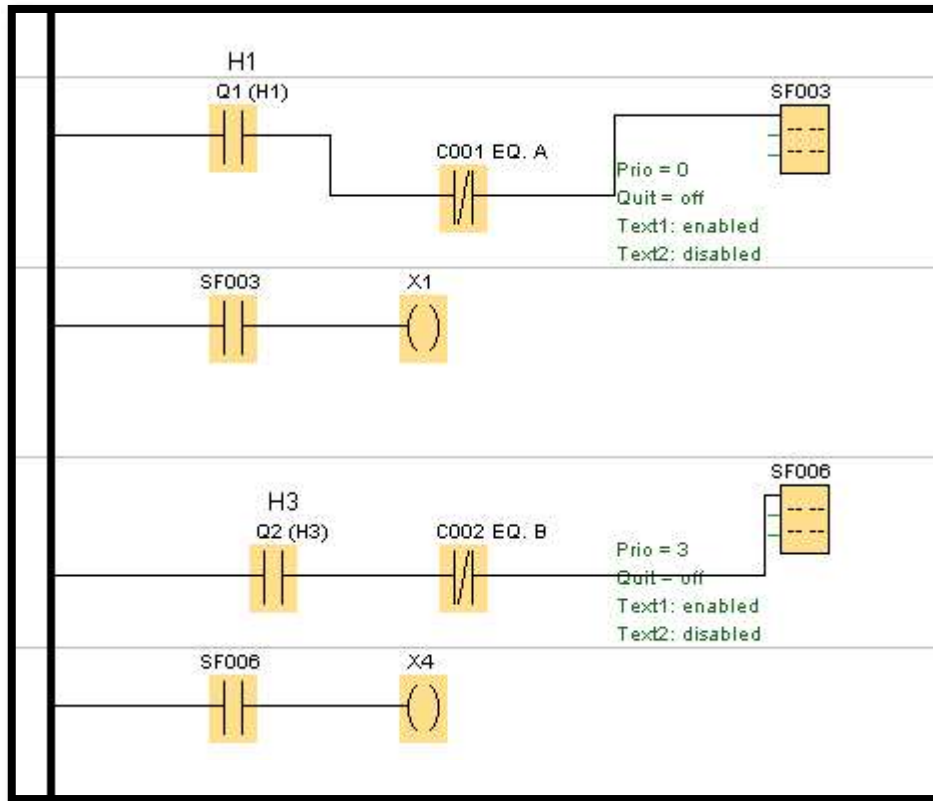


SEGMENTO 5:

Permite desplegar los textos de aviso en el display del LOGO! para informar detalladamente cómo se está llevando el proceso en tiempo real, de la misma manera, se programan bobinas auxiliares de tipo “conector abierto”, por ejemplo (X1, X2, X3, X4... etc), estas bobinas son de gran utilidad ya que permiten que el programa o el circuito se transfiera del PC hacia el LOGO! sin errores, ya que suele suceder muchas veces que por no colocar estas bobinas auxiliares conjuntamente con los textos de aviso, automáticamente el programa no se transferirá al LOGO!.

Si al escribir un programa se produce un corte de alimentación, el programa del LOGO! se borrará al restablecerse la alimentación.

Por consiguiente es necesario es necesario realizar una copia de seguridad del programa adicional en el módulo de programa (Carf) o en un ordenador que contenga el software LOGO! Soft Comfort antes de modifica el programa.






Para poder controlar, monitorear y visualizar de forma eficiente, se despliegan como textos de aviso en la pantalla del LOGO!, toda la información del proceso en tiempo real, tal y como se muestra en la Tabla 3.20.

Cuando LOGO! está en modo **RUN**, esta función muestra textos de aviso y parámetros de otros bloques en el display integrado de LOGO!.

EL programa se transmite al dispositivo desde LOGO! Soft Comfort o desde otros dispositivos LOGO!.

Tabla 3.20 Textos de aviso (Práctica 3).

Descripción	Pantalla de texto de aviso
<p>La primera pantalla, permite visualizar que el juego aún no ha dado inicio o que está pausado. La pantalla se mostrará en el LOGO! tal y como se muestra en la figura.</p>	 <p>The screenshot shows a window titled 'Texto de aviso' with a toolbar containing buttons for '0', '1', '2', '3', and '4'. Below the toolbar is a 'Display de LOGO!' section with a 'Detalles' button. The main display area is a green grid containing the text: 'JUEGO', 'PAUSADO', 'REGRESAMOS EN', and 'UN INSTANTE :)'.</p>
<p>La segunda pantalla, permite visualizar qué equipo tiene la batida, esto es posible mediante la manipulación manual del interruptor de tres posiciones, presente en las entradas (I1 e I2) del Logo. La pantalla se mostrará en el LOGO! tal y como se muestra en la figura.</p>	 <p>The screenshot shows a window titled 'Texto de aviso' with a toolbar containing buttons for '0', '1', '2', '3', and '4'. Below the toolbar is a 'Display de LOGO!' section with a 'Detalles' button. The main display area is a green grid containing the text: 'EQUIPO A: 0', 'EQUIPO B: 0', 'EL EQUIPO A', and 'TIENE LA BATIDA'.</p>
<p>Las siguiente pantalla, permite visualizar al ganador de la partida, ya sea el equipo A, o el equipo B; según sea el caso. La pantalla se mostrará en el LOGO! tal y como se muestra en la figura.</p>	 <p>The screenshot shows a window titled 'Texto de aviso' with a toolbar containing buttons for '0', '1', '2', '3', and '4'. Below the toolbar is a 'Display de LOGO!' section with a 'Detalles' button. The main display area is a green grid containing the text: 'EL EQUIPO B', 'ES EL GANADOR', '¡FELICIDADES!', 'EQUIPO A: 0', and 'EQUIPO B: 15'.</p>

En el presente bloque se realizan las respectivas pruebas, tanto eléctricas como mecánicas y de comunicación a cada uno de los módulos educaciones, con el fin de descartar posibles fallas en las partes componentes del sistema modular. La hoja del check list de todos los elementos que conforman cada uno de los módulos educacionales se encuentran en el ANEXO D.

3.7. Pruebas

Con el fin de verificar que las conexiones realizadas de todos los dispositivos del módulo didáctico se encuentran en perfecto estado, es necesario realizar pruebas tanto eléctricas como de comunicación de todos los elementos instalados.

Las pruebas a realizar en este bloque se detallan en la Tabla 3.21.

Tabla 3.21 Pruebas de funcionamiento.

Prueba N ° 1	Prueba del LOGO!
Prueba N ° 2	Prueba de los elementos de mando.
Prueba N ° 3	Prueba de los actuadores.
Prueba N ° 4	Prueba de los actuadores de potencia.
Prueba N ° 5	Prueba de las protecciones eléctricas.
Prueba N ° 6	Pruebas de comunicación.

- **Prueba del LOGO!**

Para la realización de esta prueba se toman en cuenta todas las entradas del LOGO! (tanto pulsadores como selectores) para seguidamente activar sus cuatro salidas (Q1, Q2, Q3 y Q4). Esta prueba se realiza con la ayuda de las luces piloto, de tal manera que se pueda evidenciar visualmente la activación de todas las salidas del LOGO!, comprobando de esta manera su correcto funcionamiento. En las Tablas 3.22 y 3.23 se evidencia los resultados obtenidos.

Tabla 3.22 Check List LOGO! Siemens (MESA 3)

Entradas digitales	Pulsador "I1"	Aprobado
	Pulsador "I2"	Aprobado
	Pulsador "I3"	Aprobado
	Pulsador "I4"	Aprobado
	Interruptor "I5"	Aprobado
	Interruptor "I6"	Aprobado
	Interruptor "I7"	Aprobado
	Interruptor "I8"	Aprobado
Salidas digitales	Tipo relé "Q1"	Aprobado
	Tipo relé "Q1"	Aprobado
	Tipo relé "Q1"	Aprobado
	Tipo relé "Q1"	Aprobado

Tabla 3.23 Check List LOGO! Siemens (MESA 4)

Entradas digitales	Pulsador "I1"	Aprobado
	Pulsador "I2"	Aprobado
	Pulsador "I3"	Aprobado
	Pulsador "I4"	Aprobado
	Interruptor "I5"	Aprobado
	Interruptor "I6"	Aprobado
	Interruptor "I7"	Aprobado
	Interruptor "I8"	Aprobado
Salidas digitales	Tipo relé "Q1"	Aprobado
	Tipo relé "Q1"	Aprobado
	Tipo relé "Q1"	Aprobado
	Tipo relé "Q1"	Aprobado

En la Figura 3.52, se muestra la prueba de funcionamiento de los interruptores del LOGO!, correspondientes a las entradas (15, 16, 17, 18).

