



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA**

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

**TEMA: REPOTENCIACIÓN DEL TABLERO ELÉCTRICO DE  
CONTROL DE UNA MÁQUINA DE CHUPETAS DE CAMELO EN LA  
EMPRESA SYLVERMIEL**

**AUTOR: QUINTEROS ESPARZA, ALVARO DAVID**

**DIRECTOR: ING. CHUCHICO ARCOS, CRISTIAN PAUL**

**LATACUNGA**

**2020**



## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

### CARRERA DE TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA

#### CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, ***“REPOTENCIACIÓN DEL TABLERO ELÉCTRICO DE CONTROL DE UNA MÁQUINA DE CHUPETAS DE CARAMELO EN LA EMPRESA SYLVERMIEL”*** fue realizado por el señor ***Quinteros Esparza, Álvaro David*** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 03 de febrero del 2020

**ING. CHUCHICO ARCOS, CRISTIAN PAUL**

C. C.: 0503062713



## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

### CARRERA DE TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA

#### AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Quinteros Esparza, Álvaro David*, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: ***REPOTENCIACIÓN DEL TABLERO ELÉCTRICO DE CONTROL DE UNA MÁQUINA DE CHUPETAS DE CARAMELO EN LA EMPRESA SYLVERMIEL*** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 03 de febrero del 2020

**QUINTEROS ESPARZA, ÁLVARO DAVID**

C.C.: 1715813224



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, *Quinteros Esparza, Álvaro David*, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: ***REPOTENCIACIÓN DEL TABLERO ELÉCTRICO DE CONTROL DE UNA MÁQUINA DE CHUPETAS DE CARAMELO EN LA EMPRESA SYLVERMIEL*** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 03 de febrero del 2020

**QUINTEROS ESPARZA, ÁLVARO DAVID**

C.C.: 1715813224

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### CARÁTULA

CERTIFICACIÓN.....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix

### CAPÍTULO I

#### REPOTENCIACIÓN DEL TABLERO ELÉCTRICO DE CONTROL DE UNA MÁQUINA DE CHUPETAS EN LA EMPRESA SYLVERMIEL

1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos .....	4
1.5 General .....	4
1.6 Específicos.....	4
1.7 Alcance.....	5

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción.....	6
-----------------------	---

2.2	Máquina.....	6
2.3	Componentes .....	7
2.4	Maquinaria industrial.....	7
2.5	Tablero .....	8
2.6	Elementos de maniobra o control .....	10
2.7	Elementos de protección .....	13
2.8	Conductores eléctricos .....	15
2.9	Aplicación de los conductores.....	18
2.10	Cálculo de conductores.....	20
2.11	Motores electricos.....	21
2.12	Variador de frecuencia.....	26
2.13	Logo .....	27

### **CAPÍTULO III**

#### **DESARROLLO**

Protección general de elementos del tablero: .....	33
----------------------------------------------------	----

### **CAPÍTULO IV**

#### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1. Conclusiones .....	43
4.2. Recomendaciones.....	44

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>45</b>
-----------------------------------------	-----------

<b>ANEXOS .....</b>	<b>47</b>
---------------------	-----------

**ÍNDICE DE TABLAS**

**Tabla 1** *Motores que se debe controlar con el tablero, potencias y amperaje* ..... 32

**Tabla 2** *Elementos que se adquieren para la instalación* ..... 40

**ÍNDICE DE FIGURAS**

<i>Figura 1.</i> Ejemplo de una Máquina. ....	6
<i>Figura 2.</i> Máquina empacadora de líquidos. ....	8
<i>Figura 3.</i> Ejemplo de un tablero de comando o control. ....	10
<i>Figura 4.</i> Conductor de alambre. ....	16
<i>Figura 5.</i> Cable conductor. ....	17
<i>Figura 6.</i> Cable monoconductor. ....	17
<i>Figura 7.</i> Cable multiconductor. ....	17
<i>Figura 8.</i> Cables de media tensión. ....	19
<i>Figura 9.</i> Principio de rotación de un motor. ....	22
<i>Figura 10.</i> Conexión en estrella y triángulo de un motor. ....	25
<i>Figura 11.</i> Izquierda: Pequeña unidad de variación de frecuencia. ....	27
<i>Figura 12.</i> Ejemplo de esquema de un LOGO. ....	28
<i>Figura 13.</i> Tablero de control actual en fotografía a la izquierda y .....	30

