



**Implementación de un sistema de transferencia automático de energía eléctrica en la  
empresa panificadora Dulce Pan**

**Coyago Lopez, Luis Fernando**

**Departamento de Eléctrica y Electrónica**

**Carrera de Tecnología en Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica**

**Monografía, previo a la obtención del título de Tecnología en Electrónica Mención  
Instrumentación y Aviónica**

**Ing. Ávila Villacís, Adrián Alejandro**

**Latacunga, 15 de marzo 2021**



## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

### CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

#### CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de monografía, “**Implementación de un Sistema de Transferencia Automático de Energía Eléctrica en la Empresa Panificadora Dulce Pan**” fue realizado por el señor **Coyago López, Luis Fernando** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 15 de marzo 2021

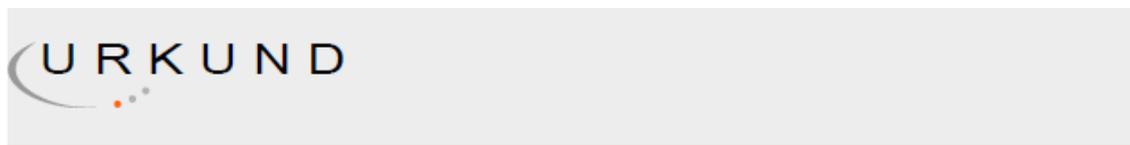
Firma:



**Ing. Adrián Alejandro Ávila Villacís.**

C. C.: 050239914-0

## Reporte de verificación



### Urkund Analysis Result

Analysed Document: ProyectoTecnicodeTitulacion\_Coyago\_Luis.pdf (D98594457)  
 Submitted: 3/17/2021 4:33:00 AM  
 Submitted By: lfcoyago@espe.edu.ec  
 Significance: 10 %

#### Sources included in the report:

TESIS JOSE SANCHEZ.docx (D11367291)  
 TESIS FABIAN MALDONADO(24 NOV 2015).docx (D16390931)  
 MONOGRAFÍA-RAMIRO VELASCO.pdf (D76359148)  
 TESIS FABIAN MALDONADO(06-12-15)1.docx (D17092481)  
 Tesis\_Villacís\_Rodriguez.pdf (D21293481)  
<https://docplayer.es/10261125-Escuela-superior-politecnica-de-chimborazo.html>  
<https://docplayer.es/42637903-Tecnologo-en-electronica-mencion-instrumentacion-avionica.html>  
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17004/1/Duque%20Cabrera,%20Diego%20Fernando,%20Medina%20Mu%C3%B1oz,%20Jaime%20Luis.pdf>  
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11729/1/T-ESPE-053099.pdf>  
<https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/10105/1/6.pdf>  
<https://docplayer.es/88831882-Escuela-politecnica-nacional.html>  
<https://www.slideshare.net/PedroChavez1/control-automtico-de-transferencia-de-energa-elctrica>

#### Instances where selected sources appear:

34

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Avila Villacís, Adrián Alejandro".

Avila Villacís, Adrián Alejandro  
 C.I: 050239914-0  
 DIRECTOR DE PROYECTO



## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

### CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

#### RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Coyago López, Luis Fernando**, con cédula de ciudadanía n°172231691-4, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **Implementación de un Sistema de Transferencia Automático de Energía Eléctrica en la Empresa Panificadora Dulce Pan** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Latacunga, 15 de marzo 2021**

Firma

**Coyago López, Luis Fernando**

C.C.: 172231691-4



## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

### CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

#### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **Coyago López, Luis Fernando**, con cédula de ciudadanía n°172231691-4, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **Implementación de un Sistema de Transferencia Automático de Energía Eléctrica en la Empresa Panificadora Dulce Pan** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

**Latacunga. 15 de marzo 2021**

Firma

**Coyago López, Luis Fernando**

C.C.: 172231691-4

## **Dedicatoria**

A todos aquellos hombres y mujeres que se atreven a ser de los que escriben la historia de una nación desarrollando plenamente sus potencialidades buscando tenazmente la realización, haciendo que su existir trascienda a través del tiempo, desafiando sus propias limitaciones y que día a día luchan por lograr sus sueños, a las personas que se esfuerzan constantemente por eliminar la inequidad en el campo educativo superior en nuestro país; al ser la primera generación y el único en mi familia en culminar los estudios superiores me llena de gran satisfacción, pero, no dejo de pensar en aquellas personas que por su situación socioeconómica no pueden acceder a la educación superior fácilmente, pero, sin embargo algunos se han atrevido a que su historia cambie y se han esforzado por alcanzar sus metas a ellos toda mi admiración y respeto.

## **Agradecimiento**

Quisiera expresar un agradecimiento especial a mis docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas, que aparte de impartir sus conocimientos nos guiaron para ser mejores seres humanos, nombres como Lucía Guerrero, Zahira Proaño, Paola Calvopiña, Pablo Pilatasig, Silvia Alpusig, Fernando Caicedo, Eduardo Pasochoa, Sarita Plaza, Gabriel Inca, María Elisa Coque, han dejado una huella imborrable en mi corazón. Además, quiero agradecer a mi esposa, Gladys Andrango por sus palabras de aliento cuando me sentía derrotado e impulsarme a terminar la carrera, a mis hijos gracias por su infinito amor. Resulta importante reconocer el apoyo incondicional que he recibido de la Dra. Anabel Criollo y su Esposo durante toda la carrera, gracias por todo.

Especial reconocimiento merece Nancy Guamán gerente propietaria de la Panificadora Dulce Pan, por permitir realizar este trabajo de titulación en su empresa, auspiciando y cubriendo todos los gastos económicos para la ejecución del proyecto.

Me gustaría agradecer al Ing. Adrián Alejandro Ávila Villacís Tutor del Proyecto por solventar las inquietudes en todo este proceso de titulación, brindando tutorías para que la ejecución del proyecto sea un éxito.

A todos los mencionados, mis más sinceros agradecimientos.

<b>Tabla de contenidos</b>	
<b>Carátula</b> .....	1
<b>Certificación</b> .....	2
<b>Reporte de verificación</b> .....	3
<b>Responsabilidad de autoría</b> .....	4
<b>Autorización de publicación</b> .....	5
<b>Dedicatoria</b> .....	6
<b>Agradecimiento</b> .....	7
<b>Tabla de contenidos</b> .....	8
<b>Índice de figuras</b> .....	12
<b>Índice de tablas</b> .....	16
<b>Resumen</b> .....	17
<b>Abstract</b> .....	18
<b>Introducción</b> .....	19
<b>Antecedentes</b> .....	19
<b>Planteamiento del problema</b> .....	21
<b>Justificación</b> .....	21
<b>Objetivos</b> .....	22
<b>Objetivo General</b> .....	22
<b>Objetivos Específicos</b> .....	22
<b>Alcance</b> .....	22

<b>Marco teórico</b>	<b>24</b>
<b>Sistema de transferencia de energía eléctrica</b> .....	<b>24</b>
<b>Ventajas del sistema de transferencia automático</b> .....	<b>26</b>
<b>Consideraciones para un sistema de transferencia</b> .....	<b>28</b>
<i>Sistema de transferencia manual</i> .....	28
<i>Sistema de transferencia semiautomático</i> .....	32
<i>Sistema de transferencia automático</i> .....	33
<b>Controlador Lógico Programable (PLC)</b> .....	<b>34</b>
<i>Funciones básicas de un PLC</i> .....	36
<i>PLC (LOGO! de Siemens)</i> .....	37
<i>La estructura de LOGO!</i> .....	39
<i>Identificación de LOGO!</i> .....	40
<i>Conexión LOGO!</i> .....	42
<i>Conexiones para el PLC LOGO! AC/DC</i> .....	44
<b>Software LOGO!Soft Comfort V8.2</b> .....	<b>45</b>
<i>Interfaz de programación</i> .....	45
<i>Interfaz del proyecto</i> .....	47
<i>Barras de herramientas</i> .....	48
<i>Constantes y conectores</i> .....	50
<b>Desarrollo del tema propuesto</b>	<b>55</b>

	10
<b>Preliminares</b> .....	55
<b>Implementación del hardware</b> .....	56
<i>Diagrama de bloques del sistema</i> .....	56
<i>Sitio de instalación del sistema de transferencia</i> .....	57
<i>Diseño y construcción del tablero de transferencia</i> .....	58
<i>Construcción del circuito controlador del servomotor</i> .....	61
<i>Construcción del circuito cargador de batería 12VDC</i> .....	65
<i>Grupo electrógeno</i> .....	67
<i>Montaje y conexionado del sistema de transferencia</i> .....	70
<b>Diseño del software</b> .....	75
<i>Diagrama de flujo del programa principal</i> .....	76
<i>Diagrama de flujo del programa controlador del servomotor</i> ....	78
<b>Montaje y pruebas</b> .....	81
<i>Montaje y pruebas del circuito de mando</i> .....	81
<i>Montaje y pruebas del circuito de fuerza</i> .....	82
<i>Montaje del sistema completo</i> .....	83
<i>Etiquetado del tablero de transferencia</i> .....	85
<i>Presentación del sistema en funcionamiento</i> .....	86
<b>Marco Administrativo</b>	88
<b>Recursos Humanos</b> .....	88

<b>Recursos Tecnológicos .....</b>	<b>88</b>
<b>Recursos Materiales .....</b>	<b>88</b>
<b>Presupuesto .....</b>	<b>89</b>
<b>Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>91</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>91</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>92</b>
<b>Glosario .....</b>	<b>93</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>96</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>97</b>

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Etapas del proceso de transferencia eléctrica</i> .....	25
<b>Figura 2</b> <i>Grupo electrógeno 8000 W</i> .....	29
<b>Figura 3</b> <i>Tablero de distribución principal</i> .....	30
<b>Figura 4</b> <i>Disyuntores TeSys GV4</i> .....	31
<b>Figura 5</b> <i>Diagrama de bloques para selección de modo de trabajo</i> .....	33
<b>Figura 6</b> <i>Tablero de Transferencia Automático</i> .....	34
<b>Figura 7</b> <i>LOGO! 8</i> .....	35
<b>Figura 8</b> <i>LOGO! 0BA8 (LOGO! 12/24 RCE)</i> .....	39
<b>Figura 9</b> <i>Identificación de LOGO!</i> .....	41
<b>Figura 10</b> <i>LOGO!... con fuente de alimentación DC</i> .....	43
<b>Figura 11</b> <i>LOGO!... con fuente de alimentación AC</i> .....	43
<b>Figura 12</b> <i>Ejemplo de conexión PLC LOGO! AC/DC</i> .....	44
<b>Figura 13</b> <i>Pantalla Interfaz de usuario de LOGO!Soft Comfort</i> .....	46
<b>Figura 14</b> <i>Interfaz del proyecto</i> .....	47
<b>Figura 15</b> <i>Barra de herramientas “Estándar”</i> .....	49
<b>Figura 16</b> <i>Barra de herramientas “Herramientas”</i> .....	49

<b>Figura 17</b> Barra de herramientas “Simulación” .....	50
<b>Figura 18</b> Barra de herramientas “Conexión a red” .....	50
<b>Figura 19</b> Contacto NA .....	51
<b>Figura 20</b> Contacto NC .....	51
<b>Figura 21</b> Bobina de relé.....	52
<b>Figura 22</b> Salida invertida .....	52
<b>Figura 23</b> Salida analógica .....	53
<b>Figura 24</b> Diagrama de bloques del sistema.....	56
<b>Figura 25</b> Sitio de instalación del sistema de transferencia.....	58
<b>Figura 26</b> Instalación de canaletas y riel DIN.....	59
<b>Figura 27</b> Instalación de dispositivos en el panel frontal .....	60
<b>Figura 28</b> Instalación de dispositivos al interior del tablero .....	61
<b>Figura 29</b> Servomotor MG996R.....	62
<b>Figura 30</b> Esquema electrónico para controlar el servomotor .....	63
<b>Figura 31</b> Diseño PCB del circuito controlador .....	64
<b>Figura 32</b> Diseño del circuito controlador en baquelita.....	64
<b>Figura 33</b> Esquema electrónico cargador de batería.....	66

<b>Figura 34</b> <i>Diseño PCB del Cargador de batería</i> .....	66
<b>Figura 35</b> <i>Diseño del circuito cargador de batería en baquelita</i> .....	67
<b>Figura 36</b> <i>Generador eléctrico Stheiner Model STH 8000</i> .....	68
<b>Figura 37</b> <i>Adaptaciones eléctricas en el grupo electrógeno</i> .....	69
<b>Figura 38</b> <i>Adaptación mecánica al carburador del grupo electrógeno</i> .....	69
<b>Figura 39</b> <i>Diagrama de conexiones del sistema de transferencia</i> .....	70
<b>Figura 40</b> <i>Conexión de entradas digitales a LOGO!</i> .....	72
<b>Figura 41</b> <i>Conexión física del circuito de control</i> .....	73
<b>Figura 42</b> <i>Conexión física del circuito de fuerza</i> .....	74
<b>Figura 43</b> <i>Tablero de transferencia automático 220V 65A</i> .....	75
<b>Figura 44</b> <i>Diagrama de flujo del programa principal</i> .....	78
<b>Figura 45</b> <i>Funcionamiento de un servomotor</i> .....	79
<b>Figura 46</b> <i>Diagrama de flujo del programa controlador de servomotor</i> .....	80
<b>Figura 47</b> <i>Pruebas del circuito de mando</i> .....	82
<b>Figura 48</b> <i>Pruebas del circuito de fuerza</i> .....	83
<b>Figura 49</b> <i>Montaje del sistema completo</i> .....	84
<b>Figura 50</b> <i>Protección del cable</i> .....	85

**Figura 51** *Etiquetado del tablero de transferencia* ..... 86

**Figura 52** *Sistema de transferencia automático en funcionamiento*..... 87

**Índice de tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Descripción de la estructura del LOGO! 0BA8</i> .....	40
<b>Tabla 2</b> <i>Descripción general de la interfaz de usuario</i> .....	46
<b>Tabla 3</b> <i>Descripción de la interfaz de proyecto</i> .....	48
<b>Tabla 4</b> <i>Descripción de las funciones especiales de LOGO!Soft Comfort</i> .....	53
<b>Tabla 5</b> <i>Recursos Humanos</i> .....	88
<b>Tabla 6</b> <i>Recursos Materiales</i> .....	88
<b>Tabla 7</b> <i>Costos principales</i> .....	89
<b>Tabla 8</b> <i>Costos Secundarios</i> .....	90
<b>Tabla 9</b> <i>Costo total</i> .....	90

## **Resumen**

En el presente trabajo de titulación se implementa un sistema de transferencia automático de energía eléctrica 220V 63A 60Hz, mismo que permite la transferencia entre dos fuentes de energía, una fuente normal (red de distribución eléctrica) y una fuente de reserva (grupo electrógeno), en la planta de producción de la empresa Panificadora Dulce Pan ubicada en la ciudad de Cayambe. Para cumplir con este propósito, se utiliza un circuito de mando con un PLC LOGO! de Siemens cuyo trabajo es monitorear las fuentes y ejecutar decisiones de acuerdo al programa establecido en el mismo. El sistema también cuenta con un circuito de fuerza encargado de la transferencia de energía eléctrica de las fuentes hacia la carga. Para el arranque del grupo electrógeno, el sistema cuenta con un circuito microcontrolador para manejar un servomotor que abre y cierra el choque del carburador al momento de arrancar el motor de combustión interna. El sistema trabaja ininterrumpidamente debido a que, cuenta con un circuito cargador de batería que garantiza la autonomía del sistema y no permite que la batería se sobrecargue. En el desarrollo del tema se presenta el diseño y construcción del hardware y software, así como el conexionado de todo el sistema y puesta en funcionamiento. Por último se concluye que, la implementación del sistema de transferencia mediante un PLC LOGO! presenta una gran ventaja y versatilidad, reduciendo la utilización de equipos electro mecánicos y reduciendo los costos de implementación.