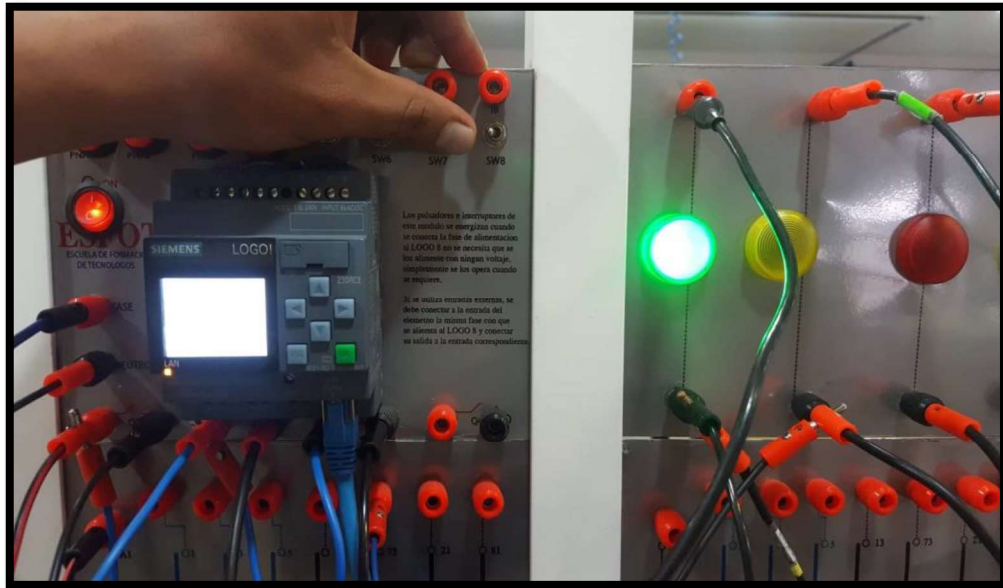


Figura 3.52 Pruebas de funcionamiento del LOGO!

En la Figura 3.53, se puede observar la puesta a prueba de los pulsadores del LOGO! correspondientes a las entradas (11, 12, 13, 14).



Figura 3.53 Pruebas del LOGO!

- **Prueba de los elementos de mando**

Se procede a realizar las pruebas de funcionamiento de las placas de selectores de cada uno de los módulos respectivamente, los resultados de estas pruebas evidencian en las Tablas 3.24 y 3.25.

Tabla 3.24 Check list – Selectores (Mesa 3).

Selector 1 (3 posiciones)	Modo off	Aprobado
	Modo 1	Aprobado
	Modo 2	Aprobado
Selector 2 (3 posiciones)	Modo off	Aprobado
	Modo 1	Aprobado
	Modo 2	Aprobado

Tabla 3.25 Check list – Selectores (Mesa 4).

Selector 1 (3 posiciones)	Modo off	Aprobado
	Modo 1	Aprobado
	Modo 2	Aprobado
Selector 2 (3 posiciones)	Modo off	Aprobado
	Modo 1	Aprobado
	Modo 2	Aprobado

Durante esta comprobación, se ponen a prueba los contactos de cada selector, para corroborar el cierre de los contactos se utilizan luces piloto de tal manera que se pueda evidenciar visualmente su funcionamiento. En la Figura 3.54 se observa el proceso.

Los selectores instalados también presentan las siguientes características:

- Adecuados para utilizar en ambientes extremos.
- No se requiere herramientas especiales.
- Fabricados en metales reales y en plásticos de alto grado [4].

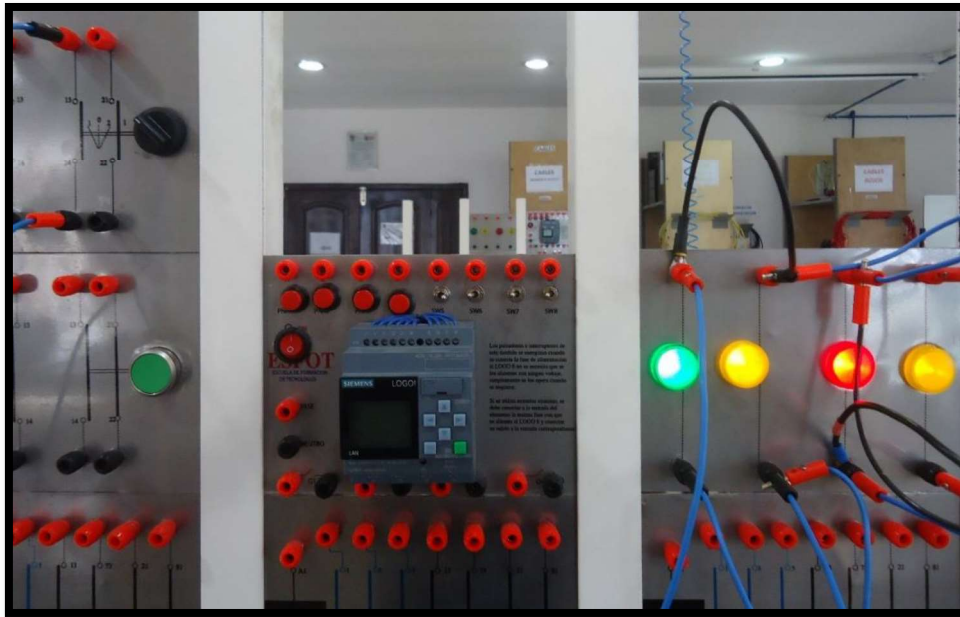


Figura 3.54 Pruebas de funcionamiento de los selectores.

A continuación en las Tablas 3.26 y 3.27, se muestra el resultado del check list de las placas de los pulsadores:

Tabla 3.26 Check list – Pulsadores (Mesa 3).

Pulsador 1	Contacto NC	Aprobado
	Contacto NA	Aprobado
Pulsador 2	Contacto NC	Aprobado
	Contacto NA	Aprobado

Tabla 3.27 Check list – Pulsadores (Mesa 4).

Pulsador 1	Contacto NC	Aprobado
	Contacto NA	Aprobado
Pulsador 2	Contacto NC	Aprobado
	Contacto NA	Aprobado

Durante esta comprobación, se ponen a prueba los contactos de cada pulsador NA y NC respectivamente, para corroborar el cierre de los contactos se utilizan luces piloto de tal manera que se pueda evidenciar y visualizar su funcionamiento. Tal como se puede ver en la Figura 3.55.

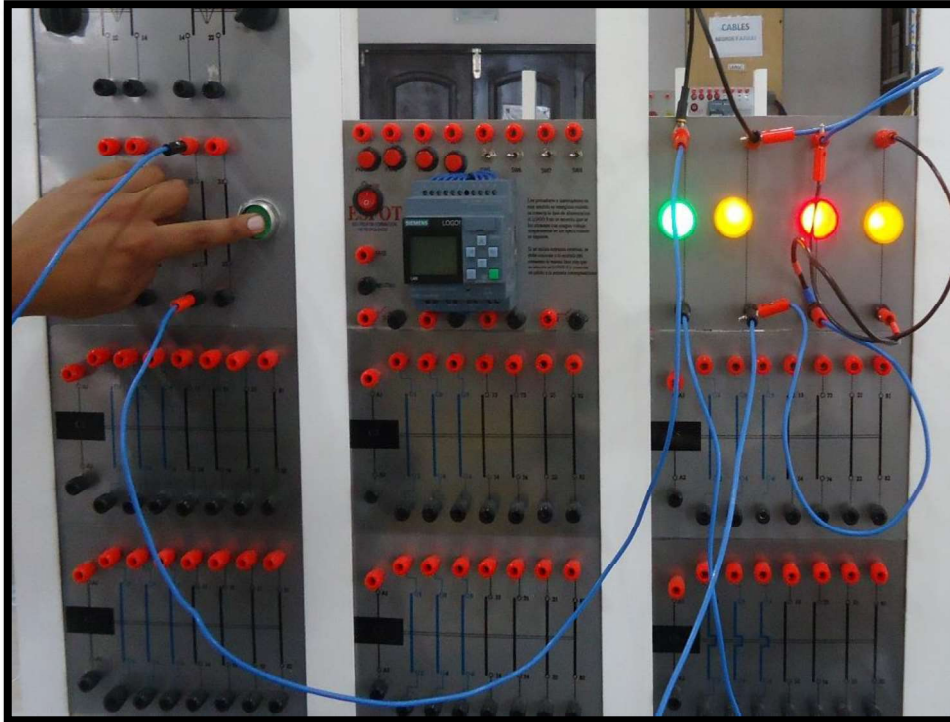


Figura 3.55 Pruebas de funcionamiento de los pulsadores.