## RESUMEN

La capacidad del ser humano para diseñar elementos de maquinarias es elevada y facilitan el uso de los aparatos que se usa diariamente, como por ejemplo la operación de una licuadora, de una lavadora o secadora, televisores, etc., así como de un centro de mecanizado, bombas de agua o de una empacadora de productos. A todos estos sistemas, se los puede controlar según el requerimiento mediante la aplicación de unidades de control, mando y manipulación. En toda empresa o fábrica productora lo que se busca es conseguir mayor producción a un menor costo. Este trabajo, propone la repotenciación del tablero de control de la máquina de paletas, el mismo que ayuda a la operación de encendido, apagado y control de los motores, resistencias y demás elementos eléctricos que conforman la máquina, pretendiendo lograr el eficiente funcionamiento de la misma, además al momento de realizar un mantenimiento correctivo, con una adecuada distribución de los elementos de protección al interior del tablero y colocando etiquetas, marquillas y numeración de los elementos mencionados así como de los conductores, se optimiza el mantenimiento correctivo que se requiera realizar en la máquina. El hecho de realizar mejoras en la maquinaria contempla que la elaboración de un producto se ejecuta con mayor facilidad obteniendo en cantidad y calidad.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **MÁQUINA DE CHUPETAS**
- **CONDUCTORES ELÉCTRICOS**
- **VARIADORES DE FRECUENCIA**
- **MOTORES ELÉCTRICOS**
- **PROTECCIONES ELÉCTRICAS**

## **ABSTRACT**

The ability of the human being to design elements of machinery is high and facilitate the use of the devices used daily, such as the operation of a blender, a washer or dryer, televisions, etc., as well as a center for machining, water pumps or a product baler. All these systems can be controlled according to the requirement by applying control, command and handling units. In any production company or factory, what is sought is to achieve greater production at a lower cost. This work proposes the repowering of the control panel of the pallet machine, which helps the operation of starting, shutting down and controlling the motors, resistors and other electrical elements that make up the machine, trying to achieve the efficient operation of the In addition, at the time of performing a corrective maintenance, with an adequate distribution of the protection elements inside the board and placing labels, marquillas and numbering of the mentioned elements as well as the conductors, the corrective maintenance that is required to perform is optimized in the machine. The fact of making improvements in the machinery contemplates that the elaboration of a product is executed with greater ease obtaining in quantity and quality.

### **KEYWORDS:**

- **LOLLIPOP MACHINE**
- **ELECTRIC CONDUCTORS**
- **FREQUENCY VARIATORS**
- **ELECTRIC MOTORS**
- **ELECTRIC PROTECTIONS**

## **CAPÍTULO I**

### **Repotenciación del tablero eléctrico de control de una máquina de chupetas de caramelo en la empresa Sylvermiel.**

#### **1.1 ANTECEDENTES**

La empresa Sylvermiel S.A. ubicada a una hora al norte de la ciudad de Quito, fue fundada en Julio del año 2000; a partir de esa fecha se dedica a la actividad de proveer de confites al mercado nacional.

Las fallas ocasionadas por el mal funcionamiento de los componentes eléctricos, generan disminución en el proceso de producción y malestar en los operarios, ya que no se puede cumplir con los estándares de producción establecidos y genera a su vez desperdicio de la materia prima o reprocesos del producto.

Con el avance tecnológico, la maquinaria de la empresa necesita ser repotenciada para obtener una mejora en su producción, para esto se pretende realizar la repotenciación del tablero eléctrico de control de la máquina de paletas y así evitar los paros innecesarios que se pueden ocasionar por elementos defectuosos en el tablero existente.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El problema detectado para el caso de este proyecto es la constante falla de los elementos del tablero de control de la máquina de paletas, los cuales ocasionan paros innecesarios de la producción y a su vez generando pérdidas económicas para la empresa.

Aproximadamente hace más de un año los elementos eléctricos que se encuentran en los tableros de control de las maquinarias de la empresa Sylvermiel S.A., con el pasar de los años han disminuido sus principales características de funcionamiento y en ciertas ocasiones se vuelven ineficientes y hasta obsoletas.