Palabras clave:

- **TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA**
- **LOGO!**
- **GRUPO ELECTRÓGENO**
- **RED ELÉCTRICA**

## **Abstract**

In this degree work, an automatic transfer system of electrical energy 220V 63A 60Hz is implemented, which allows the transfer between two energy sources, a normal source (electrical distribution network) and a backup source (generator set), in the Panificadora Dulce Pan production plant, the company is located in Cayambe city. To fulfill this purpose, a control circuit is used with a Siemens PLC LOGO! whose job is to monitor the sources and execute decisions according to the program established in it. The system also has a power circuit in charge of transferring electrical power from the sources to the load. To start the genset, the system has a microcontroller circuit to manage a servomotor that opens and closes the carburetor choke when starting the internal combustion engine. The system works uninterruptedly because it has a battery charger circuit that guarantees the autonomy of the system and does not allow the battery to overcharge. In the theme development, the design and construction of the hardware and software is presented, as well as the connection of the whole system and its commissioning. Finally, it is concluded that the implementation of the transfer system through a PLC LOGO! presents a great advantage and versatility, reducing the use of electro-mechanical equipment and reducing implementation costs.

Key words:

- **AUTOMATIC TRANSFER**
- **LOGO!**
- **GENERATOR SET**
- **ELECTRICAL NETWORK**

## **CAPÍTULO I**

### **1. Introducción**

Implementación de un sistema de transferencia automático de energía eléctrica en la empresa panificadora Dulce Pan

#### **1.1. Antecedentes**

En la actualidad la energía eléctrica representa el mayor insumo industrial, comercial y residencial, sin ella las empresas se paralizarían y la economía se detendría, por lo tanto, la buena regularización de la energía eléctrica permitirá a una empresa ser más competitiva en una economía globalizada. Es inevitable saber en qué momento se puede dar un fallo en las líneas de alta y media tensión, por lo que en cualquier momento del día se pueden quedar sin energía zonas industriales, del cual se necesita mantener el flujo de energía eléctrica constante que garantice el normal funcionamiento de dichas empresas.

Los sistemas automáticos de transferencia eléctrica son de gran importancia para las empresas industriales, según Albuja Barrero & Ballagan Costales, (2001) que implementaron un prototipo que cubre las necesidades de monitoreo y control de dos fuentes de energía eléctrica y cuya funcionalidad es la de mantener una alimentación constante de fluido eléctrico a cualquier tipo de carga trifásica, utilizando microcontroladores como una necesidad de aprendizaje de nuevas tecnologías, mejorando con ello el tiempo de reposición de fluido de energía eléctrica de forma automática ante cualquier fallo del sistema eléctrico principal, lo cual disminuye en último las pérdidas en los sistemas productivos molestias a los usuarios. (Albuja Barrero & Ballagan Costales, 2001).

En la universidad Nacional del Altiplano-Puno, Perú, se realizó el diseño, construcción, instalación y puesta en marcha de un sistema de control automatizado para un grupo electrógeno de 6.5 KV de MOBHI GRIFOS, explican el comportamiento frente a una falla de energía externa: La unidad se encuentra supervisando la presencia de las fases de entrada en modo permanente y si es normal permanece a la espera, será considerada de falla de suministro de energía externa ante una caída de tensión por debajo de 180 Volts de manera sostenida por un tiempo programado. Transferencia de cargas: Una vez superado el tiempo de precalentamiento, inicia la transferencia, habiendo anteriormente desconectado ya la de red, procede a conectar el grupo. Reconexión a red externa: Cuando se detecta el retorno de red externa, la unidad esperará que la misma se mantenga normal por un periodo programable de 0 a 255 segundos Superado tal tiempo se producirá el paso a la rutina de reconexión a red externa Finalización de maniobra de reconexión a red externa: Una vez devuelta la carga a Red Externa, se esperará el tiempo programado de apagado del motor. Luego de este tiempo se quitará el contacto al grupo finalizando así el ciclo de transferencia por falla en el suministro de la Red Externa. Una vez apagado el grupo normalmente, el sistema permanecerá en alerta para una nueva llamada de transferencia. (Ponce Sandoval & Montufar Chata, 2014).

Como se ha podido evidenciar, los sistemas Automáticos de transferencia eléctrica son de mucha importancia para la industria, la utilización de microcontroladores y PLC en dichos sistemas ha logrado sintetizar el control.

## **1.2. Planteamiento del problema**

No tener un sistema automático de transferencia de energía eléctrica es un problema en la empresa ya que los procesos industriales de una panificadora son muy sensibles, un horno que está horneando pan no puede quedarse sin fluido eléctrico por un periodo largo porque su temperatura baja y el producto se estropea, en una batidora que se elabora pasteles y cremas no puede detenerse el proceso ya que las cremas se estropean y hay que desechar el producto.

La Empresa Panificadora Dulce Pan, ubicada en la ciudad de Cayambe no cuenta en su infraestructura con un Sistema de Transferencia de Energía Eléctrica que pueda respaldar el normal funcionamiento de la Empresa, ya que la empresa trabaja las 24 horas los trabajadores no pueden prescindir de energía eléctrica, operar hornos, batidoras, cámaras de leudo, congeladores, cámaras de frío hace imperativo el constante flujo de Energía eléctrica en la planta de producción, por tal motivo la empresa se ve en la necesidad de implementar un Sistema de Transferencia Automático de Energía Eléctrica.

## **1.3. Justificación**

El presente proyecto de grado plantea como solución un Sistema de Trasterencia Automático de Energía Eléctrica el cual beneficiará a la empresa de modo que mejore el normal funcionamiento de los equipos eléctricos y electrónicos de la planta de producción de la Panificadora Dulce Pan en eventuales cortes de energía por fallas o mantenimiento de la red de distribución de energía eléctrica.

Con la elaboración de este proyecto, el estudiante orientará los conocimientos adquiridos durante la carrera referente al diseño e implementación de un Sistema de Trasterencia Automático de Energía Eléctrica para la empresa panificadora Dulce Pan.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. *Objetivo General***

Implementar un sistema de Transferencia Automático de Energía Eléctrica en la empresa Panificadora Dulce Pan.

### **1.4.2. *Objetivos Específicos***

- Establecer el diseño y construcción del tablero de transferencia automático de energía eléctrica.
- Elaborar un programa Ladder para el controlador lógico programable LOGO de Siemens para la transferencia automática de energía.
- Diseñar el sistema de control y fuerza del tablero de transferencia automático de energía eléctrica.

## **1.5. Alcance**

El presente proyecto trata acerca de la implementación de un sistema de transferencia automático de energía eléctrica en la planta de producción de la empresa Panificadora Dulce Pan ubicada en la ciudad de Cayambe para lo cual se utilizará un módulo de Transferencia Automático (Módulo de tipo inteligente). En este proyecto se utilizará dos fuentes de energía eléctrica, la energía de la empresa eléctrica (fuente normal) y de un grupo electrógeno (fuente de reserva), se utilizará un sistema de control y fuerza. Cuando existan fallos en el fluido eléctrico de la empresa eléctrica un controlador lógico programable (LOGO) detectará la ausencia de fluido eléctrico a través de una bobina, el PLC desactivará el contactor de fluido eléctrico de la empresa eléctrica, después de un tiempo determinado el PLC encenderá el grupo electrógeno seguidamente

activará el contactor del grupo electrógeno para suministrar energía eléctrica a la planta de producción, una vez reestablecido el fluido eléctrico de la empresa eléctrica la bobina detectará la presencia de fluido eléctrico entonces el PLC desactivará el contactor del grupo electrógeno seguidamente apagará el grupo electrógeno, después de un tiempo determinado el PLC activará el contactor de la empresa eléctrica suministrando así de energía eléctrica a la planta de producción.

Para el desarrollo del proyecto se utilizará un PLC LOGO de Siemens con las siguientes características: DC 12/24V input 8xDC, output 4x Relay/10, para alimentar el PLC se utilizará una batería de 12VDC/32Ah la misma que será recargada por un cargador de baterías, garantizando así el funcionamiento del sistema.

## CAPÍTULO II

### 2. Marco teórico

#### 2.1. Sistema de transferencia de energía eléctrica

Desde que inició la industrialización, las diferentes actividades que el hombre realiza en las grandes industrias y los procesos que estas han ido evolucionando, siempre ha sido necesario la optimización de recursos, esto permite mejorar estándares de rendimiento y calidad. (Albuja Barrero & Ballagan Costales, 2001).

En este marco, los procesos en las industrias requieren mantener equipos trabajando ininterrumpidamente, para lo cual es necesario desarrollar unidades que suplan la carencia de fluido de energía eléctrica ante cortes por mantenimiento de la red eléctrica o cortes inesperados. Algunas de estas unidades son: generadores a vapor, generadores termoeléctricos, grupos electrógenos. Las unidades más utilizadas en el área industrial, comercial y residencial son los grupos electrógenos.

Un grupo electrógeno está compuesto de un motor de combustión interna (gasolina o diésel) y un generador de energía eléctrica acoplado a este, el grupo también es llamado motogenerador. (Albuja Barrero & Ballagan Costales, 2001).

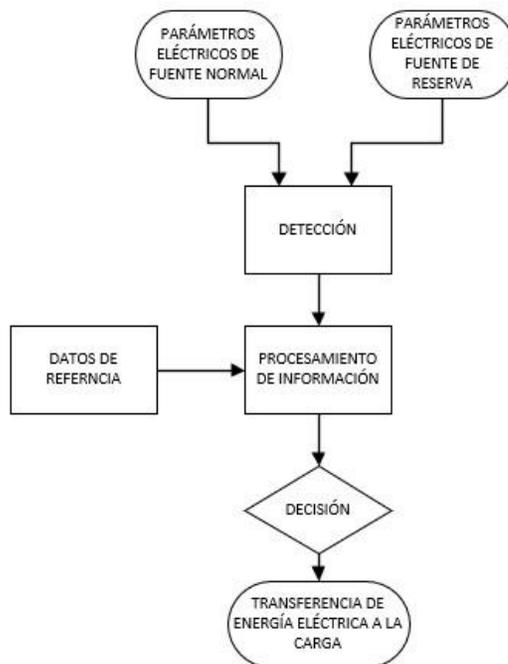
La transferencia de energía eléctrica hacia la carga, independientemente sea desde la red de energía eléctrica (fuente normal) o desde un grupo electrógeno fuente de reserva) es un proceso el cual garantiza el fluido eléctrico evitando paradas prolongadas y pérdidas económicas en las diferentes actividades productivas. (Albuja Barrero & Ballagan Costales, 2001).

En una transferencia de energía eléctrica, los elementos acondicionadores de señal detectan los distintos parámetros eléctricos de las fuentes y los preparan para enviar la señal a la etapa de procesamiento de la información en el PLC (LOGO de Siemens), este realiza un análisis en el cual los parámetros eléctricos son comparados con datos referenciales, los resultados permiten tomar una acción específica comandada por la etapa de decisión. Tomada la decisión, esta etapa es acoplada a la etapa de transferencia eléctrica de la carga, en esta etapa final se emplean elementos de potencia que realizan la transferencia de energía eléctrica de acuerdo a lo que requiera el sistema para su óptimo funcionamiento.

En la figura 1, se describe las etapas del proceso de una transferencia de energía eléctrica con dos fuentes de energía, fuente normal y fuente de reserva.

### Figura 1

*Etapas del proceso de transferencia eléctrica*



*Nota.* Tomado de (Albuja Barrero & Ballagan Costales, 2001)

Se puede tener tres tipos de transferencia de energía eléctrica, esto depende del tipo de carga y la velocidad de respuesta que requiera el sistema ante una falla de flujo de energía eléctrica, estos factores dependen de la actividad o proceso productivo. (Albuja Barrero & Ballagan Costales, 2001).

Tipos de sistemas de transferencia de energía eléctrica:

- **Manual.** - detección de fallas en el flujo eléctrico y la operación de transferencia se realiza a través de un ser humano.
- **Semiautomático.** – PLC automático, transferencia manual.
- **Automático.** – PLC automático, transferencia automática.

Independientemente del tipo de transferencia, una vez detectada la falla de la fuente normal de energía, se inicia una secuencia de operación, se enciende la fuente de reserva (grupo electrógeno) y se verifica que ésta alcance los parámetros óptimos de funcionamiento, facilitando el cambio de fuente de energía que alimentará a la carga. (Albuja Barrero & Ballagan Costales, 2001).

Cuando el PLC (LOGO de Siemens) detecte el retorno de flujo eléctrico de la red eléctrica, este verificará que los parámetros eléctricos estén proporcionados a los rangos, luego se toma una decisión, se realiza la transferencia de flujo eléctrico de la red eléctrica hacia la carga, apagando a continuación el grupo electrógeno.

## **2.2. Ventajas del sistema de transferencia automático**

Los sistemas de transferencia automático brindan ventajas que permiten evaluar parámetros, procesar información y ejecutar tareas específicas, que para cualquier sistema no automático involucraría grandes cantidades tiempo, compra

de equipos comparativamente caros y empleo de recurso humano especializado, también cuando la carga necesite de un flujo eléctrico ininterrumpido las 24 horas, en este caso es necesario que un personal capacitado vigile constantemente fallas en la fuente normal de energía eléctrica. Esto acarrea a que el proceso productivo sea susceptible a errores humanos y consecuentemente genere incrementos económicos en los procesos productivos. (Albuja Barrero & Ballagan Costales, 2001).

Una ventaja importante de los sistemas de transferencia automático es la capacidad rápida de responder ante cualquier fallo del flujo eléctrico; al ser manejado por un PLC (Controlador Lógico Programable) logra que el sistema tenga una rápida respuesta mucho mayor que la del ser humano y mayor que los equipos electromecánicos utilizados en tiempos pasados.

Un control automático que trabaja con PLCs nunca descansa, siempre se encuentra trabajando con gran precisión y alerta ante cualquier cambio de variable, incluso en situaciones extremas de operación que los PLCs tengan que trabajar, también permiten aplicar mecanismos de control de fallas y admiten a que el operador pueda acceder en cualquier momento para cambiar parámetros de control, esto dependerá de las condiciones definidas de trabajo. Los PLCs toman decisiones rápidas operando de una forma óptima y previniendo daños irreversibles a los sistemas que éste regula. (Albuja Barrero & Ballagan Costales, 2001).

El mantenimiento de un sistema de transferencia automático basado en PLCs es casi nulo, en comparación con los dispositivos electromecánicos estos tienen tiempos de vida considerablemente largos; una vez instalado el sistema la revisión y limpieza de elementos se planifica a largo plazo; El mantenimiento en el área industrial , contempla planes en los que los equipos de transferencia automático requieren atención técnica una

vez al año en el cual se prueba protecciones tanto del PLC como del motogenerador, limpieza de contactos de los relés y contactores, limpieza y engrase de piñones del motogenerador, mantenimiento de breakers, ajuste general de pernos, turcas y tornillos. (Albuja Barrero & Ballagan Costales, 2001).