- **Prueba de los actuadores.**

El resultado del check list de la placa de las luces piloto se evidencia en las Tablas 3.28 y 3.29 respectivamente.

Tabla 3.28 Check list – Luces piloto (Mesa 3).

Luz amarilla	Aprobado
Luz verde	Aprobado
Luz roja	Aprobado
Luz amarilla 2	Aprobado

Tabla 3.29 Check list – Luces piloto (Mesa 4).

Luz amarilla	Aprobado
Luz verde	Aprobado
Luz roja	Aprobado
Luz amarilla 2	Aprobado

Se ponen a prueba cada una de las luces piloto, activándolas mediante los pulsadores o selectores. Su funcionamiento se puede corroborar en la Figura 3.56.

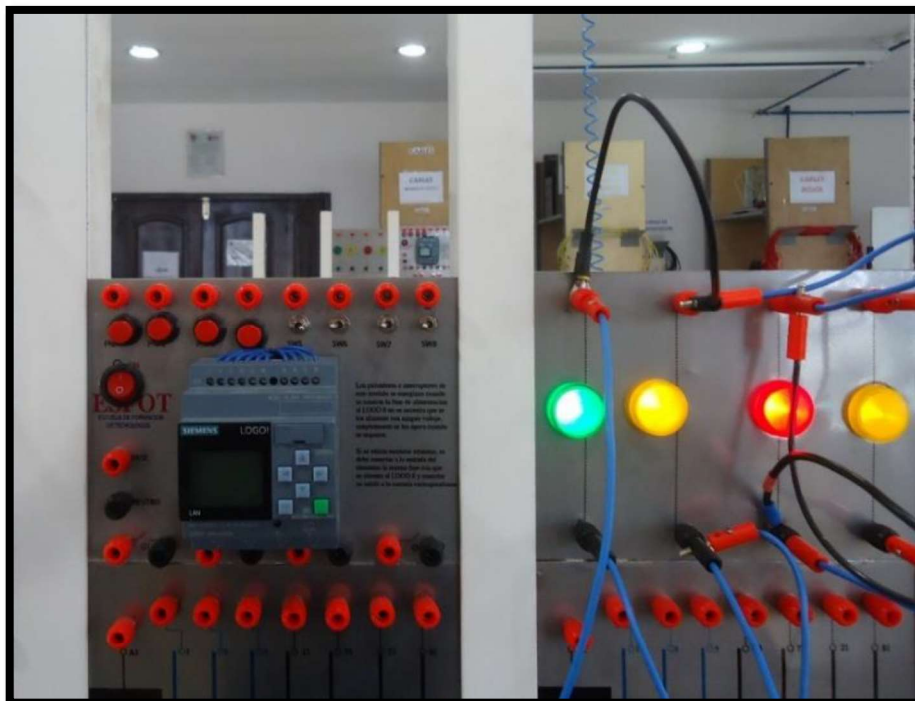


Figura 3.56 Pruebas de funcionamiento de los pulsadores.

- **Prueba de los actuadores de potencia**

Para esta prueba, se toma en cuenta todos los actuadores que son los dispositivos que siguen las órdenes del controlador LOGO!, tales como: contactores y motores. Estos elementos son los encargados de transformar las señales de control, en esfuerzos de potencia. El resultado del check list de los contactores se evidencia en la Tabla 3.30 y 3.31.

Tabla 3.30 Check list – Contactores (Mesa 3).

Tipo	Descripción	Estado
Contactador 1	Contactos principales (1-2) (3-4) (5-6)	Aprobado
	Contactos secundarios (13-14) (73-74) (21-22) (81-82)	Aprobado
Contactador 2	Contactos principales (1-2) (3-4) (5-6)	Aprobado
	Contactos secundarios (13-14) (73-74) (21-22) (81-82)	Aprobado
Contactador 3	Contactos principales (1-2) (3-4) (5-6)	Aprobado
	Contactos secundarios (13-14) (73-74) (21-22) (81-82)	Aprobado
Contactador 4	Contactos principales (1-2) (3-4) (5-6)	Aprobado
	Contactos secundarios (13-14) (73-74) (21-22) (81-82)	Aprobado
Contactador 5	Contactos principales (1-2) (3-4) (5-6)	Aprobado
	Contactos secundarios (13-14) (73-74) (21-22) (81-82)	Aprobado
Contactador 6	Contactos principales (1-2) (3-4) (5-6)	Aprobado
	Contactos secundarios (13-14) (73-74) (21-22) (81-82)	Aprobado

Tabla 3.31 Check list - Contactores (Mesa 4).

Tipo	Descripción	Estado
Contactador 1	Contactos principales (1-2) (3-4) (5-6)	Aprobado
	Contactos secundarios (13-14) (73-74) (21-22) (81-82)	Aprobado
Contactador 2	Contactos principales (1-2) (3-4) (5-6)	Aprobado
	Contactos secundarios (13-14) (73-74) (21-22) (81-82)	Aprobado
Contactador 3	Contactos principales (1-2) (3-4) (5-6)	Aprobado
	Contactos secundarios (13-14) (73-74) (21-22) (81-82)	Aprobado
Contactador 4	Contactos principales (1-2) (3-4) (5-6)	Aprobado
	Contactos secundarios (13-14) (73-74) (21-22) (81-82)	Aprobado
Contactador 5	Contactos principales (1-2) (3-4) (5-6)	Aprobado
	Contactos secundarios (13-14) (73-74) (21-22) (81-82)	Aprobado
Contactador 6	Contactos principales (1-2) (3-4) (5-6)	Aprobado
	Contactos secundarios (13-14) (73-74) (21-22) (81-82)	Aprobado

La prueba de los contactores, se realiza uno por uno, energizando sus bobinas y con la ayuda de una luz piloto se evidencia el enclavamiento de sus contactos

(Se ponen a prueba todos los contactos tanto abiertos como cerrados). Tal y como se puede observar en la Figura 3.57 y 3.58, en donde, se efectúa la prueba de funcionamiento del contactor C3.

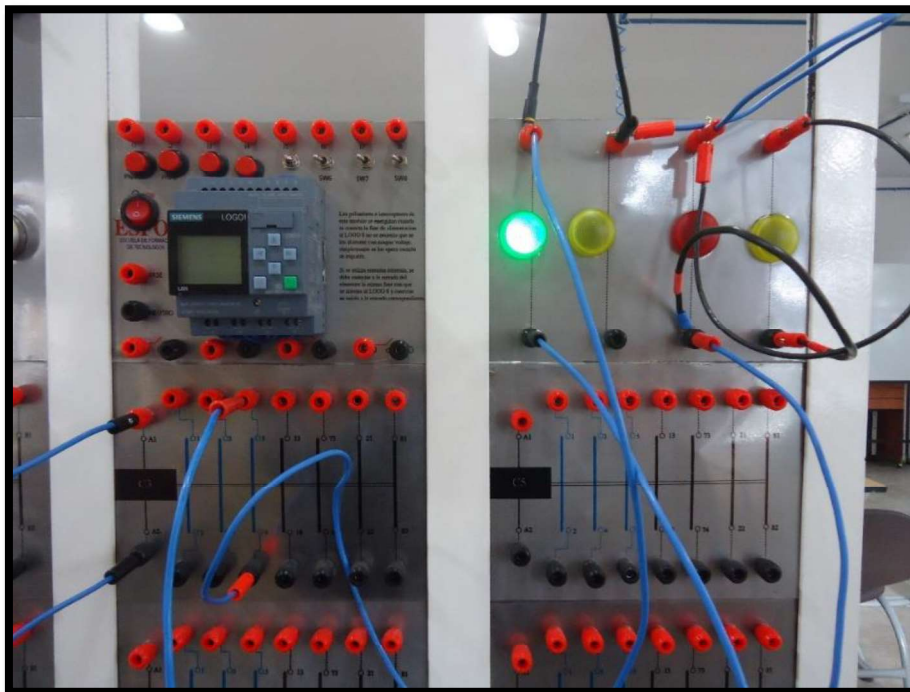


Figura 3.57 Prueba de funcionamiento del contactor C3.