Los principales problemas generados son paros innecesarios en la producción, desperdicio de la materia prima, pérdida de tiempo en retomar el trabajo.

De no solucionarse los inconvenientes se genera una pérdida económica alta en la elaboración del producto. También resulta difícil identificar un fallo dentro del tablero debido a que el cableado no se encuentra debidamente señalado, y por esto no se puede realizar una reactivación inmediata de la máquina causada por un desperfecto interno.

Para una buena calidad y menor desperdicio en la elaboración de los productos es conveniente solucionar los problemas en la maquinaria.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

Para evitar que existan paros innecesarios en los procesos de producción se pretende realizar la repotenciación del tablero de control, que para este caso en particular será de la máquina de paletas de caramelo de dicha empresa, mencionando que mejorará la producción en la planta, gracias a que no existiría paros innecesarios por daños eléctricos, mediante la utilización de elementos actuales de protección y control se logra tener una mayor confianza en que reducirá fallos en el control de la maquinaria.

Un tablero de control repotenciado es de gran beneficio para la empresa, ya que proporciona seguridad en el manejo de la maquinaria, los operarios de la máquina también tienen mayor confianza en realizar un trabajo que no genere pérdidas.

Con este proyecto se pretende minimizar los paros de producción que se pueden ocasionar por elementos defectuosos en la parte de control de la maquinaria, los cuales afectan al buen funcionamiento de la fábrica y adicionan gastos adicionales o pérdidas a la misma.

Debido a la necesidad de la producción en la empresa, se tiene un tiempo limitado para la instalación del tablero de control, pero para el avance de la repotenciación del tablero sin interferir con el proceso de la planta, se puede avanzar independientemente instalando los elementos de protección y control necesarios en el nuevo gabinete, para luego, en coordinación con el área de producción de la empresa, cambiar los tableros, sin realizar paros de elaboración de producto.

Es conveniente realizar la repotenciación del tablero de control para mantener en óptimas condiciones de funcionamiento a la maquinaria.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.5 GENERAL**

Repotenciar el tablero eléctrico de control de la máquina de chupetas de caramelo mediante el cambio de elementos internos del tablero en la empresa Sylvermiel.

### **1.6 ESPECÍFICOS**

- Seleccionar los elementos que son necesarios para la protección y control de los equipos eléctricos instalados en la maquinaria mediante el dimensionamiento según las características de los mismos.
- Posicionar los elementos de protección y control dentro del tablero eléctrico de una forma ordenada, mediante un plano de distribución, para futuros cambios o mantenimientos.
- Realizar pruebas de funcionamiento del tablero de control mediante el encendido y apagado de los motores para una buena operatividad del mismo conjuntamente con los procesos de producción de la paleta de caramelo.

## 1.7 ALCANCE

Un tablero de control es de mucha utilidad al momento de operar cualquier tipo de maquinaria, ya que mediante éste podemos disponer del control a realizarse en los procesos de elaboración de un producto.

Obtener un tablero de control repotenciado y óptimo con elementos nuevos distribuidos adecuadamente dentro del tablero como también por fuera y colocando una señalización visible para encontrar fácilmente las conexiones de dichos elementos, consiguiendo una mejor operación de la máquina.

Con este proyecto se pretende evitar que se tenga paros innecesarios por elementos defectuosos que ocasionan pérdidas a la empresa, generando confianza en la elaboración de los productos dentro de la fábrica ya que los fallos generados por problemas eléctricos son reducidos en su mayoría y así se logra optimizar los tiempos dentro del área de producción.

Por otro lado, los operarios de la máquina resultan beneficiados con la elaboración de un tablero repotenciado, pues así tienen mayor seguridad en el control de la maquinaria, evitando accidentes que puedan ocasionarse por riesgos eléctricos y también previenen la generación de pérdidas innecesarias en el proceso de producción de los productos.

También cabe mencionar que con un cableado eficiente, al momento de efectuarse una falla eléctrica, se puede identificar con rapidez y realizar el correctivo adecuado.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 INTRODUCCIÓN

Una máquina industrial consta de elementos mecánicos y eléctricos para su normal funcionamiento.



*Figura 1.* Ejemplo de una Máquina.

Fuente: (Pérez & Merino, 2019).