También es necesario realiza una limpieza exterior y chek list semanal, es decir una revisión e inspección del grupo electrógeno, tablero de distribución y transferencia, así como también calibrar todos los parámetros eléctricos del generador.

### **2.3. Consideraciones para la instalación de un sistema de transferencia**

En general hay que tomar en cuenta ciertas consideraciones para la instalación e implementación de un sistema de transferencia eléctrico.

En primer lugar, es imperativo efectuar un análisis técnico de la carga que va a soportar el sistema, también es necesario realizar un estudio de costos con base en las necesidades del usuario, los cuales determinarán las necesidades del sistema de transferencia. (Albuja Barrero & Ballagan Costales, 2001).

#### **2.3.1. Sistema de transferencia manual**

Después de evaluar las consideraciones se determina que se requiere de un sistema de transferencia manual se deberá tener en cuenta los siguientes elementos:

##### **Grupo electrógeno.**

Un grupo electrógeno está destinado a una gran variedad de empleos, desempeñando la función de proveer de energía de reserva, suplementaria o de emergencia, para diversas instalaciones de servicios auxiliares. Un grupo electrógeno

básicamente está formado por un conjunto integrado que contiene un motor térmico primario (turbina de gas, motor Otto o Diesel), un generador eléctrico (generalmente de corriente alterna) acoplado al eje del mismo y los correspondientes elementos de auxiliares y sistemas complementarios como indicadores de estado, tableros de maniobra, etc. (Lacoste & Colicigno, 2001).

El grupo electrógeno deberá estar ubicado próximo al tablero de distribución principal, dentro de una cámara apropiada en el que se respete las normas de seguridad industrial. La potencia del grupo electrógeno dependerá de la carga. La figura 2 muestra un ejemplo de grupo electrógeno, formado por un motor de combustión interna y un generador eléctrico de corriente alterna.

## Figura 2

*Grupo electrógeno 8000 W*



*Nota.* Tomado de (Toyama Power Products, 2020)

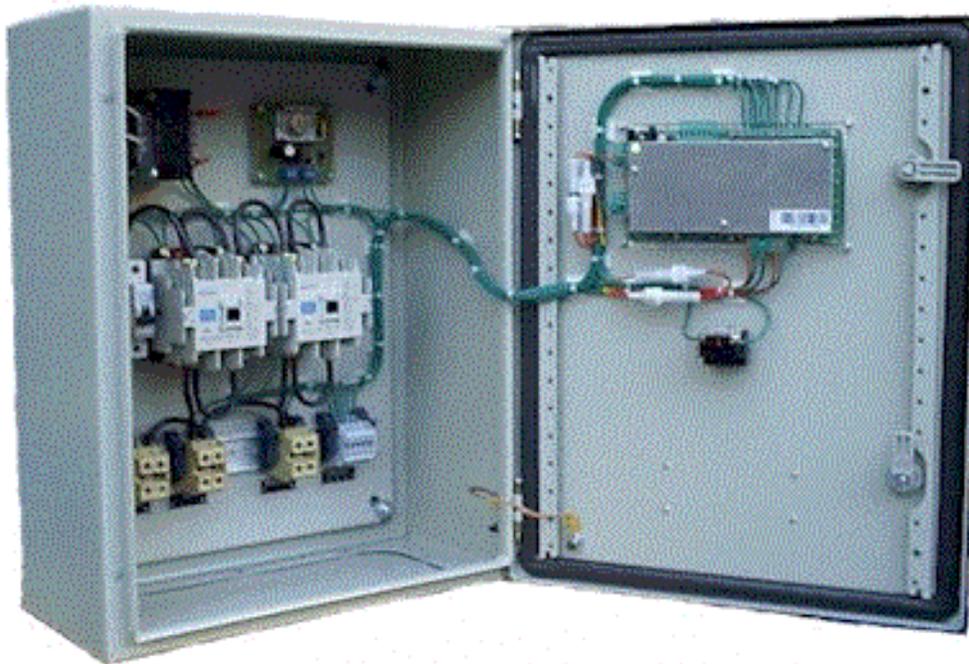
### **Tablero de distribución principal.**

Es uno de los componentes principales de una instalación eléctrica, en él se protege cada uno de los distintos circuitos en los que se divide las instalaciones a través de fusibles, protecciones magnetotérmicas y diferenciales.

El tablero de distribución principal debe contener un espacio adecuado para los disyuntores de transferencia y breakers de conmutación, el tablero deberá tener una conexión a tierra correctamente realizada, el cableado debe estar distribuido y señalizado de forma ordenada. En la figura 3 se puede observar un ejemplo de un tablero de distribución principal.

### **Figura 3**

*Tablero de distribución principal*



*Nota.* Tomado de (Alejandro, 2013)

### **Disyuntores principales.**

Un disyuntor, un interruptor automático, es un dispositivo capaz de interrumpir o de abrir un circuito eléctrico cuando ocurre un error de aislación en una instalación eléctrica. Sirve para proteger tanto a los propios dispositivos eléctricos como a las personas.

Son los administradores de conectar y desconectar la carga a cualquiera de las dos fuentes (normal o reserva). Es imperativo guardar todas las precauciones para evitar que las dos fuentes vayan a conmutar a la vez, esto se logra mediante trabamiento mecánico.

### **Figura 4**

*Disyuntores TeSys GV4*



*Nota.* Tomado de (Schneider Electric, 2020)

### **2.3.2. Sistema de transferencia semiautomático**

Después de evaluar las consideraciones se determina que se requiere de un sistema de transferencia semiautomático se deberá acondicionar y añadir a los elementos anteriores lo siguiente:

#### **Módulo electrónico de automatización.**

Generalmente los grupos electrógenos que existen son antiguos y no cuentan en su panel de control con un módulo electrónico de automatización el cual es necesario para realizar un arranque automático. El arranque de este tipo de grupos electrógenos es similar a un automóvil de combustión interna, el motor de arranque (motor DC) se mantiene encendido hasta que el motogenerador alcance su velocidad nominal de trabajo. (Albuja Barrero & Ballagan Costales, 2001)

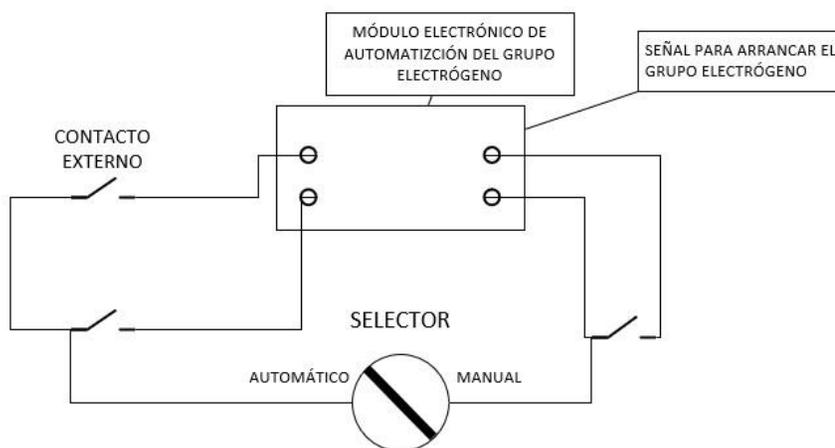
“Para el sistema de transferencia semiautomático es preciso que el grupo electrógeno arranque automáticamente, por lo que se debe contar con un módulo electrónico que pueda seleccionar dos modos de trabajo a través de un selector”. (Albuja Barrero & Ballagan Costales, 2001).

“En el modo manual el motogenerador arranca al instante; en modo automático la tarjeta espera que se cierre un contacto externo al grupo electrógeno que puede ser dado por un PLC y de esta manera arranque el motogenerador”. (Albuja Barrero & Ballagan Costales, 2001).

En la figura 5 se observa el diagrama de bloques para selección de modo de trabajo del grupo electrógeno.

**Figura 5**

*Diagrama de bloques para selección de modo de trabajo del grupo electrógeno*



*Nota.* Tomado de (Albuja Barrero & Ballagan Costales, 2001)

### **2.3.3. Sistema de transferencia automático**

Después de evaluar las consideraciones se determina que se requiere de un sistema de transferencia automático todo el equipo referido anteriormente debe adaptarse a un PLC (controlador Lógico Programable) que dirija todas las etapas de la transferencia automática de energía eléctrica, es decir, realice la detección, transferencia y retransferencia, así como también manejar entradas y salidas para encender el grupo electrógeno, alarmas e indicadores. (Albuja Barrero & Ballagan Costales, 2001).

En la figura 6, se ilustra un tablero de transferencia automático de energía eléctrica el cual consta de dos contactores principales que son activados o desactivados mediante un PLC (LOGO de Siemens).

**Figura 6**

*Tablero de Transferencia Automático*



#### **2.4. Controlador Lógico Programable (PLC)**

Hace no mucho tiempo y en la actualidad, muchas industrias en el país, realizan el control de procesos industriales de forma cableada por medio de contactores, temporizadores y relevadores. De manera que el operario que se encuentre a cargo de este tipo de instalaciones, se le exige tener altos conocimientos técnicos para poder implementarlas y posteriormente realizar el respectivo mantenimiento para su óptimo funcionamiento. (Aguilera Martínez, 2002).

“Adicional a esto si la industria requiere alguna variación en el proceso, supone modificar físicamente gran parte de las conexiones y dispositivos, por lo que es necesario mucho tiempo y esfuerzo técnico, incidiendo directamente en costos excesivos para la empresa”. (Aguilera Martínez, 2002).

En la actualidad es imposible entender un proceso de alto nivel desarrollado para técnicas cableadas. A medida que la tecnología ha ido avanzando la computadora y los autómatas programables han intervenido de forma considerable para que este tipo de instalaciones por cableado sea sustituido por otra de forma programada.

Autómata Programable o PLC nació como solución al control de circuitos complejos de automatización. Por consiguiente, un PLC es un aparato electrónico que sustituye los circuitos auxiliares y de mando de los sistemas automáticos. A él se le conectan entradas como sensores, transductores, pulsadores, selectores, etc. Y salidas como bobinas de contactores, lámparas, luces piloto, alarmas, etc. (Aguilera Martínez, 2002)

La figura 7 muestra un PLC (LOGO de Siemens), consta de 8 entradas, también cuenta con 4 salidas a relé con un flujo de corriente máximo de 10A.

**Figura 7**

*LOGO! 8*



*Nota.* Tomado de (new.siemens.com,2021)

### **2.4.1. Funciones básicas de un PLC**

Existen muchas funciones que realizan los PLC's de acuerdo a su versión y fabricante, pero, entre las funciones generales de un PLC se puede mencionar las siguientes:

- La detección: Lee la señal de los captadores entre estos sensores, selectores, pulsadores distribuidos por todo el sistema.
- El mando: Elabora y envía las acciones al sistema mediante las accionadores y preaccionadores en sus salidas.
- El diálogo hombre máquina: Mantienen un diálogo con los operarios de procesos a través de pantallas LCD's, HMI's u ordenadores, obedeciendo sus consignas e informando el estado del proceso.
- La Programación: Pueden ser programados con diferentes lenguajes de acuerdo a su versión y fabricante el cual permite elaborar programas para procesos, adicional a esto se puede modificar el programa incluso cuando el PLC este controlando el proceso, lo que constituye en ahorro de tiempo y costos.
- Redes de comunicación: Permiten establecer comunicación entre diferentes PLC's, las redes industriales también permiten el intercambio de datos entre PLC's en tiempo real.
- Sistemas de supervisión: Los PLC's pueden comunicarse con computadoras provistas de supervisión industrial a través de Sistemas SCADA y en la actualidad la supervisión en línea a través de Inductive Automation.
- Admisión de módulos: Los PLC's admiten módulos de entradas y salidas hasta cierto número de capacidad siendo esta función muy versátil si se requiere incorporar nuevas acciones al PLC en un proceso.

### **2.4.2. PLC (LOGO! de Siemens)**

#### ***Descripción de LOGO!***

En términos generales LOGO! es el módulo lógico o PLC (controlador lógico programable) universal de Siemens, ideal para implementar tareas de automatización industrial, es un dispositivo fácil de manejar, su alta capacidad de almacenamiento y el uso eficiente de la memoria lo hace altamente funcional. (SIEMENS, 2020)

LOGO! lleva integrados:

- Control
- Unidad de mando y visualización con retroiluminación
- Fuente de alimentación
- Interfaz para módulos de aplicación
- Interfaz para módulos de programación (Card) y cable para PC
- Funciones básicas habituales preprogramadas
- Temporizador
- Marcas digitales y analógicas
- Entradas y salidas en función del modelo

#### **Funciones de la LOGO! 8 (6ED1052-xxx08-0BA0).**

Los dispositivos LOGO! 8 (6ED1052-xxx08-0BA0) incluyen las siguientes funciones:

- **Soporte de la función de escaneado para TDE**

LOGO! TDE 6ED1055-4MH08-0BA0 puede escanearse con LOGO!Soft Comfort V8.2 y superiores.

- **Soporte de LOGO! Access Tool V2.0.0 y superiores**

LOGO! Access Tool V2.0.0 y superiores permite ajustar el periodo de sincronización de datos, mostrar los datos del historial e iniciar o finalizar la sincronización de datos del módulo de base LOGO!.

- **Soporte de la herramienta LOGO! Web Editor**

LOGO! Web Editor es una herramienta nueva que se usa en combinación con el módulo base (BM por sus siglas en inglés) LOGO! y LOGO!Soft Comfort. Esta herramienta permite crear páginas web personalizadas en la ventana del editor y visitar todo el proyecto desde el servidor web del módulo base LOGO! LOGO! Web Editor también permite integrar cómodamente componentes distintos, incluidas algunas variables.