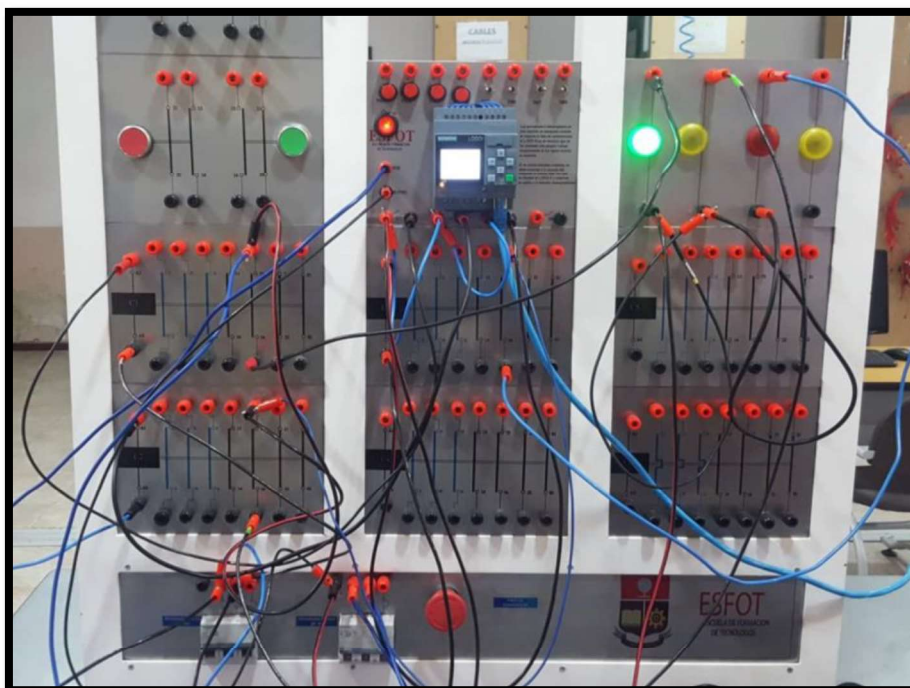


Figura 3.58 Prueba de funcionamiento de los contactores.

- **Prueba del circuito de protección**

Los resultados del check list de los dispositivos de protección se muestran en las Tablas 3.32 y 3.33 respectivamente.

Tabla 3.32 Check list - Protecciones eléctricas (Mesa 3).

Tipo	Descripción	Estado
Breaker tripolar 16C	Prueba de cortocircuito	Aprobado
Breaker tripolar 6C	Prueba de cortocircuito	Aprobado
Paro de emergencia	Pulsador	Aprobado

Tabla 3.33 Check list - Protecciones eléctricas (Mesa 4).

Tipo	Descripción	Estado
Breaker tripolar 16C	Prueba de cortocircuito	Aprobado
Breaker tripolar 6C	Prueba de cortocircuito	Aprobado
Paro de emergencia	Pulsador	Aprobado

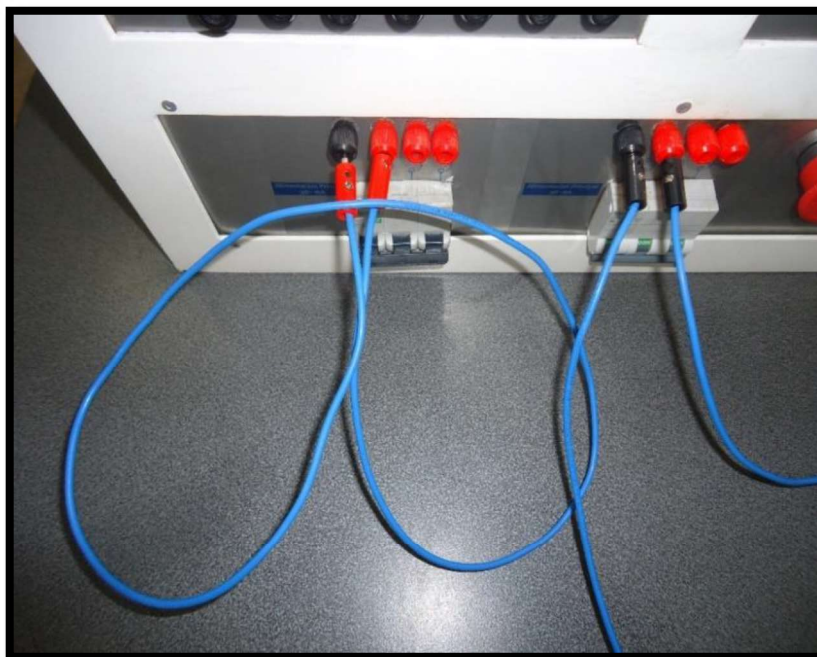


Figura 3.59 Prueba de cortocircuito (Fase - Neutro).

Se realizan pruebas de cortocircuito entre “fase y fase” y entre “fase y neutro”, en cada una de las protecciones, tanto del circuito de control como en el circuito de potencia, con el fin de verificar el poder de corte, y el tiempo de disparo en cada uno de los termomagnéticos de cada mesa, respectivamente.

La prueba de cortocircuito entre (fase – fase), se puede observar en la Figura 3.60.



Figura 3.60 Prueba de cortocircuito (Fase - Fase).

- **Pruebas de comunicación**

Esta prueba, se lleva a cabo con el fin de establecer una comunicación entre el LOGO! Siemens y el PC y viceversa, de tal manera, que se pueda transferir los programas realizados en LOGO! Soft Comfort hacia el LOGO!, mediante conexión ethernet.

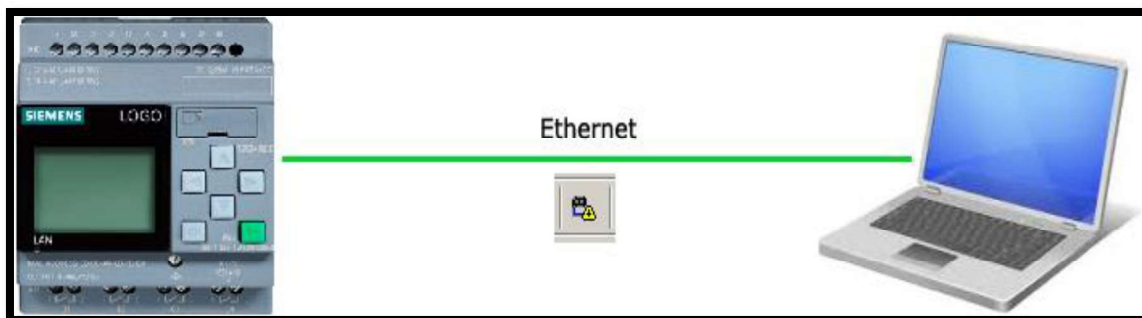


Figura 3.61 Conexión Ethernet.

La conexión entre el software LOGO! Soft Comfort y el LOGO!, resulta bastante sencilla una vez se han hecho las configuraciones básicas necesarias, que se detallan a continuación.

- Se cambia la configuración ingresando en las propiedades de red ethernet en el “Panel de Control” del PC.
- Luego se edita la dirección IP, la máscara de subred y la puerta de enlace predeterminada. Estos datos se obtienen directamente del LOGO!
- Una vez realizado esto, ya se puede transferir el programa al LOGO!, realizando una prueba de conexión entre el PC y el LOGO
- Finalmente, se puede transferir el programa directamente al LOGO!, tal y como se puede observar en la Figura 3.62.



Figura 3.62 Transferencia de datos entre el PC – LOGO!

3.8. Resultados

Al haber concluido las pruebas de funcionamiento, mediante los diferentes “check list” de cada uno de los circuitos que conforman los módulos, se establecen los siguientes resultados:

- **Funcionamiento del sistema de arranque (Estrella – Delta) de un motor trifásico de inducción**

En la Figura 3.63 en la siguiente página, se muestra la transferencia del programa realizado en LOGO! Soft Comfort, desde la PC hacia el LOGO!, e igualmente en la misma figura, se muestra las entradas I2 e I4 (pulsadores); I5, I6 e I7 (interruptores) del LOGO! por medio del PC. A continuación en la Tablas 3.34 y 3.35 se especifica las funciones que cumple cada entrada y cada salida del LOGO!.

Tabla 3.34 Función – Entradas LOGO! (Arranque Y Delta).

Entrada LOGO!	Función	Estado
I1	Pulsador de arranque	Aprobado
I4	Pulsador de paro	Aprobado
I5	Selector de giro horario	Aprobado
I6	Selector de giro anti-horario	Aprobado
I7	Simulación de sobrecarga	Aprobado

Tabla 3.35 Función – Salidas LOGO! (Arranque Y Delta).