#### 2.2 MÁQUINA

Del latín *machīna*, una máquina es un aparato creado para aprovechar, regular o dirigir la acción de una fuerza. Estos dispositivos pueden recibir cierta forma de energía y transformarla en otra para generar un determinado efecto.

De acuerdo a sus fuentes de energía, las máquinas pueden clasificarse de distintas formas. Las máquinas manuales son aquellas cuyo funcionamiento requiere de la fuerza humana. Las máquinas eléctricas (como los generadores o los transformadores), en cambio, transforman la energía cinética

en otra energía gracias a contar con circuitos magnéticos y circuitos eléctricos. Las máquinas hidráulicas y las máquinas térmicas, por su parte, utilizan fluidos. (Pérez & Merino, 2019)

### 2.3 COMPONENTES

Entre los componentes de una máquina, suelen destacarse el motor (el dispositivo que permite generar la energía para el desarrollo del trabajo requerido), el mecanismo (los elementos mecánicos que transforman la energía portada por el motor) y el bastidor (una estructura rígida que enlaza el motor y el mecanismo).

### 2.4 MAQUINARIA INDUSTRIAL

Las máquinas industriales son artefactos que se utilizan en el subsector de la industria. La mayoría de los fabricantes de maquinaria se llaman fábricas de máquinas.

La industria de la maquinaria llegó a existir durante la revolución industrial. A principios del siglo XX, varios fabricantes de automóviles y motocicletas comenzaron sus propias fábricas de máquinas.

La industria maquinaria abarca una gran variedad de máquinas que se utilizan en varios sectores, entre ellos, el agrícola, la industria alimentaria (ver Fig. 2), industria automotriz, extracción selectiva de materiales (minería), entre muchos otros.



**Figura 2.** Máquina empacadora de líquidos.

Fuente: (Astimec, 2019).

## 2.5 TABLERO

Se denomina tablero a los paneles donde se encuentran los dispositivos de seguridad y los mecanismos de control de una instalación eléctrica.

Son gabinetes donde se encuentran instrumentos para la conexión, control, maniobra, protección, medida, señalización y distribución, todos estos dispositivos que integran el tablero eléctrico, permiten que una instalación eléctrica funcione correctamente.

La fabricación o ensamblaje de un tablero eléctrico debe cumplir criterios de diseño y normativas que permitan su funcionamiento correcto una vez energizado, garantizando la seguridad de los operarios y de las instalaciones en las cuales se encuentran ubicados.

### Tablero principal

Debe estar cerca de la acometida principal de alimentación, en un cuarto con las condiciones adecuadas de seguridad.

El cuarto donde se encuentre el tablero principal debe cumplir con ciertos requisitos mínimos, dimensiones del local y el número de salidas, la puerta del cuarto debe abrir hacia fuera del mismo

para no ser un obstáculo en su interior y estar identificada con caracteres de fácil visualización, así mismo el nivel de iluminación mínima debe ser de 200 lux a un plano de trabajo de 1 m del nivel del piso, y el sistema de iluminación debe considerarse como un sistema de energía de emergencia.

### Tableros secundarios

Estos tableros deben estar ubicados en lugares de fácil localización y en una locación central cerca del punto de concentración de la carga para reducir los niveles de caída de tensión en los circuitos derivados, así como también por medida de seguridad a la hora de cualquier incidente.

En el caso de que el espacio más adecuado sea un pasillo por la cercanía a las cargas, debe tener en la parte frontal del tablero un espacio mayor o igual a 1m para que permita realizar maniobras.

### Tableros de comando o control

Estos tableros están ubicados cerca de los componentes que van a comandar y con un fácil acceso para la manipulación. En estos tableros se encuentran los elementos de protección y maniobra. (Ver Fig. 3).



**Figura 3.** Ejemplo de un tablero de comando o control.

Fuente: *(Sistemas electricos industriales, 2019)*.