Todo módulo base LOGO! soporta las siguientes conexiones para crear programas, independientemente del número de módulos conectados:

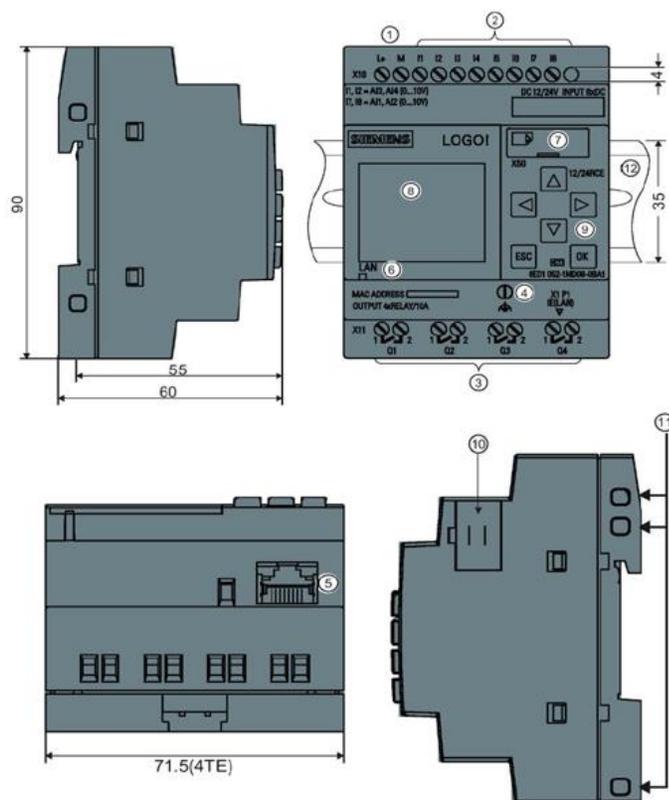
- Entradas digitales I1 hasta I24
- Entradas analógicas AI1 a AI8
- Salidas digitales Q1 a Q20
- Salidas analógicas AQ1 a AQ8
- Marcas digitales M1 a M64:
  - M8: marca de inicialización (azul con LOGO!Soft Comfort V8.2 y superiores)
  - M25: marca de retroiluminación: display integrado en el LOGO!, blanca
  - M26: marca de retroiluminación: LOGO! TDE blanco
  - M27: marca para juego de caracteres del aviso (verde con LOGO!Soft Comfort V8.2 y superiores)
  - M28: marca de retroiluminación: display integrado en el LOGO!, ámbar

- M29: marca de retroiluminación: display integrado en el LOGO!, roja
- M30: marca de retroiluminación: LOGO! TDE ámbar
- M31: marca de retroiluminación: LOGO! TDE rojo
- Bloques de marcas analógicas: AM1 a AM64
- Bits de registro de desplazamiento S1.1 a S4.8 (32 bits de registro de desplazamiento)
- 4 teclas de cursor
- Salidas no conectas: X1 a X64

### 2.4.3. La estructura de LOGO!

Figura 8

LOGO! 0BA8 (LOGO! 12/24 RCE)



Nota. Tomado de (SIEMENS, 2020)

**Tabla 1**

*Descripción de la estructura del LOGO! 0BA8 (LOGO! 12/24 RCE)*

<b>N.º</b>	<b>Descripción</b>
1	Fuente de alimentación
2	Entradas
3	Salida
4	Borne FE para conectar la toma a tierra
5	Interfaz RJ45 para la conexión a Ethernet (10/100 Mbits/s)
6	LED de estado de comunicación Ethernet
7	Slot de tarjeta micro SD
8	LCD
9	Panel de control
10	Interfaz de aplicación
11	Conectores hembra de codificación mecánica
12	Perfil normalizado

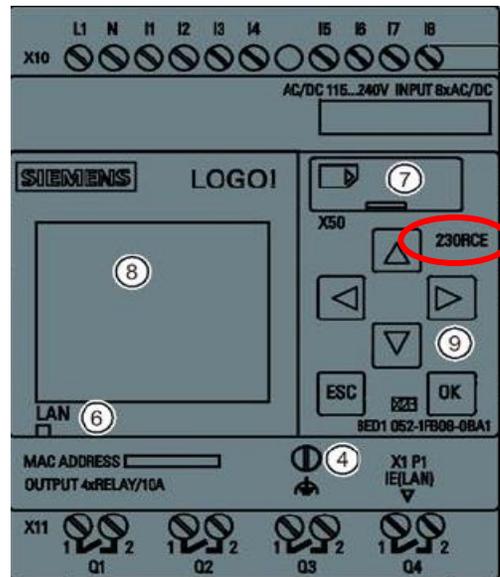
*Nota.* Tomado de (SIEMENS, 2020)

#### **2.4.4. Identificación de LOGO!**

Se puede identificar la información acerca de diversas propiedades de LOGO! observando sus siglas en el equipo. (SIEMENS, 2020).

## Figura 9

Identificación de LOGO!



Nota. Tomado de (SIEMENS, 2020).

Para identificar el tipo de LOGO! con el que estamos trabajando es necesario conocer el significado de cada número y letra, a continuación se describe cada una de ellas:

- 12/24: versión de 12/24 VDC
- 230: versión de 115 V AC/DV a 240 V AC/DC
- R: salidas de relé (sin R: salidas a transistor)
- C: reloj de tiempo real integrado
- E: interfaz Ethernet
- o: versión sin display (“LOGO! Pure”)
- DM: módulo digital
- AM: módulo analógico
- TDE: visualizador de textos con interfaces Ethernet

### 2.4.5. Conexión LOGO!

Para conectar LOGO! se utiliza un destornillador con un ancho de hoja de 3mm.

Es posible utilizar conductores que cumplan con los siguientes requisitos:

- Secciones de hasta:
  - 1 x 2,5 mm<sup>2</sup>
  - 2 x 1,5 mm<sup>2</sup> por cada segundo porta bornes
- Material del conductor: Cu
- Régimen de temperatura de aislamiento: 75 °C
- Par de apriete: de 0,5 Nm a 0,5 Nm o de 4,5 in.lbf a 5,3 in.lbf

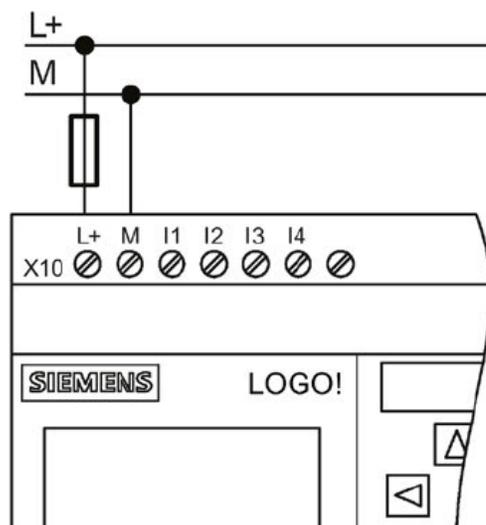
Para conectar la fuente de alimentación al LOGO! se debe tomar en cuenta las versiones, para la versiones 230 V de LOGO! pueden funcionar con tenciones nominales de 115 V AC/DC y 240 V AC/DC. Las versiones 24 V y 12 V de LOGO! pueden funcionar con una fuente de 24 V DC, 24 V AC o 12 V DC. La figura 10 muestra la conexión de la fuente de alimentación DC a LOGO!, se recomienda instalar un fusible de seguridad para (SIEMENS, 2020):

12/24 RC... 0,8 A

24: 2,0 A.

**Figura 10**

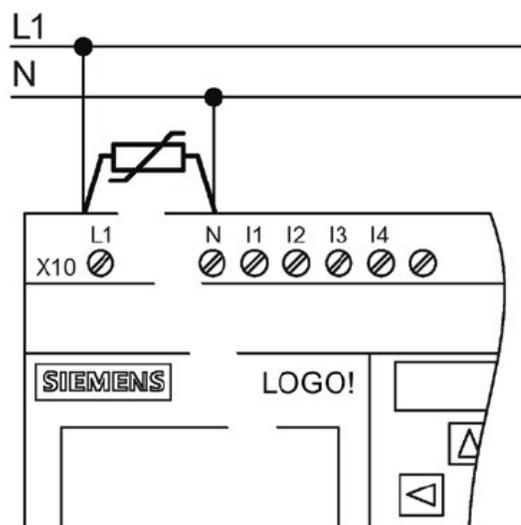
*LOGO!... con fuente de alimentación DC*



*Nota.* Tomado de (SIEMENS, 2020)

**Figura 11**

*LOGO!... con fuente de alimentación AC*

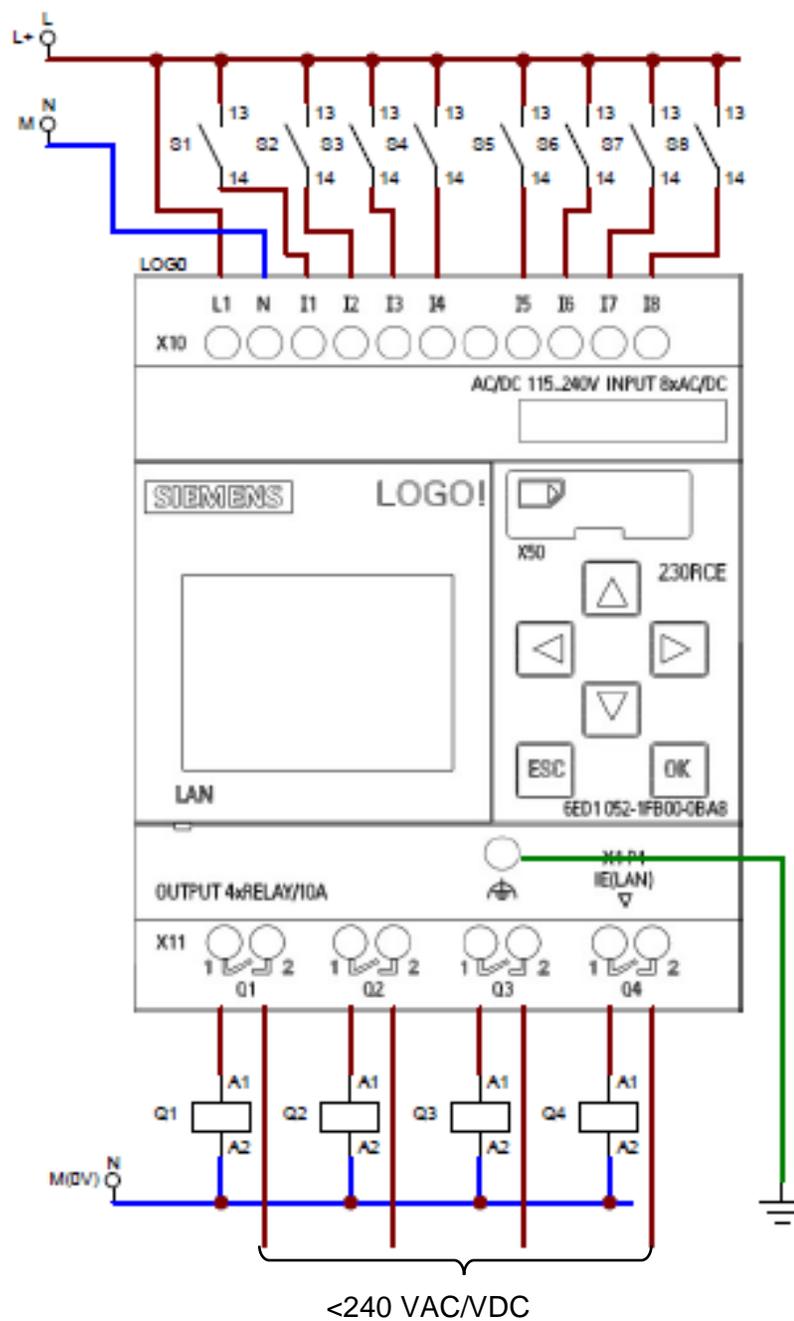


*Nota.* Tomado de (SIEMENS, 2020)

### 2.4.6. Conexiones para el PLC LOGO! AC/DC.

Figura 12

Ejemplo de conexión PLC LOGO! AC/DC



En el trabajo propuesto se utiliza el LOGO! 12/24 RCE 6ED1-052-1MD08-0BA0 con las siguientes características de voltaje y corriente para la alimentación y entradas:

L+=	10,8...28,8 VDC
I12VDC=	50...165 mA
I24VDC=	25...90 mA
I3...I6=	1:>8,5 VDC; I>1,5 mA
	0:<5 VDC; I< 0,88 mA
I1...I2 =	1:>8,5 VDC; I>0,12 mA
I7...I8	0:<5 VDC; I< 0,07 mA

## 2.5. Software LOGO!Soft Comfort V8.2

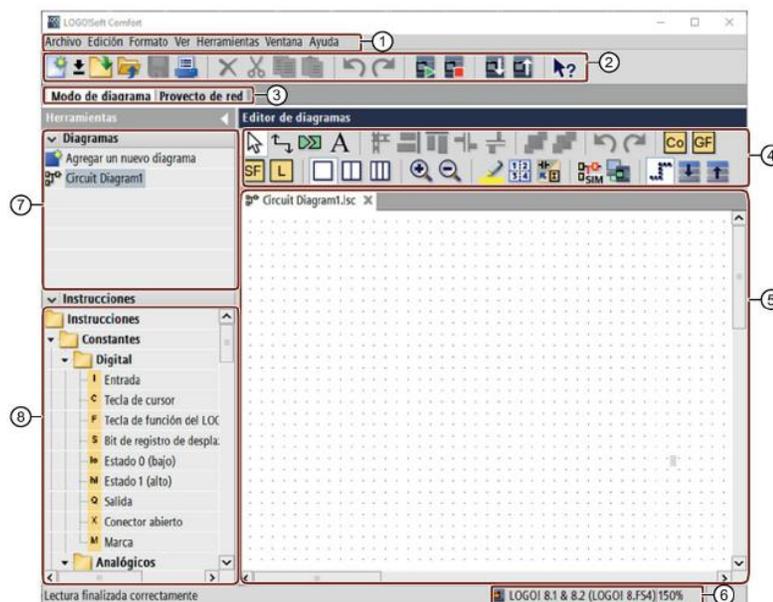
### 2.5.1. Interfaz de programación

En el trabajo propuesto se utiliza el software LOGO!Soft Comfort V8.2 para programar el LOGO! 12/24 RCE versión 6ED1-052-1MD08-0BA0. A continuación se realiza una descripción general de la interfaz de usuario. (SIEMENS, 2020).

Cuando se abre e modo de programa de LOGO!Soft Comfort aparece un esquema de conexiones vacío. La ventana dedicada a la creación de programas ocupa la mayor parte de la pantalla. En ella se tienen a disposición botones y combinaciones lógicas del programa. También cuenta con barras de desplazamiento en sentido horizontal y vertical en los extremos inferior y derecho de la interfaz.

**Figura 13**

*Pantalla Interfaz de usuario de LOGO!Soft Comfort*



*Nota.* Tomado de (SIEMENS, 2020)

**Tabla 2**

*Descripción general de la interfaz de usuario*

N.º	Descripción
-----	-------------

- |   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| 1 | Barra de menús                      |
| 2 | Barra de herramientas “Estándar”    |
| 3 | Barra de modo                       |
| 4 | Barra de herramienta “Herramientas” |
| 5 | Interfaz de programación            |
| 6 | Barra de estado                     |
| 7 | Árbol de esquemas                   |
| 8 | Árbol de operaciones                |

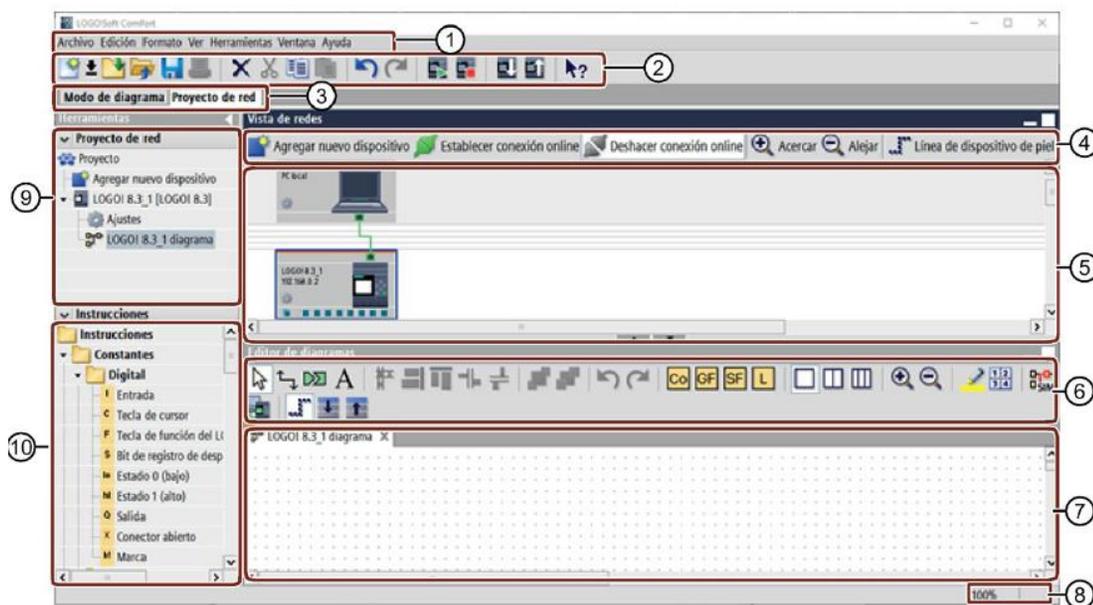
*Nota.* Tomado de (SIEMENS, 2020)

### 2.5.2. Interfaz del proyecto

Cuando se abre el modo de proyecto de LOGO!Soft Comfort se visualiza la interfaz de usuario vacía de LOGO!Soft Comfort. Luego de seleccionar y agregar un nuevo dispositivo en el proyecto, LOGO!Soft Comfort activa el recuadro del editor de esquemas, este muestra los bloques de programa y las combinaciones lógicas del programa. Para no perder la vista de conjunto, en los extremos inferior y derecho de la vista de red y la interfaz de programación se dispone de barras de desplazamiento. (SIEMENS, 2020).