Salida LOGO!	Función	Estado
Q1	Arranque en sentido horario	Aprobado
Q2	Arranque en sentido anti-horario	Aprobado
Q3	Conexión estrella	Aprobado
Q4	Conexión delta	Aprobado

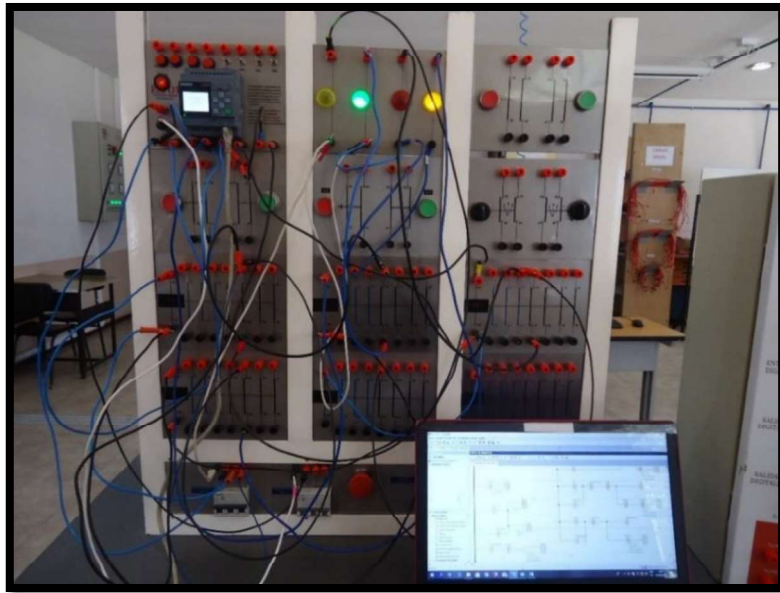


Figura 3.63 Transferencia del Programa (Estrella – Delta).

En la Figura 3.64, se ilustra el cableado del circuito de control conjuntamente con el circuito de potencia, también se hace uso de luces piloto para visualizar el enclavamiento de los contactores y constatar el sentido de giro durante el proceso de arranque del motor trifásico de inducción.

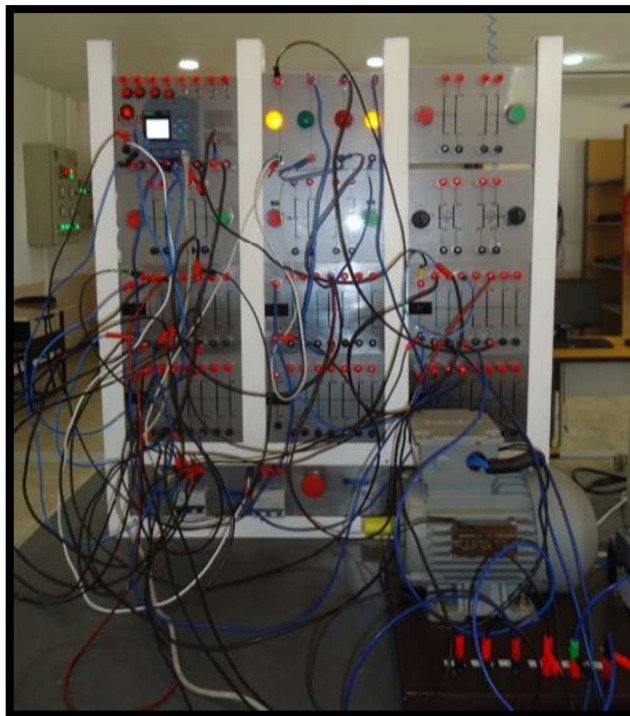


Figura 3.64 Cableado del circuito (Estrella - Delta).

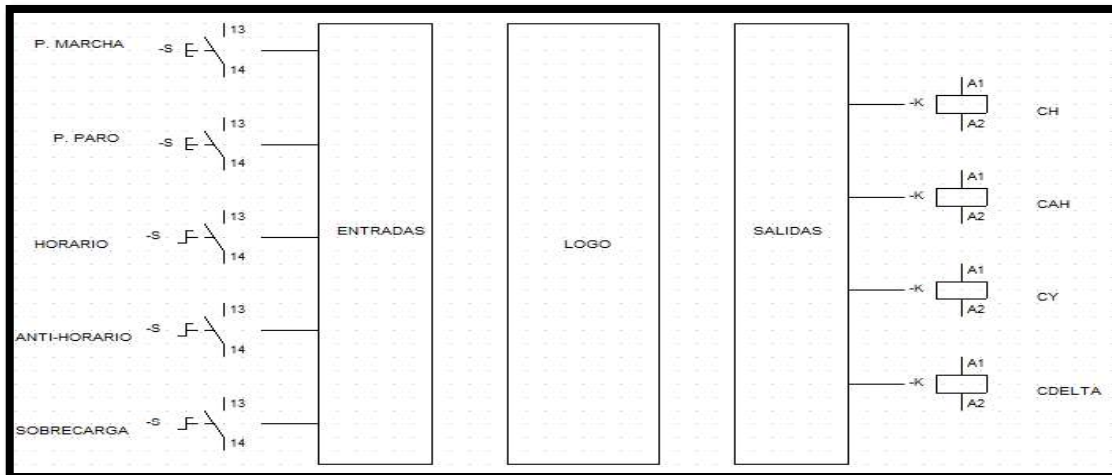


Figura 3.65 Diagrama de I/O del arranque (Estrella - Delta).

En las Figuras 3.65 y 3.66; se muestra el diagrama de entradas y salidas del LOGO! y el circuito de fuerza del motor trifásico de inducción.

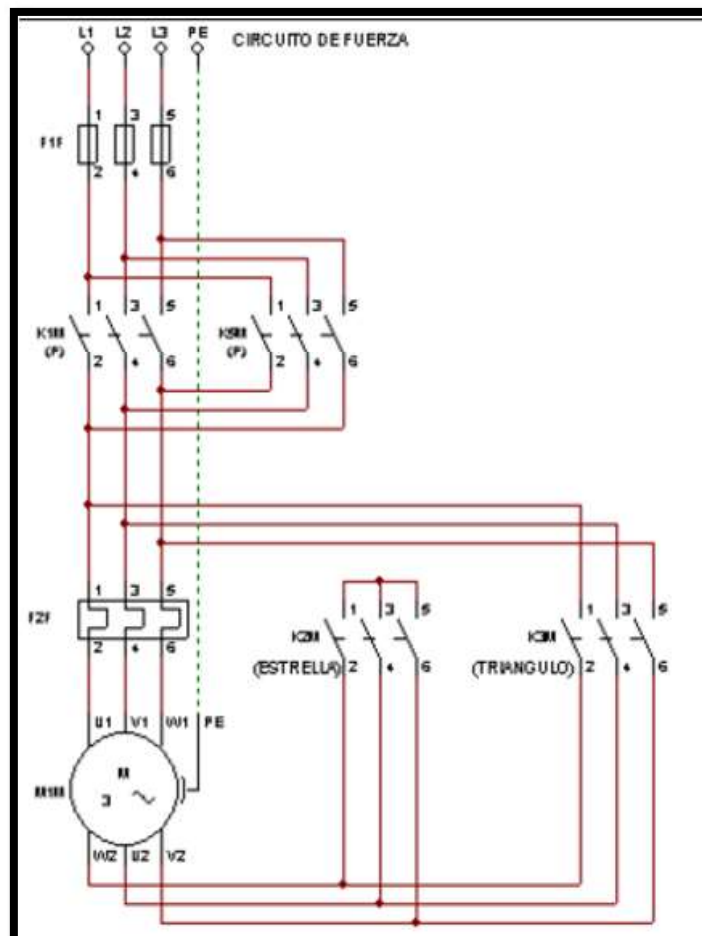


Figura 3.66 Circuito de fuerza del arranque (Estrella - Delta).

- **Funcionamiento del sistema de “Control de puertas”**

En la Figura 3.67 en la siguiente página, se puede observar el funcionamiento del circuito de potencia, simultáneamente con el circuito de control. El circuito de potencia funciona con un motor trifásico de inducción para simular la apertura y cierre de la puerta. El circuito de control, consta de luces piloto de tal manera que se pueda evidenciar el enclavamiento de los contactores que intervienen durante todo el proceso.

En la Tablas 3.36 y 3.37 se pueden observar las funciones que desempeña cada entrada y cada salida del LOGO! durante el proceso.

Tabla 3.36 Función – Entradas LOGO! (Control de puertas).

Entrada LOGO!	Función	Estado
I1	Pulsador de marcha	Aprobado
I2	Interruptor (fin de carrera) Puerta totalmente abierta.	Aprobado
I3	Interruptor (fin de carrera) Puerta totalmente cerrada.	Aprobado
I4	Simulación de sobrecarga.	Aprobado

Tabla 3.37 Función – Salidas LOGO! (Control de puertas).