## 2.6 ELEMENTOS DE MANIOBRA O CONTROL

Estos elementos tienen la tarea de transmitir las señales eléctricas de los más variados puntos de un mando con diversos accionamientos y tiempos de función, al sector de procesamiento de señales. Si el mando de tales aparatos se hace a través de contactos eléctricos, se habla de mando de contacto, en vez de mando de sin contacto o electrónico. Se distinguen, por su función, los elementos de apertura, de cierre y alternos. El accionamiento de estos elementos puede ser manual, mecánico o por control remoto. Otra distinción existe entre un pulsador que al ser accionado, una posición de contacto, que dura tanto como el accionamiento sobre él. Al soltarlo regresa a su posición de reposo. (Herrera & Uvidia, 2019).

A continuación, tenemos algunos elementos de maniobra comúnmente utilizados:

**Contactores:** Los elementos más utilizados en los controles eléctricos son los contactores. Son dispositivos designados a cortar e interrumpir la corriente en uno o más circuitos. Se utilizan para conectar cargas eléctricas.

Atendiendo al tipo de accionamiento, se puede tener: Contactores electromagnéticos, electromecánicos, neumáticos, etc., de los cuales el contactor electromagnético es el más utilizado en las variantes de pequeña, mediana y gran potencia.

**Relé:** Su principio de funcionamiento es similar al del contactor, pero su uso se limita a circuitos de mando o media potencia y su función es invertir el estado de los contactos NA (normalmente abierto) o NC (normalmente cerrado) que están asociados.

**Relé Temporizado:** Funcionamiento similar al anterior, pero sus contactos no se invierten instantáneamente, sino que transcurre un cierto tiempo, que puede ser regulado. Muy utilizados en automatización de máquinas y procesos industriales, como arranque de motores, tableros de comando, hornos industriales y otros.

**Interruptores:** Son aparatos de maniobra para la conexión, desconexión o cambio de circuitos eléctricos, en forma voluntaria o automática, en las cuales todas las piezas que sirven para la unión o la interrupción están fijamente montadas sobre una base común. (Ing. Angulo).

**Pulsadores:** Los pulsadores son unos dispositivos que cuando se oprimen permiten el paso de la corriente eléctrica y cuando se dejan de oprimir recuperan su posición inicial e interrumpen el paso de corriente. También hay pulsadores que funcionan a la inversa; es decir la corriente estará circulando hasta que lo pulsemos como son los pulsadores de emergencia. Su función es invertir el estado inicial de los mismos.

Los pulsadores son los elementos de mando más utilizados en la operación de contactores y principalmente en el mando de motores eléctricos.

Clasificación de los pulsadores:

- a) Por las condiciones mecánicas de mando
  - Pulsadores rasantes, que evitan cualquier maniobra involuntaria.
  - Pulsadores con capuchón de protección, contra la introducción de polvo.
  - Pulsadores de emergencia (tipo hongo).
  - Pulsadores con enclavamiento por llave (dispositivo de seguridad).
- b) Por las condiciones de montaje
  - Pulsadores de montaje saliente.
  - Pulsadores de montaje empotrado.
  - Pulsadores de montaje de fondo de panel o de cuadro.
- c) Por las condiciones ambientales
  - Para interior y servicio normal.
  - Para intemperie (contra polvo y lluvia).

**Conmutadores:** Un conmutador es un interruptor doble que actúa sobre dos circuitos, encendiendo uno y apagando el otro, o viceversa.

**Llaves de Cruce:** Son interruptores de cuatro contactos que están conectados dos a dos, de manera que al cambiar las conexiones cambia el sentido de la corriente.

**Lámparas de Señalización o luces piloto:** Se emplean para indicar la posición de los interruptores; la luz roja indica que el interruptor está abierto y la luz verde para indicar que está cerrado, permitiendo de esta manera conocer si un determinado elemento o circuito está activado o no.

**Finales de carrera de Contacto:** Con estos interruptores son detectadas posiciones finales muy específicas de partes mecánicas u otros elementos mecánicos. El punto de vista que rige la elección de dichos elementos de entrada de señal reside en el esfuerzo mecánico, la seguridad de contacto y la exactitud del punto de contacto. También se distinguen los finales de carrera por la forma de contacto: Gradual o repentino. En el primero la apertura o el cierre de los contactos se hacen a la misma velocidad que el accionamiento (propio para velocidades de arranque pequeñas). En el repentino, la velocidad de arranque no es significativa, pues en un cierto punto se da el contacto del pulsador de giro. El accionamiento de pulsador de límite puede ser por medio de una pieza constitutiva, como un botón o una palanca de rodillo.