**Figura 14**

*Interfaz del proyecto*



*Nota.* Tomado de (SIEMENS, 2020)

**Tabla 3***Descripción de la interfaz de proyecto*

<b>N.º</b>	<b>Descripción</b>
1	Barra de menús
2	Barra de herramientas “Estándar”
3	Barra de modo
4	Barra de herramienta “Conexión de red”
5	Vista de red
6	Barra de Herramientas “Herramientas
7	Interfaz de programación
8	Barra de estado
9	Árbol de dispositivo
10	Árbol de operaciones

*Nota.* Tomado de (SIEMENS, 2020)

### **2.5.3. Barras de herramientas**

LOGO!Soft Comfort tiene cuatro barras de herramientas, a continuación se describe en forma general cada una de ellas:

#### **2.5.3.1. Barras de herramientas “Estándar”.**

Está situada encima de la interfaz de programación, inicialmente se muestra una barra de herramientas “Estándar” reducida a las funciones esenciales. Los botones de esta barra permiten crear programas, descargar o guardar un programa o proyecto existente, cortar, copiar y pegar objetos, deshacer rehacer la última acción, también transferir datos desde y hacia dispositivos LOGO!. (SIEMENS, 2020).

**Figura 15**

*Barra de herramientas “Estándar”*



*Nota.* Tomado de (SIEMENS, 2020)

### 2.5.3.2. Barra de herramientas “Herramientas”.

Se encuentra en la parte superior de la interfaz de programación. Los botones de esta barra permiten cambiar a diferentes modos de edición para crear programas de forma rápida, sirven para conectar, comentar y alinear los bloques, deshacer y rehacer la última acción, agregar bloques de función, dividir ventanas, simular y probar online el esquema.

**Figura 16**

*Barra de herramientas “Herramientas”*



*Nota.* Tomado de (SIEMENS, 2020)

### 2.5.3.3. Barra de herramientas “Simulación”.

- Cuando se abre el modo de simulación, se tiene los botones:
- Botones (p. ej. interruptores) para operar las entradas
- Un botón para simular un corte de alimentación
- Botones (p. ej. lámparas) para supervisar las salidas
- Botones para controlar la simulación
- Botones para controlar el tiempo
- Botón para tabla de datos

**Figura 17**

*Barra de herramientas “Simulación”*



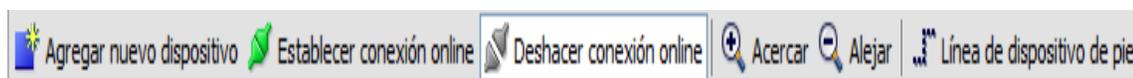
*Nota.* Tomado de (SIEMENS, 2020)

#### **2.5.3.4. Barra de herramientas “Conexión a red”.**

La barra de herramientas “Conexión a red” aparece por encima de la vista de red, esta conexión está disponible solo para la versión 0BA8 y versiones superiores. Los botones permiten agregar un nuevo dispositivo, conectarse, desconectarse, acercar, alejar y mostrar/ocultar línea de dispositivo.

**Figura 18**

*Barra de herramientas “Conexión a red”*



*Nota.* Tomado de (SIEMENS, 2020)

#### **2.5.4. Constantes y conectores**

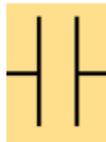
En el trabajo propuesto, en la interfaz de programación se utiliza el editor KOP que se trata de una programación por diagrama de contactos (Kontaktplan) y proviene de la forma de representación de contactos eléctricos. Al ser el lenguaje más utilizado en la programación de PLC's, en este apartado se reparará en el editor KOP:

#### 2.5.4.1. Contacto normalmente abierto.

Los contactos normalmente abiertos representan los bornes de entrada de un LOGO!.

#### Figura 19

*Contacto NA*



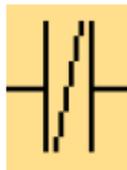
*Nota.* Tomado de (SIEMENS, 2020)

#### 2.5.4.2. Contacto normalmente cerrado.

Los contactos normalmente cerrados representan los bornes de entrada de un LOGO!.

#### Figura 20

*Contacto NC*



*Nota.* Tomado de (SIEMENS, 2020)

#### 2.5.4.3. Contacto analógico.

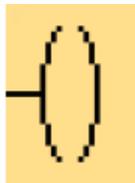
Los contactos analógicos representan los bornes de entrada de un LOGO!.

#### 2.5.4.4. Bobina de relé.

Las bobinas de relé representan los bornes de salida de un LOGO!, se puede asignar distintas funciones a la salida como por ejemplo una marca.

#### Figura 21

*Bobina de relé*



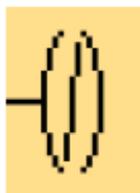
*Nota.* Tomado de (SIEMENS, 2020)

#### 2.5.4.5. Salida invertida.

Las salidas invertidas representan los bornes de salida de un LOGO!, se puede asignar distintas funciones a la salida como por ejemplo una marca.

#### Figura 22

*Salida invertida*



*Nota.* Tomado de (SIEMENS, 2020)

### 2.5.4.6. Salidas analógicas.

Las salidas analógicas representan los bornes de salida de un LOGO!, se puede asignar distintas funciones a la salida.

#### Figura 23

Salida analógica



Nota. Tomado de (SIEMENS, 2020).

### 2.5.4.7. Funciones especiales.

Tabla 4

Descripción de las funciones especiales de LOGO!Soft Comfort

Temporizadores		Analógico	
	Retardo a la conexión		Conmutador analógico de valor umbral
	Retardo a la desconexión		Conmutador analógico de valor umbral diferencial
	Retardo a la conexión/desconexión		Comparador analógico
	Retardo a la conexión con memoria		Vigilancia valor analógico
	Relé de barrido (salida de impulsos)		Amplificador analógico
	Relé de barrido activado por flancos		Multiplexor analógico
	Relé simétrico		Modulación de ancho de impulsos

<b>Temporizadores</b>		<b>Analógico</b>	
	Generador de impulsos asíncrono		Instrucción aritmética
	Generador aleatorio		Regulador PI
	Interruptor de alumbrado para escalera		Rampa analógica
	Interruptor bifuncional		Filtro analógico
	Temporizador semanal		Máx/Mín
	Temporizador anual		Valor medio
	Reloj astronómico	<b>Otros</b>	
	Cronómetro		Relé autoenclavador
<b>Contadores</b>			Interruptor software
	Contador adelante/atrás		Registro de desplazamiento
	Contador de horas de funcionamiento		Detención de errores de instrucción aritmética
	Selector de umbral		Convertidor flotante/entero
			Convertidor entero/flotante

Nota. Tomado de (SIEMENS, 2020).

## CAPÍTULO III

### 3. Desarrollo del tema propuesto

#### 3.1. Preliminares

En el tema propuesto se ha implementado un sistema de transferencia automático de energía eléctrica en la empresa Panificadora Dulce Pan.

En el presente capítulo se detalla paso a paso la implementación del sistema de transferencia de energía eléctrica, utilizando como principal recurso un PLC (LOGO! de Siemens) por su versatilidad en la industria y facilidad de programación.

Para la implementación del sistema se realiza una programación al LOGO! que está acorde a los requerimientos de la empresa. El sistema está conformado por un circuito de control, el cual recibe las señales de entrada y de acuerdo a estas ejecuta las salidas para realizar la transferencia en el circuito de potencia. Adicional a esto el circuito de control envía la señal de encendido y apagado del grupo electrógeno. El sistema también cuenta con un circuito para manejar un servo motor para accionar el choque del grupo electrógeno.

Un problema a resolver es el trabajo ininterrumpido del sistema. Para resolver este problema se diseñó un circuito cargador de batería de 12VDC, este garantiza el trabajo ininterrumpido del sistema.

Al ser un sistema de campo se realiza varias pruebas de funcionamiento, calibración de los equipos, hasta cumplir con los requisitos necesarios para el óptimo funcionamiento del sistema.

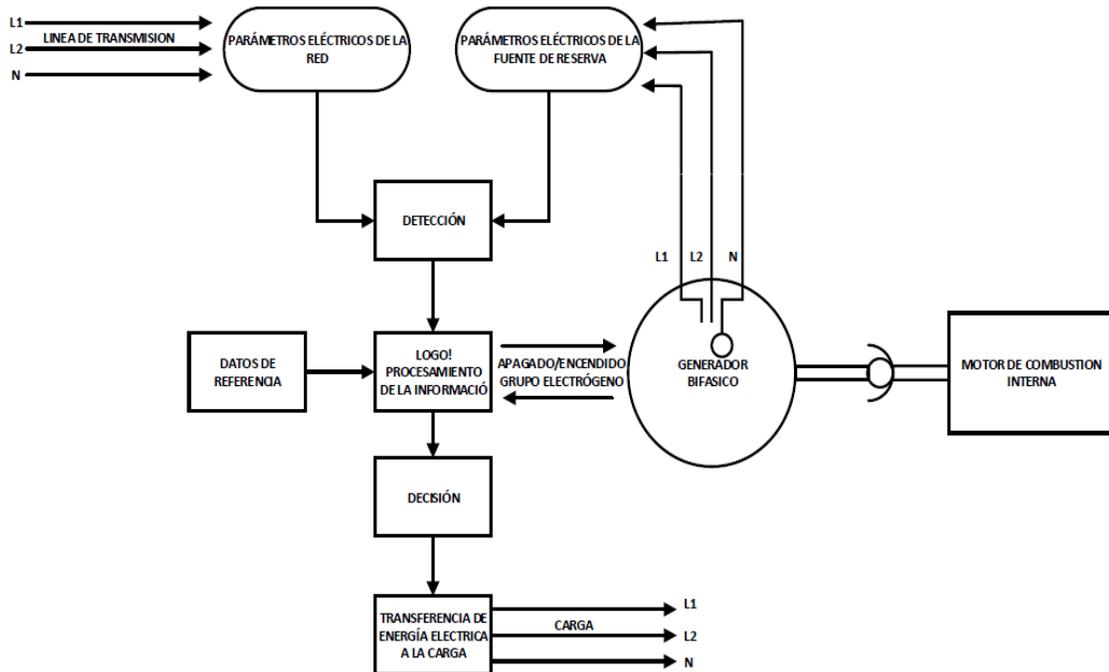
## 3.2. Implementación del hardware

### 3.2.1. Diagrama de bloques del sistema

En la figura 24, se muestra el diagrama de bloques del sistema de transferencia automática de energía eléctrica.

**Figura 24**

*Diagrama de bloques del sistema*



### **3.2.2. Sitio de instalación del sistema de transferencia**

Para elegir el lugar de instalación del sistema de transferencia se evaluaron los siguientes aspectos:

- **Los cimientos.**

Según el tamaño del generador eléctrico se construyó un espacio de (1,20 m x 1,20 y una altura de 1,90m), mismo que soporta el peso del equipo, sumando el combustible, además la estructura se encuentra a un nivel apropiado sobre el suelo para evitar filtraciones.

- **El ruido**

Al ser el grupo electrógeno un equipo ruidoso y no se moverá del lugar, se escogió un lugar abierto específicamente a la entrada de la planta de producción.

- **La ventilación**

Cuando el grupo electrógeno se pone en marcha emana gases que, si no se dispersan de forma oportuna, pueden ocasionar problemas por intoxicación adicional a esto se genera calor que puede ser peligroso para la durabilidad del equipo, por este motivo la estructura se encuentra en un espacio abierto.

**Figura 25**

*Lugar de instalación del sistema de transferencia*



### **3.2.3. Diseño y construcción del tablero de transferencia**

El tablero de transferencia es una caja o gabinete que contiene dispositivos de conexión, comando (LOGO!, selectores), maniobra (contactores), protección (breakers, fusibles), señalización (luces piloto, indicadores). El tablero está diseñado de acuerdo a los requerimientos de la empresa.

#### **3.2.3.1. Instalación de canaletas y riel DIN en el tablero.**

La figura 26 muestra la instalación de las canaletas gruesa 60x60mm y un riel DIN de uso estándar.

**Figura 26**

*Instalación de canaletas y riel DIN*

**3.2.3.2. Panel frontal del tablero de transferencia.**

Se establece el número necesario de selectores, pulsadores y luces piloto a ser utilizados en el sistema, a continuación, se procede a realizar las respectivas perforaciones con una broca de  $\frac{3}{4}$  de pulgada, por último, se instala en el panel frontal los dispositivos necesarios. En la figura 27 a la izquierda se indica la perforación del panel frontal, la figura a la derecha indica los dispositivos instalados son 2 selectores de 3 posiciones, 1 selector de 2 posiciones y 3 luces piloto.

**Figura 27**

*Instalación de dispositivos en el panel frontal*



### **3.2.3.3. Instalación de dispositivos al interior del tablero.**

Una vez montado el tablero en la pared, se instala todos los equipos de control y fuerza del sistema quedando listo el tablero para el conexionado.

En la figura 28 se observa un breaker de 65A, dos contactores de fuerza de 85A con bobina de 220V respectivamente, dos relés detectores de 110V respectivamente, un LOGO! 12/24 RCE, una fuente de alimentación 12VDC, un circuito para manejar un servomotor MG996R y un circuito cargador de Batería 12VDC.

**Figura 28**

*Instalación de dispositivos al interior del tablero*



### **3.2.4. Diseño y construcción del circuito controlador del servomotor**

Para el diseño y construcción del circuito controlador del servomotor tower MG996R se utiliza el software Proteus 8 Profesional, dos reguladores de voltaje 7805, un capacitor electrolítico de 100uF 16V, conectores, además al ser un servomotor controlado por PWM se utiliza una tarjeta microcontroladora Arduino nano.

### 3.2.4.1. Especificaciones técnicas del servomotor MG996R:.

- Voltaje de operación: 4,8 V a 7,2 V
- Velocidad de operación: 0,17 s/60° (4,8V), 0,14 a/60° (6V)
- Torque detenido: 9,4 Kgfxcm (4,8 V), 11 Kgfxcm (6 V)
- Ángulo de rotación: 120° aprox.
- Banda muerta 5 us
- Peso: 55 g
- Dimensiones: Largo 40,7 mm, ancho 19,7 mm, altura 42,9mm aprox.
- Largo del cable: 31cm aprox.