Salida LOGO!	Función	Estado
Q1	Motor en sentido horario	Aprobado
Q2	Motor en sentido anti - horario	Aprobado

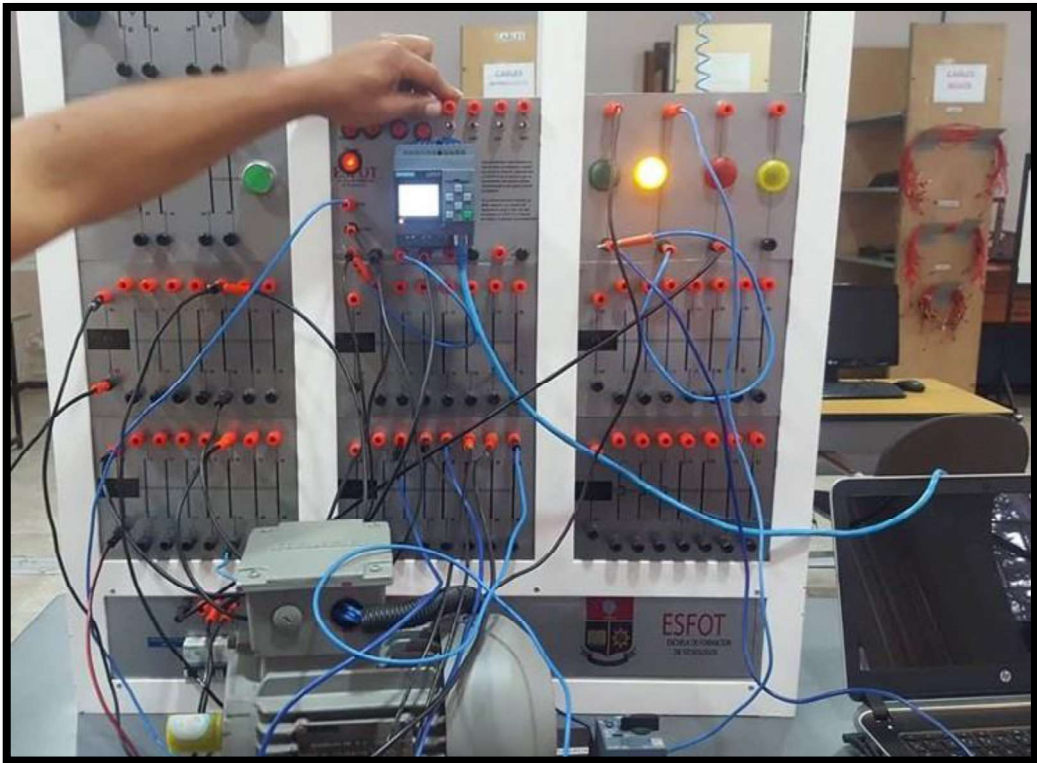


Figura 3.67 Circuito del sistema de Control de Puertas.

El diagrama de entradas y salidas (I/O) al LOGO! se detallan en la Figura 3.68.

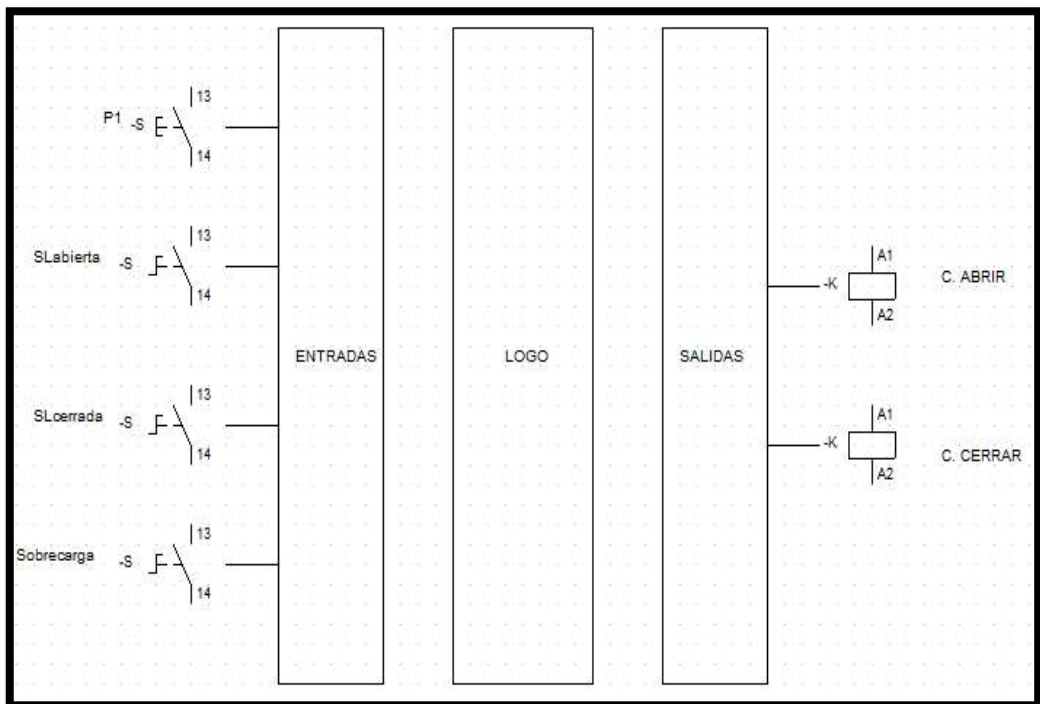


Figura 3.68 Diagrama de I/O del sistema de Control de Puertas.

La Figura 3.69 muestra el circuito de fuerza del motor trifásico de inducción.

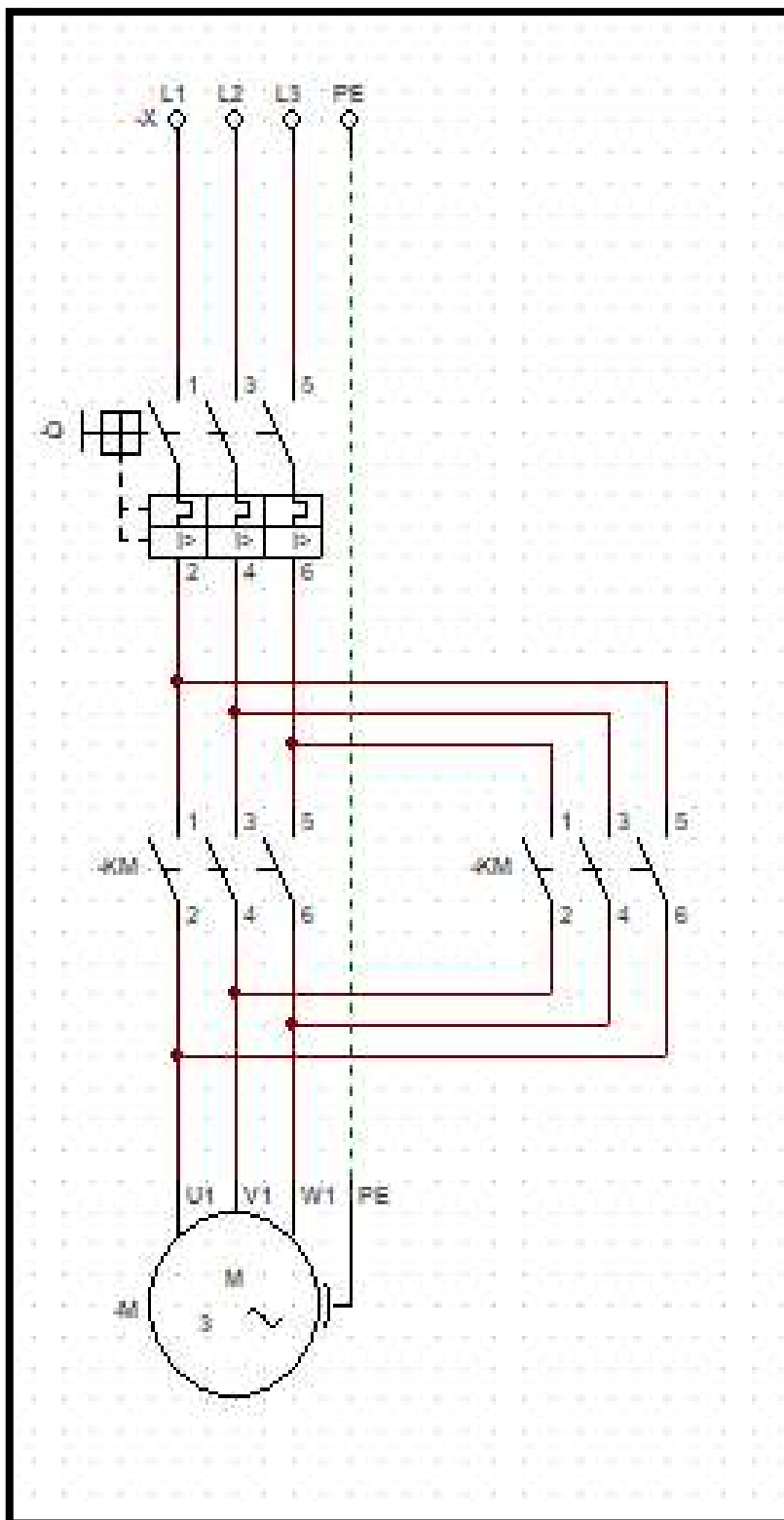


Figura 3.69 Circuito de fuerza del motor trifásico para el control de la puerta.