**Solenoides:** En un accionado de solenoide un campo electromagnético mueve un inducido que a su vez mueve un pasador de empuje. El pasador de empuje mueve finalmente el carrete de la válvula.

Los dos accionadores más comunes de solenoide son el de solenoide de espacio de aire y el de solenoide húmedo.

## 2.7 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

Son aquellos elementos encargados de proteger a las personas, líneas y equipos ante sobreintensidades o cortocircuitos eléctricos, así como por contactos directos o indirectos. Se utiliza tanto en los circuitos de fuerza y de mando, en las líneas de entrada de los mismos, para proteger contra cortocircuitos, sobrecargas o derivaciones a masa.

Se enlista los siguientes:

**Fusibles:** Utilizados en los dos tipos de circuitos de fuerza y mando, protegen contra cortocircuitos, fundiéndose y actuando como un interruptor. Se instalan al inicio de la línea eléctrica y constituyen el punto más débil de la misma. Están formados por un filamento conductor calibrado para una determinada máxima intensidad eléctrica. Cuando el valor de estas sobrepasa el máximo, el calor producido funde el filamento interrumpiéndose el circuito eléctrico y en consecuencia cesando el paso de corriente.

**Interruptores Diferenciales:** Utilizados en circuitos de fuerza de corriente alterna para proteger las instalaciones de las derivaciones a tierra, cuando detectan estas abren el circuito. Son dispositivos de protección contra contactos indirectos, que detectan la diferencia de corriente entre dos conductores, en el caso de los monofásicos.

**Relé:** Dispositivo conectado mecánicamente a un aparato mecánico de maniobra, que libera los órganos de retención permitiendo la apertura o el cierre del aparato. (ABB, 2004)

**Relé Magnetotérmico:** Interruptor de control de potencia. Utilizados en circuitos de fuerza y protegen las instalaciones contra cortocircuitos y sobrecargas. Cuando la intensidad que circula por el circuito de potencia superara los límites del reglaje hecho sobre el relé magnético, es capaz de atraer a una armadura mediante la cual podrá abrirse un contacto, y con el tirar la maniobra y como consecuencia desconectar el receptor.

**Relé Térmico:** Elementos de protección contra sobrecargas en circuitos de fuerza, con ajuste de corriente máxima; actúa sobre los tres contactos de las fases y sobre los contactos auxiliares abriéndolos.

## 2.8 CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Cuando se emplea el término conductor, se hace una referencia simplificada a lo que es en realidad un conductor de la electricidad. Se entiende por conductor todo material que permite el paso de la corriente eléctrica en forma continua cuando está sometido a una diferencia de potencial.

Son aquellos cuerpos capaces de conducir o transmitir la electricidad. Un conductor Eléctrico está formado primeramente por el conductor propiamente dicho, usualmente de cobre; este puede ser alambre, es decir, una sola hebra o un cable formado por varias hebras o alambres retorcidos entre sí.

Los materiales más utilizados en la fabricación de conductores eléctricos son el cobre y el aluminio. Aunque ambos metales tienen una conductividad eléctrica excelente, el cobre constituye el elemento principal en la fabricación de conductores por sus notables ventajas mecánicas y eléctricas.

El uso de uno u otro material como conductor depende de sus características eléctricas (capacidad para transportar la electricidad), mecánicas (resistencia al desgaste, maleabilidad), del uso específico que se le quiera dar y del costo. Estas características llevan a preferir al cobre en la elaboración de conductores eléctricos.

El tipo de cobre que se utiliza en la fabricación de conductores es el cobre electrolítico de alta pureza, 99,99%. Dependiendo del uso que se le vaya a dar, este tipo de cobre se presenta en los siguientes grados de dureza o temple: duro, semiduro y blando o recocado.

Las partes que componen los conductores eléctricos son tres muy diferenciadas:

- El alma o elemento conductor
- El aislamiento
- Las cubiertas protectoras

El alma o elemento conductor: Se fabrica en cobre y su objetivo es servir de camino a la energía eléctrica desde las centrales generadoras a los centros de distribución (subestaciones, redes y empalmes), para alimentar a los diferentes centros de consumo (industriales, grupos habitacionales, etc.).