### Figura 29

*Servomotor MG996R*



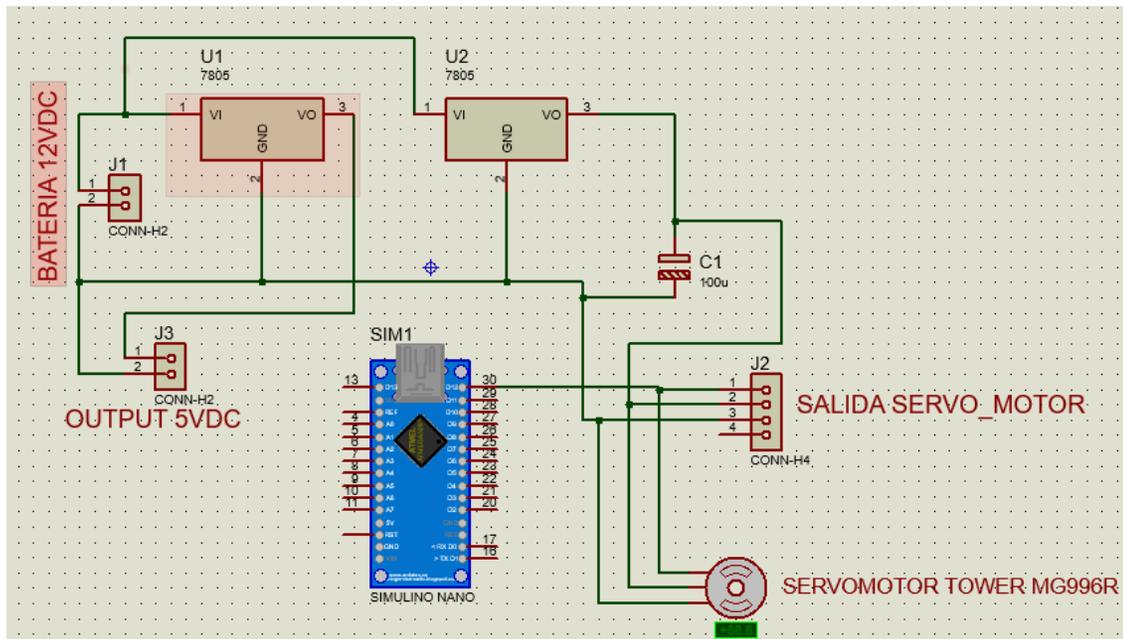
*Nota.* Tomado de (Llamas, 2016)

### 3.2.4.2. Esquema electrónico para controlar el servomotor.

La figura 30 muestra el esquema electrónico para controlar el servomotor MG996R desarrollado en el software Proteus 8 Profesional.

**Figura 30**

*Esquema electrónico para controlar el servomotor*

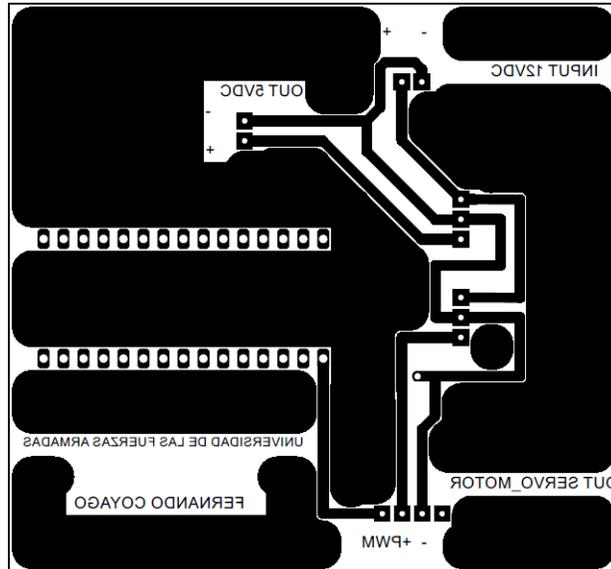


### 3.2.4.3. Diseño PCB del circuito controlador.

La figura 31 muestra el diseño PCB del circuito controlador listo para imprimir por el método de planchado.

**Figura 31**

*Diseño PCB del circuito controlador*



#### 3.2.4.4. Implementación física del circuito controlador.

En la figura 32 se observa el circuito controlador del servomotor MG996R montado en baquelita lista para su instalación en el tablero de transferencia.

**Figura 32**

*Diseño del circuito controlador en baquelita*



### **3.2.5. *Diseño y construcción del circuito cargador de batería 12VDC***

Dado que el sistema funcionará ininterrumpidamente, se debe garantizar el funcionamiento, además el grupo electrógeno no trabajará si no solo en emergencias, por tal motivo la batería del sistema no se mantendría cargada, debido a esto se ha diseñado y construido un cargador de batería de 12VDC, mismo que obtendrá la energía de la fuente de alimentación de 12VDC instalada en el tablero del sistema, esta fuente estará suministrando carga a la batería cuando se encuentre en el modo Red Eléctrica.

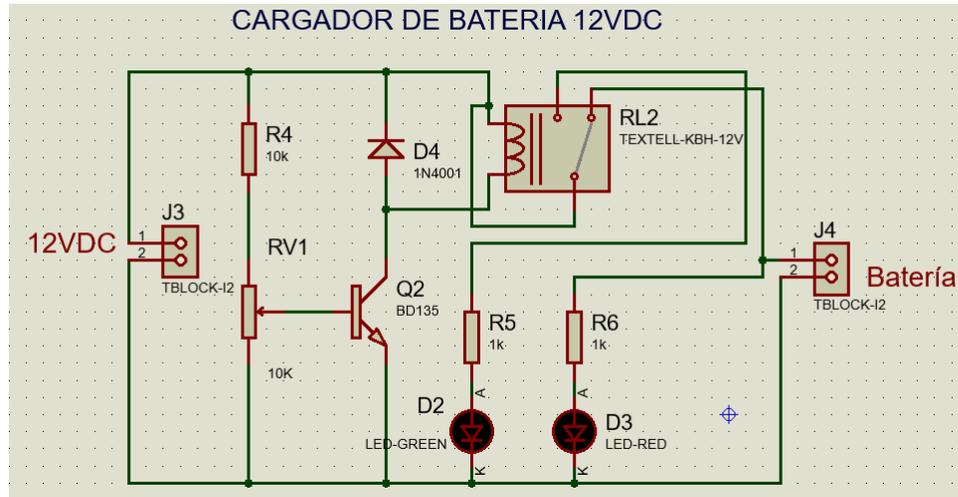
La función del circuito cargador de batería 12VDC es suministrar de corriente a la batería hasta que este alcance los 12,7V, una vez alcanzado este voltaje el circuito cortará el suministro de energía; cuando la batería baje su voltaje hasta los 11,7V el circuito detecta una bajada de voltaje y activa el suministro de energía hacia la batería. De este modo se garantiza el funcionamiento ininterrumpido del sistema y que la batería no se sobrecargue acortando la vida útil de la misma.

#### **3.2.5.1. *Esquema electrónico del cargador de batería.***

En la figura 33 se presenta el esquema electrónico para cargar una batería, realizada en el software Proteus 8 Profesional.

**Figura 33**

*Esquema electrónico cargador de batería*

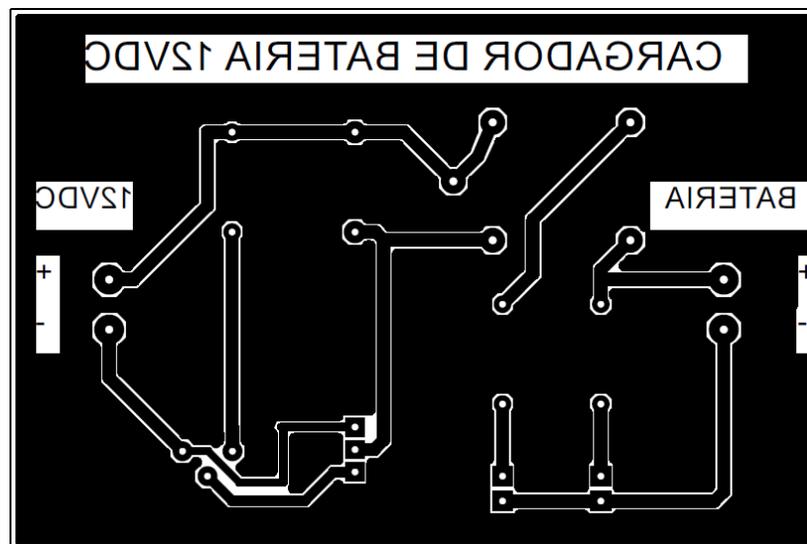


### 3.2.5.2. Diseño PCB del cargador de batería.

La figura 34 muestra el diseño PCB del circuito cargador de batería listo para imprimir por el método de planchado.

**Figura 34**

*Diseño PCB del Cargador de batería*

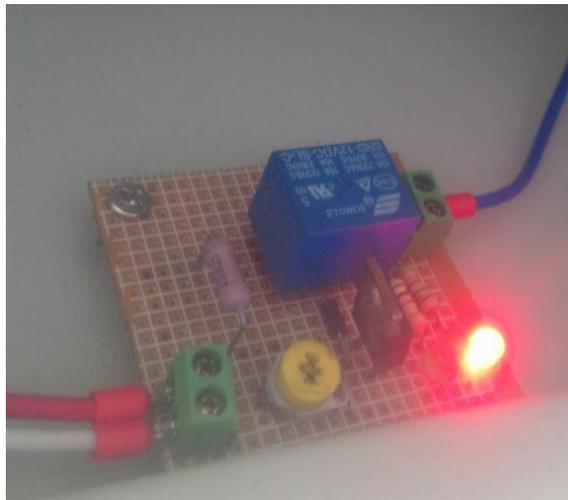


### 3.2.5.3. Implementación física del circuito cargador de batería 12VDC.

En la figura se observa el cargador de batería montado en baquelita instalado en el tablero de transferencia.

#### Figura 35

*Diseño del circuito cargador de batería en baquelita*



### 3.2.6. Grupo electrógeno

El grupo electrógeno que se utiliza en el presente proyecto es el generador eléctrico Stheiner Model\_STH 8000W diseñado y desarrollado en Alemania, presenta las siguientes características:

- Motor gasolina
- Tanque de 6 litros
- 110/220 V
- 60Hz
- Arranque electrónico
- Enfriamiento Automático
- Potencia: 8000w/16Hp
- Peso: 121,254 libras

**Figura 36**

*Generador eléctrico Stheiner Model STH 8000*



### **3.2.6.1. Adaptaciones al grupo electrógeno.**

Para acoplar el grupo electrógeno al sistema, es necesario realizar algunas adaptaciones eléctricas y mecánicas.

En el arranque electrónico se conectó en paralelo con la salida Q3 de LOGO!, el apagado electrónico se conectó en paralelo con la salida Q4 de LOGO!. Adicional se conectó cables calibre N.º 8 a L1, L2 y N al contactor KM2 el cual se activará una vez encendido el generador y suministrará energía a la carga.

**Figura 37**

*Adaptaciones eléctricas en el grupo electrógeno*



En cuanto a la adaptación mecánica se instala un servomotor MG996R para que abra y cierre el choque del carburador y el motor pueda arrancar, ya que si no se realiza esta acción el motor no arranca. El circuito controlador del servo motor está conectado a un contacto NC del relé de potencia de la red eléctrica de manera que el circuito no se activara a menos que el flujo de energía de la red eléctrica normal se interrumpa.

**Figura 38**

*Adaptación mecánica al choque del carburador*

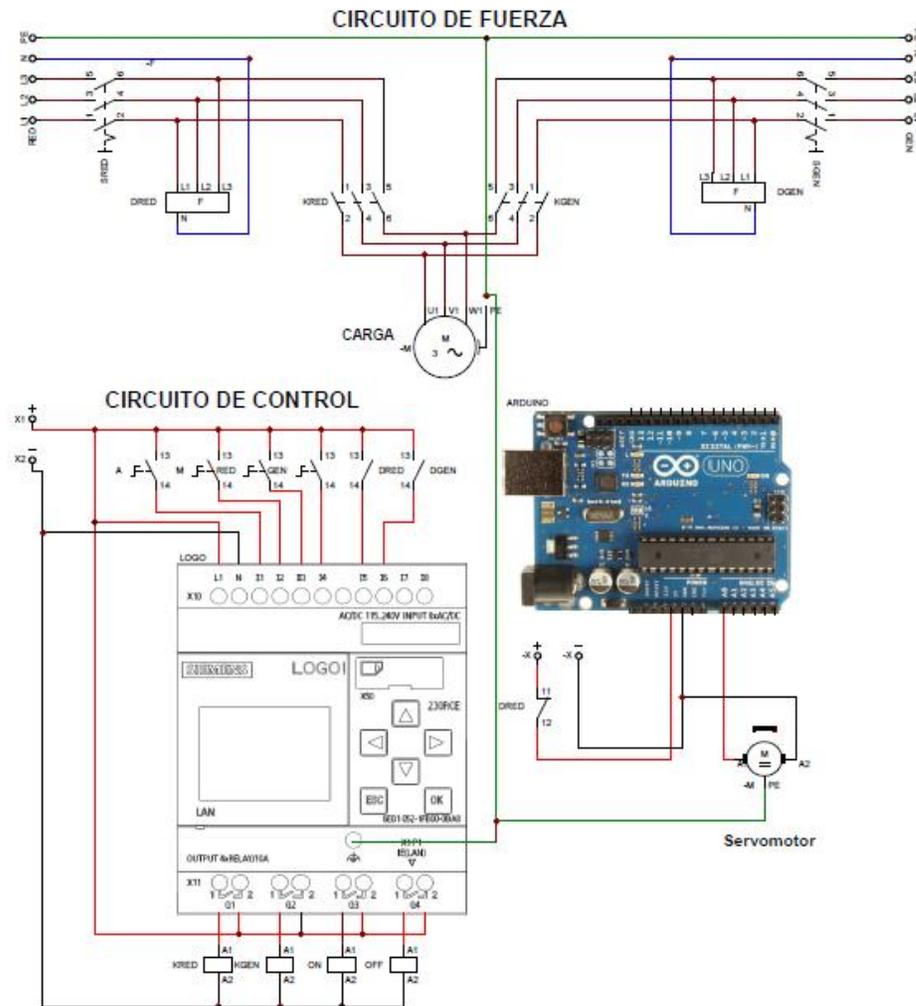


### 3.2.7. Montaje y conexión del sistema de transferencia

Una vez instalados los equipos al interior y en el panel frontal del tablero de transferencia se procede al montaje de todos los circuitos en conjunto para formar el sistema. Para que este montaje y conexión sea claro y fácil de implementar se ha diseñado el diagrama de conexiones en el software CADe\_SIMU Versión 4.0 el cual permite realizar simulaciones para verificar el correcto funcionamiento del sistema.

**Figura 39**

*Diagrama de conexiones del sistema de transferencia*



### **3.2.7.1. Circuito de fuerza.**

El circuito de fuerza está formado por 2 breakers de 65 A, uno para la red normal y otro para la red de reserva, los mismos que brindan la protección necesaria ante sobrecargas o un corto. También se tiene 2 relés detectores de falta de fases + neutro, uno para cada fuente respectivamente, estos se encargan de enviar la señal al LOGO! mismo que se encarga de procesar la información y realiza una decisión. Por último se tiene dos contactores de fuerza de 85A uno para cada fuente respectivamente, estos se encargan de transferir la energía de las fuentes a la carga, de acuerdo a las especificaciones del Software de LOGO!.