- **Funcionamiento del sistema de temporizadores y contadores**

En la Figura 3.70 en la siguiente página, se puede observar el funcionamiento tanto del circuito de control en conjunto con el circuito de potencia, para la simulación de un tablero electrónico de ecuavoley inteligente. Comprobando así que el sistema cumple con las especificaciones planteadas previamente. Las funciones que cumplen las entradas y salidas del LOGO! se pueden observar en la Tabla 3.38 y 3.39.

Tabla 3.38 Función - Entradas LOGO! (Temporizadores y contadores).

Entrada LOGO!	Función	Estado
I1	Pulsador para aumentar puntos.	Aprobado
I2	Pulsador para disminuir puntos.	Aprobado
I3	Resetear el sistema.	Aprobado
I5	Asignar la batida al equipo A.	Aprobado
I6	Asignar la batida al equipo B.	Aprobado
I7	Interruptor de seguridad.	Aprobado

Tabla 3.39 Función - Salidas LOGO! (Temporizadores y contadores).

Entrada LOGO!	Función	Estado
Q1	Encender la luz piloto H1, para indicar que el equipo B tiene la batida.	Aprobado
Q2	Encender la luz piloto H2, que indica que el juego está en pausa.	Aprobado
Q3	Encender la luz piloto H3, para indicar que el equipo B tiene la batida.	Aprobado

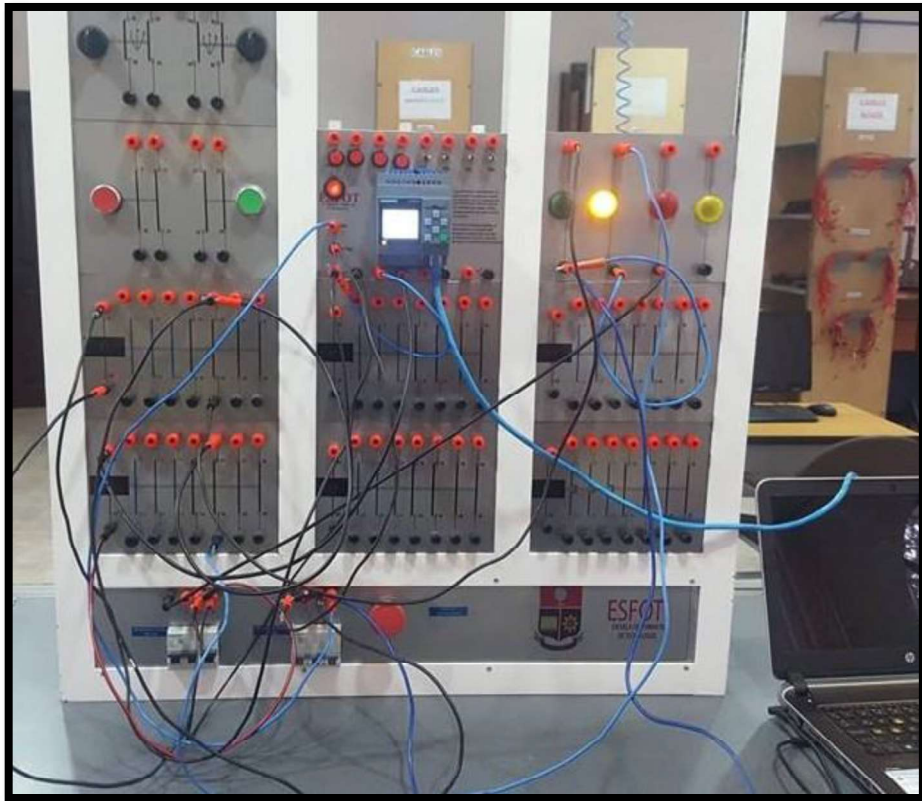


Figura 3.70 Circuito del sistema de Temporizadores y Contadores.

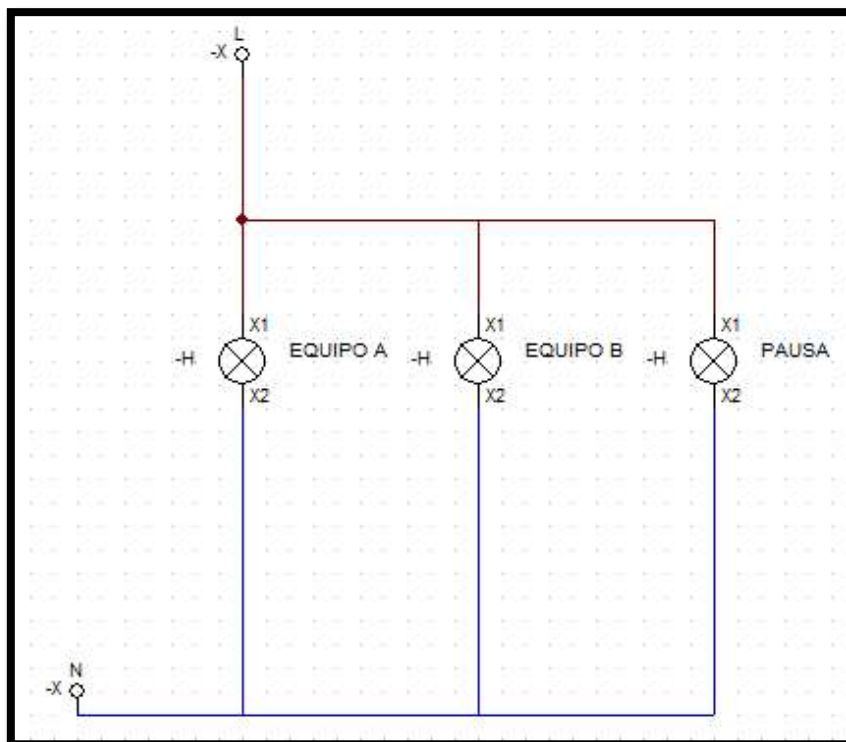


Figura 3.71 Circuito de fuerza del circuito de temporizadores y contadores.

Se adjunta el diagrama de entradas y salidas al LOGO!, en la Figura 3.72 y el circuito de fuerza en la Figura 3.71.

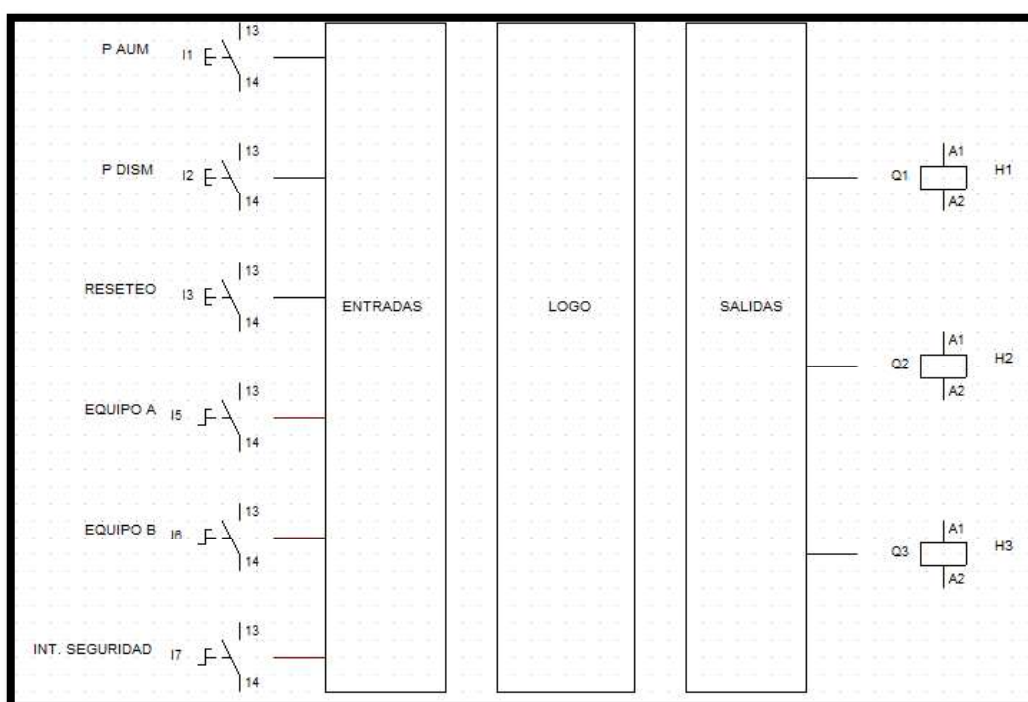


Figura 3.72 Diagrama de I/O del sistema de Temporizadores y Contadores.

4. CONCLUSIONES

4.1 Conclusiones.

- El proyecto permitió dotar del equipamiento necesario para que los estudiantes de la ESFOT puedan practicar y experimentar en el ámbito de control industrial, a través del diseño e implementación de dos módulos educacionales utilizando dispositivos de maniobra y relés programables, los cuales permiten simular diversas aplicaciones y procesos industriales en base a la ingeniería de detalle previamente planteada.
- Cada módulo educacional tiene un diseño flexible de fácil maniobrabilidad, a través de los cuales se pueden implementar circuitos electromecánicos y de lógica de programación mediante LOGO! Soft Comfort de manera eficiente y segura, permitiendo reforzar los conocimientos sobre tecnologías vigentes.

- Con los módulo de control y monitoreo de procesos industriales se puede simplificar las labores de operación en la industria, ya que al poder conectarse con el sistema LOGO! (remoto) y en este poder visualizar los datos de las variables que monitorea la unidad se puede realizar maniobras sin necesidad que el personal de operación se dirija al lugar donde se encuentra ubicado dicho valor de la variable, lo que facilita la toma de decisiones y el control de procesos.
- El proceso de soldadura más idóneo fue el SMAW con electrodo revestido con el cual se logró realizar cordones de raíz y relleno y con buena penetración, dando como resultado una estructura totalmente sólida y unificada. La soldadora eléctrica se debe regular hasta obtener el amperaje correcto por ejemplo, si se usa un electrodo 6013 x 1/8 se puede trabajar desde 100 amperios. Si ese amperaje es el correcto, el arco eléctrico se encenderá sin ningún problema, si el amperaje es bajo, el arco eléctrico se enciende con dificultad y el electrodo se pega en el material a soldar, entonces se puede aumentar a 125 amperios o hasta 150 amperios de ser necesario.

4.2 Recomendaciones.

- Se recomienda que el uso y manejo de los módulos didácticos, sea bajo las normas de seguridad industrial, ya que el mal uso puede causar un accidente o daños en los elementos incorporados en el módulo.
- Antes, durante y después de la práctica de laboratorio se debe conectar y desconectar si es el caso, sin tensión todos los elementos electromecánicos que estén involucrados en el circuito eléctrico.
- Se recomienda realizar el mantenimiento preventivo de las unidades modulares de acuerdo al plan de mantenimiento presente en la tabla 4.1 de este documento, de todas las partes componentes de cada módulo de trabajo conforme a las actividades presentes en la tabla 4.2, esto con el fin de prolongar la vida útil del mismo y reducir al máximo las acciones correctivas así como de accidentalidad por falla de los dispositivos electromecánicos.

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (para un año)

Tabla 4.1 Plan de mantenimiento preventivo de los módulos didácticos.

COMPONENTES DEL MÓDULO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
COMPONENTES MECANICOS	MOTORES TRIFÁSICOS												
	ESTRUCTURA METÁLICA												
	JACKS Y TERMINALES												
COMPONENTES ELÉCTRICOS	LOGO!												
	CONTACTORES												
	RELES TÉRMICOS												
	LUCES PILOTO												
	SELECTORES												
	PULSADORES												
	MAGNETOTÉRMICOS												

	MANTENIMIENTO ELÉCTRICO
	MANTENIMIENTO MECÁNICO

Actividades para mantenimiento preventivo mecánico:

- Ajustar todos los terminales de cada dispositivo electromecánico, esto con el fin de evitar falsos contactos.
- Aplicar anticorrosivos en los contactos y en las sueldas de los terminales de cada dispositivo electromecánico, para así evitar falsos contactos y posteriores cortocircuitos.

Actividades para mantenimiento preventivo eléctrico:

Tabla 4.2 Actividades para el plan de mantenimiento preventivo.

ELEMENTO	ACTIVIDAD
CONTACTORES	En caso de que fallen los contactores, nunca limar sus contactos, estos perderán su capacidad de conducción y por ende el contactor se empezará a calentar. Se recomienda que los contactores en caso de que sufran este tipo de daño, se los cambie por nuevos.
RELES TÉRMICOS	Comprobar el funcionamiento de los relés térmicos mediante el botón test para verificar su correcto funcionamiento.
LUCES PILOTO	Comprobar el funcionamiento de sus contactos, en caso de que estos fallen se los cambiará por nuevos.
PULSADORES	Comprobar el funcionamiento de sus contactos, en caso de que estos fallen se los cambiará por nuevos.
SELECTORES	Comprobar el funcionamiento de sus contactos, en caso de que estos fallen se los cambiará por nuevos.
LOGOS	Evitar realizar cortocircuitos tanto en sus salidas como en entradas. Comprobar el estado en sus entradas y salidas tanto online como en offline.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [1] A. J. C. Paz, «Sistemas Automáticos de Control,» 2012. [En línea]. Available: http://150.185.9.18/fondo_editorial/images/PDF/CUPUL/SISTEMA%20DE%20CONTROL%20%201.pdf.
- [2] V. INDUSTRY, «Instrumentación y control,» 2010. [En línea]. Available: https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TFG_VamIndustry_v03.pdf.
- [3] SIEMENS, «MANUAL LOGO SIEMENS,» 2009. [En línea]. Available: https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores_modulares/Documents/LOGOManual.pdf.
- [4] S. industry, Manual del productor innovaciones SIRIUS, 2011.
- [5] H. Orozco, de *Programa Protecciones Eléctricas*, Quito, 2015, p. 85.
- [6] AENOR, «Aplicación de los interruptores automáticos de baja tensión,» 2014. [En línea]. Available: file:///C:/Users/iSore%20Scala/Downloads/CDT_Aplic-InterrupAutom-BT_AFME.pdf.
- [7] SAFREYCOM, «Uso de los breakers MCB en Ecuador,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.safreycom.com/uso-de-los-breakers-mcb-en-ecuador/2/>. [Último acceso: Octubre 2018].
- [8] S. Electric, «Manual y catálogo del electricista,» 2015. [En línea]. Available: http://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/6747/mod_resource/content/1/MANUAL%20COMPLETO%20SHCNEIDER.pdf.
- [9] S. Electric, «Contactores,» de *Contactores (Definiciones y Comentarios)*, p. 159.
- [10] N. AISI, «Clasificación de los aceros inoxidables,» 2005. [En línea]. Available: https://static.websguru.com.ar/var/m_6/65/65e/100190/1374415-clasificacionaceros.pdf.
- [11] P. d. A. DIPAC, «Catálogo de acero,» 2012. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/JaviCaiza/catalogo-acero-dipac>.

- [12] A. D1.1.2000, «CODIGO PARA SOLDADURA ESTRUCTURAL - ACERO,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.soldaceros.com.pe/wpcontent/uploads/2015/09/ANSI-AWS-D1.1.-2000.pdf>.
- [13] INDURA, «MANUAL DE SISTEMAS Y MATERIALES DE SOLDADURA,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.indura.cl/Descargar/Manual%20de%20Soldadura%20INDURA?path=%2Fcontent%2Fstorage%2Fcl%2Fbiblioteca%2F00da6ac5e6754e428ecd94f1c78711cb.pdf>.
- [14] Á. M. Paz, «Guía práctica de investigación,» de *Guía práctica de investigación*, Buenos Aires (Argentina), El Cid Editor, 2009, p. 24.
- [15] M. i. B. Albert, *Autómatas programables*, Barcelona-España: Marcombo, 1988.
- [16] F. D. G. T. B. de Metz-Noblat, «Cuaderno Técnico 158º,» 2000. [En línea]. Available: http://www3.fi.mdp.edu.ar/dtoelectrica/files/electrotecnia3/calculo_corrientes_cortocircuito_schneider.pdf.
- [17] G. ABB, «Cuaderno de aplicaciones técnicas 2º,» 2009. [En línea]. Available: https://library.e.abb.com/public/f009ada997530ceac125791a0038a26e/1TXA007101G0701_CT2.pdf.
- [18] «IEC 947 NORMA EUROPEA,» 2005. [En línea]. Available: <https://iie.fing.edu.uy/ense/asign/iiee/Documentos/Teorico/Sobrecorrientes.pdf>.
- [19] V. INDUSTRY, «Instrumentación y control,» 2010. [En línea]. Available: https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TFG_VamIndustry_v03.pdf.

6. ANEXOS

ANEXO A. Manual Relé térmico.

ANEXO B. Elementos de programación LOGO! Soft Comfort V8.

ANEXO C. Tabla de contactores Siemens.

ANEXO D. Planilla del check list.

ANEXO E. Vistas del módulo didáctico.

ANEXO F. Planilla de elementos y costos.

ANEXO G. Esquema de protecciones eléctricas del laboratorio.