### **3.2.7.2. Circuito de control.**

El circuito de control está formado por un LOGO! 12/24 RCE, en sus entradas están instalados dos selectores de tres posiciones dando como resultado 4 entradas desde I1...I4, a la entrada I5 se conecta el detector de falta de fases de la red normal y en la I6 se conecta el detector de falta de fases del grupo electrógeno. Todas las entradas del logo son NA.

Las salidas de LOGO! están configuradas de la siguiente manera, Q1 acciona la bobina de 220AC del contactor de la red normal, Q2 acciona la bobina de 220AC del contactor del grupo electrógeno, Q3 acciona el encendido del grupo electrógeno con 12VDC, por último Q4 acciona el apagado del grupo electrógeno enviando a tierra la señal de la bobina de la bujía.

### 3.2.7.3. Circuito controlador del servomotor MG996R.

El circuito está formado por una tarjeta microcontroladora Arduino nano, la alimentación del circuito está conectada a un contacto NC del detector de falta de fases de la red normal, de tal manera que el circuito se activará solo si se pierde las fases y el neutro de la red normal, este circuito activara el servomotor MG996R el mismo que abrirá y cerrara el choque para que arranque el grupo electrógeno.

### 3.2.7.4. Conexión físico de fuente de alimentación 12VDC, selectores y luces piloto.

Una vez completado el diseño de todos los circuitos, se procede al conexionado del sistema, empezando por la fuente de alimentación y las entradas a LOGO! en este caso son NA digitales de 12VDC. Para esto se utilizó cable flexible calibre N.º 16 con sus respectivos terminales debidamente crimpados.

#### Figura 40

*Conexión de entradas digitales a LOGO!*



### 3.2.7.5. Conexión Circuito de control.

Para la conexión física del circuito de control se utiliza cable flexible calibre N.º 16, en esta etapa se conecta del breaker principal de la red eléctrica L1 y N a la fuente de alimentación de 12VDC, también los relés detectores de falta de fase y neutro a las entradas I5 e I6 de LOGO! respectivamente, la salida Q1 se conecta a la bobina del contactor KRED, Q2 se conecta a la bobina de KGEN, Q3 se conecta en paralelo al encendido del grupo electrógeno, Q4 se conecta en paralelo al apagado del grupo electrógeno.

#### Figura 41

*Conexión física del circuito de control*



### 3.2.7.6. Conexión físico del circuito de fuerza.

Para la conexión física del circuito de fuerza en la entrada de la red normal se utiliza cable de aluminio calibre N.º 8 en L1, L2 y N, a partir de allí se utiliza cable de cobre flexible calibre N.º 8 hasta finalizar en la carga, en esta etapa se conecta L1, L2 y N de la red normal a un breaker de 65A, seguidamente se conecta L1, L2 y N a las entradas de KRED en L1, L2 y L3 conectando en L3 a N. también se conecta del breaker de 65A del grupo electrógeno L1, L2 y N a las entradas de KGEN en L1, L2 y L3 conectando en L3 a N. Finalmente se puentean las salidas de KRED y KGEN hacia la carga.

#### Figura 42

*Conexión física del circuito de fuerza*



### 3.2.7.7. Montaje final del sistema de transferencia.

La figura 43 muestra el tablero de transferencia montado y listo para cargar el software y realizar las pruebas de funcionamiento.

**Figura 43**

*Tablero de transferencia automático 220V 65A*



### 3.3. Diseño del software

El avance de la tecnología electrónica ha permitido desarrollar softwares de alto nivel entre ellos LOGO!Soft Comfort V8 el cual permite altas prestaciones en el diseño de software para LOGO!. Con LOGO!Soft Comfort se puede diseñar un programa en el escritorio, a continuación se simula el programa en el ordenador y se comprueba el funcionamiento antes de ponerlo en marcha, se puede comentar e imprimir el programa,

se puede guardar los programas en el sistema de archivos del ordenador y estarán disponibles para usos posteriores, el programa se transfiere a LOGO! con pocas pulsaciones de tecla. Este Software es utilizado para el programa principal de transferencia de energía eléctrica.

Otro software de alto nivel es el Arduino IDE (Entorno de desarrollo integrado), es un entorno de programación en el que cualquiera puede crear aplicaciones para placas Arduino de esta manera se puede dar muchas utilidades. Este software es utilizado para programar el Arduino nano que controla el servomotor MG996R mediante señal PWM.

### ***3.3.1. Diagrama de flujo del programa principal***

El programa principal está diseñado para inspeccionar las señales de los relés detectores de falta de fases y neutro en cada una de las fuentes. El programa inspecciona la entrada I1 para trabajar en modo automático y la entrada I2 para trabajar en modo manual.

En el modo automático el programa comprueba el estado de la fuente normal en la entrada I5 y el estado de la fuente de reserva en la entrada I6. En el caso de existir una falla en la red normal el contactor KRED se desenchava a través de la salida Q1, seguidamente la salida Q3 envía la señal de arranque por 3 segundos al grupo electrógeno, al mismo tiempo un contacto NC del relé detector de la red normal activa el circuito controlador del servomotor MG996R para abrir el choque por 5 segundos hasta que el grupo electrógeno arranque totalmente una vez transcurrido el tiempo el servomotor regresa a la ubicación original.

Cuando el grupo electrógeno este encendido el relé detector de la fuente de reserva envía la señal a la entrada I6 y después de 5 segundos se realiza la transferencia

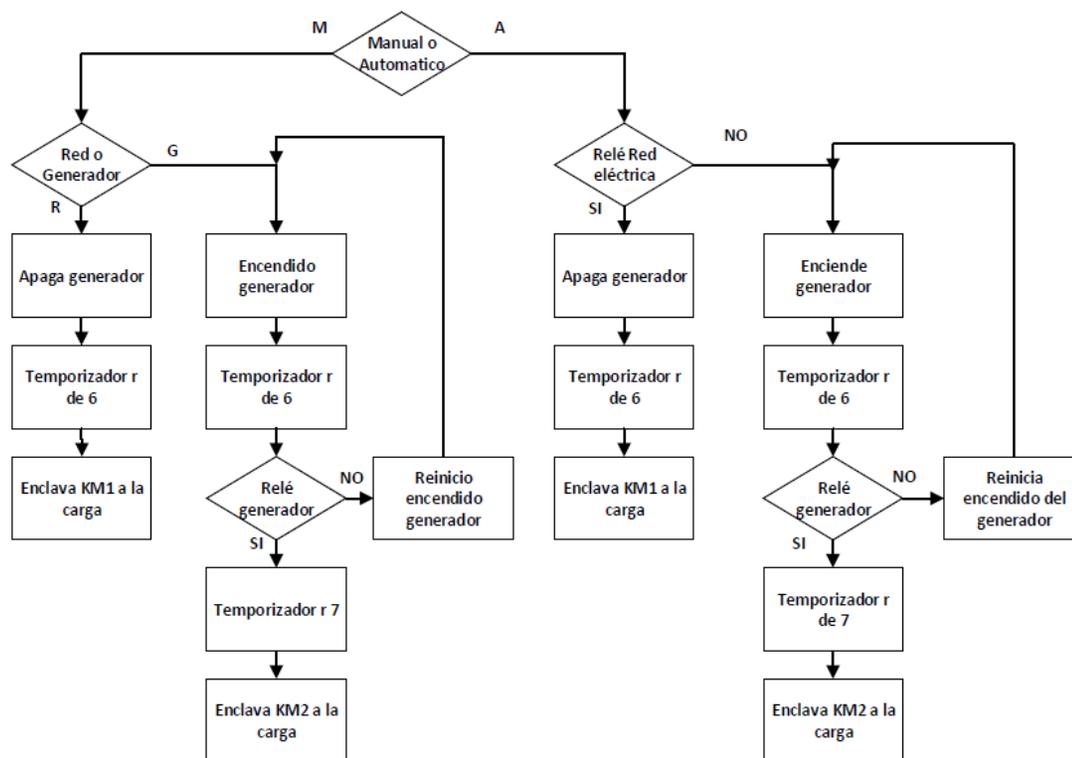
a través de la salida Q2 que enclava el contactor KGEN para suministrar energía a la carga. Cuando la entrada I5 detecte flujo de corriente en la fuente normal la salida Q2 desenclava el contactor KGEN y envía la señal de apagado al grupo electrógeno por medio de la salida Q4, después de 5 segundos se realiza la retransferencia a través de Q1 enclavando el contactor KRED.

En el modo manual, la entrada I2 esta activada y se maneja un interruptor respectivo para la fuente normal la entrada I3 y fuente de reserva la entrada I4. En el modo manual/fuente normal se enclava KRED a través de la salida Q1. En el modo manual/fuente de reserva la salida Q3 envía la señal de arranque por 3 segundos al grupo electrógeno, al mismo tiempo un contacto NC del relé detector de la red normal activa el circuito controlador del servomotor MG996R para abrir el choque por 5 segundos hasta que el grupo electrógeno arranque totalmente una vez transcurrido el tiempo el servomotor regresa a la ubicación original.

Cuando el grupo electrógeno este encendido el relé detector de la fuente de reserva envía la señal a la entrada I6 y después de 5 segundos se realiza la transferencia a través de la salida Q2 que enclava el contactor KGEN para suministrar energía a la carga. Cuando el operador cambie a modo manual/fuente normal el grupo electrógeno se apagará a través de la salida Q4, después de 5 segundos se realiza la retransferencia a través de Q1 enclavando el contactor KRED. En la figura 44 se muestra el diagrama de flujo del programa principal del sistema de transferencia eléctrica.

Figura 44

Diagrama de flujo del programa principal



### 3.3.2. Diagrama de flujo del programa controlador del servomotor

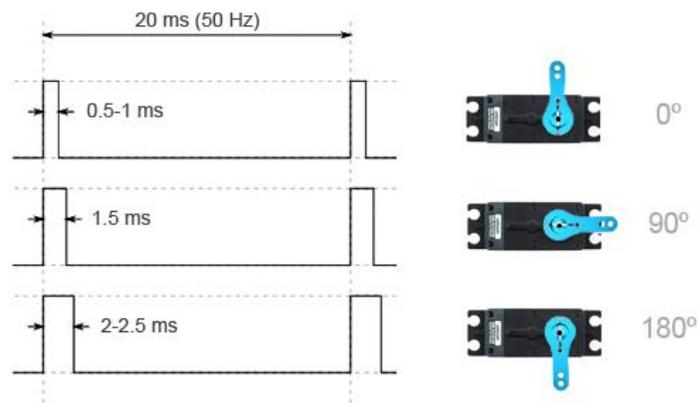
El programa esta diseñado para girar el servomotor de  $0^{\circ}$  a  $180^{\circ}$  y se detiene por 4 segundos, luego el servomotor gira de  $180^{\circ}$  a  $0^{\circ}$  y se detiene, esta accion lo realizará por una sola ves, ya que el mecanismo que abre el sermotor es el choque del carburador del grupo electrogeno y solo necesita abrirlo al arranue del motor, luego el choque se cierra para el normal funcionamiento del grupo electrógeno.

Internamente un servo está formado por un motor DC, acoplado a un reductor para reducir la velocidad de giro y tenga fuerza, tambien cuenta con la electrónica necesaria para controlar su posición. Para comunicar la posicion deseada desde la tarjeta microcontroladora se realiza mediante la transmisión de una señal pulsada (PWM) con

periodo de 20ms, el ancho de pulso determina la posición del servo. La relación entre el ancho de pulso y el ángulo depende del modelo del motor, algunos modelos responden con 0° a un pulso de 500ms y otros de 1000ms. (Llamas, 2016).

### Figura 45

*Funcionamiento de un servomotor de acuerdo al ancho de pulso*



*Nota.* Tomado de (Llamas, 2016)

En general, en todos los modelos:

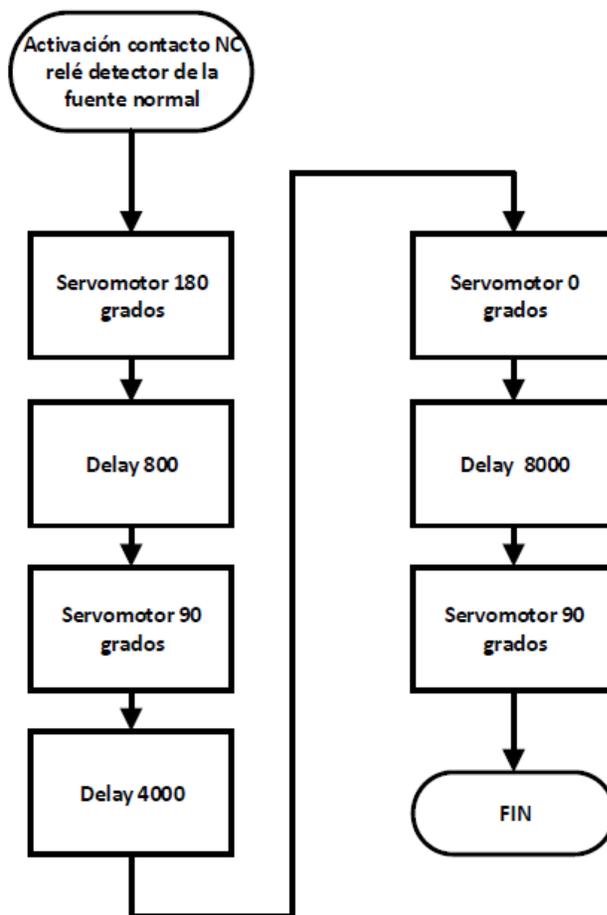
- Un pulso entre 500-1000 us corresponde a 0°
- Un pulso de 1500 us corresponde a 90° (punto neutro)
- Un pulso entre 2000-2500 us corresponde a 180°

El programa está diseñado en el ID de Arduino, al ser un programa que no necesita repeticiones, si no que se ejecute una sola vez se lo realizó en el void setup. Al recibir la señal del contacto NC del relé detector de la fuente normal el servomotor gira 180° a una velocidad de 800ms, el servomotor se detiene al escribir 90° espera en esa posición 4000 ms y luego gira en sentido contrario hasta llegar a 0° a una velocidad de 800ms, el servomotor se detiene al escribir 90° y no se moverá hasta que se corte la

energía del microcontrolador y vuelva a energizarse y realice el mismo ciclo. En la figura 46 muestra el diagrama de flujo del programa controlador del servomotor.

**Figura 46**

*Diagrama de flujo del programa controlador de servomotor*



### **3.4. Montaje y pruebas**

#### **3.4.1. Montaje y pruebas del circuito de mando**

Una vez montados y conectados los equipos en el tablero de transferencia se procede a transferir el programa diseñado en LOGO!Soft Comfort V8 desde la PC a LOGO! 12/24 RCE, misma que se realiza mediante un cable ethernet, también se puede transferir mediante una tarjeta Micro SD.

Transferido el programa a LOGO!, se inicia la prueba de funcionamiento del circuito de mando, se verifica las entradas de los selectores y relés detectores. Se simula el corte de energía de la red normal, en modo automático la salida Q1 se desactiva y la salida Q3 se activa por 5 segundos, a los 5 segundos que Q3 se desactiva Q2 se activa hasta que se habilita la energía de la red normal, entonces Q2 se desactiva y se activa Q4 por 5 segundos, a los 5 segundos que Q2 se desactiva Q1 se activa. Entendiéndose que el circuito controlador funciona de acuerdo a lo esperado.

Esta prueba se la realiza sin conectar el grupo electrógeno y circuito de fuerza, teniendo las debidas precauciones de seguridad para no estropear los equipos. En la figura 47 se muestra las pruebas del circuito de mando, se puede apreciar que el circuito de fuerza no está conectado.

**Figura 47**

*Pruebas del circuito de mando*



### **3.4.2. Montaje y pruebas del circuito de fuerza**

Probado el circuito de mando se procede al montaje y conexión del circuito de fuerza y grupo electrógeno al tablero de transferencia, se conecta L1, L2 y N de la red normal al contactor KRED, también se conecta L1, L2 y N del grupo electrógeno al contactor KGEN y se puentean las salidas de los mismos hacia la carga. En las pruebas realizadas se debió aumentar el tiempo de arranque del grupo electrógeno, quedando la salida Q3 con un tiempo activado de 7 segundos, quedando el circuito de fuerza funcionando de acuerdo a lo esperado. En la figura 48 se observa el circuito de fuerza y grupo electrógeno conectados al circuito de mando.

**Figura 48**

*Pruebas del circuito de fuerza*



### **3.4.3. Montaje del sistema completo**

En el montaje del sistema completo se realiza las conexiones de:

- Circuito de control
- Circuito de fuerza
- Circuito controlador del servomotor
- Circuito cargador de batería 12VDC
- Fuente de alimentación 12VDC 10A
- Grupo electrógeno

La figura 49 presenta el montaje completo del sistema, a la izquierda inferior se encuentra el cargador de batería 12VDC, en la parte superior frontal se encuentra el circuito de fuerza, en la parte inferior frontal se encuentra el circuito de control junto a la fuente de alimentación 12VDC y los relés detectores, en la parte inferior derecha tenemos el circuito controlador del servomotor, el grupo electrógeno está conectado como se muestra en la figura 50.

### Figura 49

*Montaje del sistema completo*



A continuación, se realiza la protección del cable hacia el grupo electrógeno y la batería de 12VDC.

**Figura 50**

*Protección del cable*



#### **3.4.4. Etiquetado del tablero de transferencia**

Por norma general para que el tablero pueda ser manejado por los operadores de la empresa se procede a etiquetar el panel de control del tablero de transferencia eléctrica, el cual consta de:

- 1 selector de tres posiciones automático/manual.
- 1 selector de tres posiciones red eléctrica/generador.
- 1 selector de dos posiciones para activar el choque del motor en bajas temperaturas.
- 1 luz indicadora del uso de la red eléctrica.
- 1 luz indicadora del uso del generador eléctrico.

**Figura 51**

*Etiquetado del tablero de transferencia*



### **3.4.5. Presentación del sistema en funcionamiento**

Finalmente se presenta el sistema de transferencia automático de energía eléctrica funcionando y conectado a la carga que en este caso es la planta de producción de la empresa Panificadora Dulce Pan, misma que tiene un consumo de corriente promedio de 55A con todos los equipos de la planta encendidos.

La figura 52 presenta el sistema de transferencia automático de energía eléctrica en funcionamiento conectado a la carga de la planta de producción de la empresa Panificadora Dulce Pan.

**Figura 52**

*Sistema de transferencia automático en funcionamiento*



## CAPÍTULO IV

### 4. Marco Administrativo

#### 4.1. Recursos Humanos

**Tabla 5**

*Recursos Humanos*

Nombres	Cargo
Coyago López, Luis Fernando	Estudiante
Ing. Ávila Villacís, Adrián Alejandro	Tutor del proyecto

#### 4.2. Recursos Tecnológicos

- Computador
- Acceso a internet
- Impresora
- Smartphone

#### 4.3. Recursos Materiales

**Tabla 6**

*Recursos Materiales*

Cantidad	Descripción
1	Grupo electrógeno Stheiner Model_STH 8000W
1	MLP LOGO! 12/24RCE SIEMENS
1	Gabinete doble/F/L 60x40x20 Beacoup
1	Fuente de alimentación 12VDC 10A
2	Contactador 3P 85A 220V
2	Relés detectores
2	Selectores tres posiciones
1	Pulsador NC
3	Luces piloto
2	Canaleta gruesa para tablero 60x60cm
1	Riel DIN 1m
1	Arduino nano
1	Capacitor electrolítico 100uf
1	Servomotor MG996R

Cantidad	Descripción
4	Borneras
2	Baquelita para PCB 10x10cm
2	Reguladores de voltaje 7805
1	Relé 12VDC
2	Resistencias 1K
1	Resistencia 10K
1	Potenciómetro 10k
2	Diodos LED
1	Diodo rectificador
1	Transistor BD135
1	Machinadora manual (#22 AWG al #8 AWG)
	Tornillos diferente medidas
20m	Cable #8 AWG flexible
5m	Cable #14 AWG flexible
15m	Cable #16 AWG flexible
	Terminales conectores para cable
1	Protector Organizador para Cables (Espirales)
1	Prensa estopa 29 mm
2	Prensa estopa 21 mm
2	Prensa estopa 16 mm
1	Soldadora de estaño
	Juego de destornilladores
1	Paquete de amarras
1	Voltímetro
1	Pinza Amperimétrica

#### 4.4. Presupuesto

**Tabla 7**

*Costos principales*

Detalle	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Grupo electrógeno Stheiner Model_STH 8000W	1	\$ 1200	\$ 1200
MLP LOGO! 12/24RCE SIEMENS	1	\$ 145,6	\$ 145,6
Gabinete doble/F/L 60x40x20 Beacoup	1	\$ 52,23	\$ 52,23
Fuente de alimentación 12VDC 10A	1	\$ 10	\$ 10
Contactador 3P 85A 220V	2	\$ 58,80	\$ 101,61
Relés detectores	2	\$ 9,10	\$ 18,20
Selectores tres posiciones	2	\$ 2,97	\$ 5,94
Pulsador NC	1	\$ 2,00	\$ 2,00
Luces piloto	3	\$ 1,00	\$ 3,00
Canaleta gruesa para tablero 60x60cm	2	\$ 12,13	\$ 24,26
Riel DIN 1m	1	\$ 2,63	\$ 2,63
Arduino nano	1	\$ 9,00	\$ 9,00
Servomotor MG996R	1	\$ 11,00	\$ 11,00

<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor total</b>
Machinadora manual (#22 AWG al #8 AWG)	1	\$ 21,92	\$ 21,92
Cable #8 AWG flexible	20m	\$ 0,90	\$ 18,00
Cable #14 AWG flexible	5m	\$ 0,45	\$ 2,25
Cable #16 AWG flexible	15m	\$ 0,35	\$ 5,25
Terminales conectores para cable		\$7,00	\$ 7,00
Protector Organizador para Cables (Espirales)	1	\$ 14,00	\$ 14,00
Prensa estopa 29 mm	1	\$ 4,75	\$ 4,75
Prensa estopa 21 mm	2	\$ 3,25	\$ 6,50
Prensa estopa 16 mm	2	\$ 2,75	\$ 5,50
<b>Valor Total</b>			<b>\$1669,59</b>

Fuente: Facturas

**Tabla 8**

*Costos Secundarios*

<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Útiles de oficina	4	\$ 0,50	\$ 2,00
Copias	330	\$ 0,03	\$ 9,9
Internet	100hrs	\$ 0,65	\$ 65,00
Impresiones	260	\$ 0,08	\$ 20,80
Anillados	4	\$ 2,50	\$ 10,00
Resma	1	\$ 4,50	\$ 4,50
<b>Valor Total</b>			<b>\$112.2</b>

Fuente: Presupuesto

**Tabla 9**

*Costo total*

<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
Gastos principales	\$1669,59
Gastos secundarios	\$112.2
<b>Total</b>	<b>\$ 1781,79</b>

Fuente: Presupuesto

## CAPÍTULO V

### 5. Conclusiones y recomendaciones

#### 5.1. Conclusiones

- El objetivo principal de este trabajo de titulación fue dar solución a los cortes de flujo de energía eléctrica inesperados en la planta de producción de la empresa panificadora Dulce Pan, ya que el proceso de producción es muy sensible y no puede detenerse, por lo que se presenta una solución, un sistema de transferencia automático de energía eléctrica.
- Por lo tanto, el aporte principal de este trabajo de titulación consiste en la implementación de un sistema de transferencia automático de energía eléctrica, monitoreando y controlando dos fuentes de energía, la normal y de reserva, manteniendo una alimentación constante de fluido eléctrico a la carga de 220VAC, 63A, 60Hz, permitiendo con esto el normal funcionamiento de la planta de producción, de forma automática en eventuales cortes de energía por fallas o mantenimiento de la red de distribución de energía eléctrica.
- En este trabajo de titulación se demuestra que la implementación del sistema de transferencia mediante un PLC LOGO! presenta una gran ventaja y versatilidad, reduciendo la utilización de equipos electro mecánicos y por ende los costes de implementación no son muy altos.
- Lo expuesto anteriormente permite concluir que los PLC son equipos muy confiables para desarrollar sistemas automáticos en la industria.
- Dentro de los objetivos más relevantes de la implementación del sistema de transferencia se encuentra el diseño de software mediante LOGO!Soft Comfort,

como una herramienta tecnológica que resulta ser versátil y optima, haciendo del hardware y software más compacto y sencillo a la hora de implementar en el campo. De igual manera al ser un software estándar su mantenimiento o cambio puede ser realizado por un cualificado técnico en automatización.

- El resultado de este trabajo de titulación es, por tanto, la implementación de: un circuito de control que realiza el monitoreo de las fuentes de energía y toma una decisión de acuerdo al software preestablecido en el LOGO! 12/24 RCE, un circuito de fuerza que realiza la transferencia de energía desde las fuentes hacia la carga, un circuito controlador del servomotor que abre y cierra el choque del grupo electrógeno al momento de arranque, una fuente de alimentación 12VDC 10A que alimenta de energía al LOGO! cuando trabaja la fuente normal y carga la batería que alimentará al LOGO! y encenderá el grupo electrógeno en cortes del fluido eléctrico de la fuente normal, un cargador de batería 12VDC que garantiza que la batería de 12VDC se encuentre en los niveles de voltaje apropiados y no se sobrecargue, el trabajo conjunto de todos estos equipos forman el sistema de transferencia automático de energía eléctrica.

## **5.2. Recomendaciones**

- El sistema está diseñado para trabajar ininterrumpidamente, sin embargo, se recomienda realizar pruebas de funcionamiento y verificación del estado de la batería por lo menos cada 6 meses.
- El sistema de transferencia está diseñado para que en un futuro la empresa si así lo requiere cambie el grupo electrógeno por uno de más potencia, por lo que se recomienda a la empresa Dulce Pan esta opción y pueda abastecer el sistema a todo el edificio.

- A los operadores de la empresa, se recomienda seguir los pasos del panel frontal del tablero de transferencia y tomar las medidas de seguridad y precaución para realizar maniobras en el sistema de transferencia automático de energía eléctrica.
- De la experiencia, los dispositivos PLC's no tienen la acogida en las industrias ecuatorianas, esto se debe a que el técnico tiene que contar con conocimientos de programación y este servicio es bastante remunerado, dejando el uso de PLC's a pocas industrias que pueden pagar estos costos, sin embargo, se recomienda a las empresas adaptarse a las nuevas tecnologías, aunque en un principio represente grandes gastos a la postre se verán los beneficios económicos para la empresa.

### 5.3. Glosario

- ✓ **Arranque.-** Encendido del grupo electrógeno para generar electricidad.
- ✓ **Bobinas.-** Es un componente pasivo de un circuito eléctrico que, debido al fenómeno de autoinducción, almacena energía en forma de campo magnético.
- ✓ **Cargador de batería.-** Es un dispositivo utilizado para suministrar una corriente eléctrica, en sentido opuesto al de la corriente de descarga, a una batería o pila recargable para que esta recupere su carga energética.
- ✓ **Contacto NC.-** Contactos normalmente cerrados.

- ✓ **Contactador.-** Es un elemento electromecánico que tiene la capacidad de establecer o interrumpir la corriente eléctrica de una carga, con la posibilidad de ser accionado a distancia mediante la utilización de elementos de comando
- ✓ **Disyuntor.-** Es un dispositivo capaz de interrumpir o de abrir un circuito eléctrico cuando ocurre un error de aislación en una instalación eléctrica. Sirve para proteger tanto a los propios dispositivos eléctricos como a las personas.
- ✓ **Grupo electrógeno.-** Un grupo electrógeno está destinado a una gran variedad de empleos, desempeñando la función de proveer de energía de reserva, suplementaria o de emergencia, para diversas instalaciones de servicios auxiliares.
- ✓ **LOGO!.-** LOGO! es el módulo lógico o PLC (controlador lógico programable) universal de Siemens, ideal para implementar tareas de automatización industrial
- ✓ **LOGO!Soft Comfort.-** El software Soft Comfort V8.2 sirve para la intuitiva creación de programas, simulación de proyectos y documentación para los usuarios de Logo!
- ✓ **PCB.-** Viene del termino en ingles Printed Circuit Board, es una tarjeta o placa de circuito impreso, que soporta y conecta los componentes electrónicos, con caminos o pistas de cobre, para que un circuito o producto funcione como se desea.
- ✓ **PLC.-** Es un aparato electrónico que sustituye los circuitos auxiliares y de mando de los sistemas automáticos. A él se le conectan entradas como sensores,

transductores, pulsadores, selectores, etc. Y salidas como bobinas de contactores, lámparas, luces piloto, alarmas.

- ✓ **Servomotor.-** Es un dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición.
  
- ✓ **Tablero de distribución principal.-** Es uno de los componentes principales de una instalación eléctrica, en él se protege cada uno de los distintos circuitos en los que se divide las instalaciones a través de fusibles, protecciones magnetotérmicas y diferenciales.
  
- ✓ **Temporizadores.-** Dispositivo eléctrico que regula de forma automática el encendido y el apagado de una máquina, un instrumento, etc.

#### 5.4. Bibliografía

Aguilera Martínez, P. (2002). *PROGRAMACIÓN PLC'S*. San Nicolás de los Garza. N. L.

Albuja Barrero, H. W., & Ballagan Costales, J. A. (2001). *Diseño y Construcción de un Prototipo de Sistema de Control para la Transferencia Automática de Energía a 220V/60 Hz*. Quito.

Alejandro, D. (2013). *Tableros de distribución y centros de carga*. Obtenido de <http://tableros2013.blogspot.com/2013/04/que-es-un-tablero-de-distribuciones-un.html>. Recuperado el 12 de febrero del 2021

Lacoste, J., & Colicigno, S. (2001). *Grupos Electrónicos*. La Plata.

Llamas, L. (6 de Junio de 2016). *Talleres Arduino*. Obtenido de Control de un servo con Arduino: <https://www.luisllamas.es/controlar-un-servo-con-arduino/> Recuperado el 07 de marzo del 2021

Ponce Sandoval, M. A., & Montufar Chata, J. A. (2014). *Diseño, Construcción, Instalación y Puesta en Marcha de un Sistema de Control Automatizado para un Grupo Electrónico de 6.5 KVA de MOBHI GRIFOS*. Puno.

SIEMENS, A. (2020). *Ayuda en pantalla de LOGO!Soft Comfort*. Nurnberg.

SIEMENS, A. (2020). *LOGO! Manual del sistema*. Nurnberg.

## Anexos