De la forma como esté constituida esta alma depende la clasificación de los conductores eléctricos. Así tenemos:

- Según su constitución:
  - Alambre: alambre conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por un solo elemento o hilo conductor. (Ver Fig. 4)

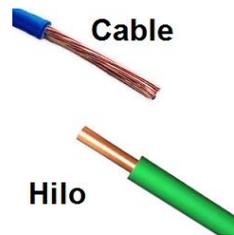


**Figura 4.** Conductor de alambre.

Fuente: (Skyfort, 2019).

Se emplea en líneas aéreas, como conductor desnudo o aislado, en ductos o directamente sobre aisladores.

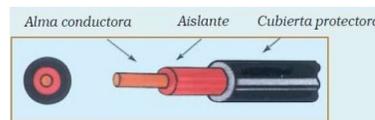
- Cable: conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por una serie de hilos conductores o alambres de baja sección, lo que le otorga una gran flexibilidad como se observa en la figura 5. (Herrera & Uvidia, 2019)



**Figura 5.** Cable conductor.

Fuente: (tecnologica, 2019).

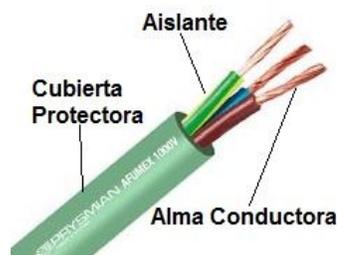
- Según el número de conductores
  - Mono conductor: conductor eléctrico con una sola alma conductora, con o sin cubierta protectora y con aislación como se aprecia en la figura 6.



**Figura 6.** Cable monoconductor.

Fuente: (tecnologica, 2019).

- Multi conductor: conductor de dos o más almas conductoras aisladas entre sí, con una o más cubiertas protectoras comunes y envueltas cada una por su respectiva capa de aislación. (ver figura 7)



**Figura 7.** Cable multiconductor.

Fuente: (tecnologica, 2019).

El aislamiento: El objetivo de la aislación en un conductor es evitar que la energía eléctrica que circula por Él, entre en contacto con las personas o con objetos, ya sean estos ductos, artefactos u otros elementos que forman parte de una instalación. Del mismo modo, la aislación debe evitar que conductores de distinto voltaje puedan hacer contacto entre sí. Los materiales aislantes usados desde sus inicios han sido sustancias poliméricas, que en química se definen como un material o cuerpo químico formado por la unión de muchas moléculas idénticas, para formar una nueva molécula más gruesa.

Antiguamente los aislantes fueron de origen natural, gutapercha y papel. Posteriormente la tecnología los cambio por aislantes artificiales actuales de uso común en la fabricación de conductores eléctricos.

Las cubiertas protectoras: el objetivo fundamental de esta parte de un conductor es proteger la integridad de la aislación y del alma conductora contra daños mecánicos, tales como raspaduras, golpes, etc. Si las protecciones mecánicas son de acero, latón u otro material resistente, a ésta se le denomina armadura. La armadura puede ser de cinta, alambre o alambres trenzados.

## 2.9 APLICACIÓN DE LOS CONDUCTORES

Para Media Tensión: se usan para distribución de energía eléctrica y conectan los transformadores de subestaciones con los transformadores para bajar la tensión a niveles de usuario final. Su instalación puede ser al aire, en ductos subterráneos, canaletas, enterrado directo o bandejas porta cables están conformados básicamente por un conductor (Ver figura 8), un blindaje sobre el conductor, el aislamiento, un blindaje del aislamiento, una pantalla metálica y la cubierta exterior o chaqueta. (Herrera & Uvidia, 2019)



**Figura 8.** Cables de media tensión.

Fuente: *(tecnologica, 2019)*.

*Para Control:* Se usan para llevar señales entre aparatos en interface directa con el sistema eléctrico de potencia, tales como transformadores de corriente, transformadores de potencia, relés interruptores y equipos de medición. Los cables de control son cables multiconductores que llevan señales eléctricas usadas para monitorear o controlar sistemas eléctricos de potencia y sus procesos asociados. La tensión de operación de estos cables es de 600V.

*Cables de Instrumentación:* Son usados para llevar señales desde procesos de monitoreo a procesos de analizadores, usualmente equipo electrónico y de los analizadores, al equipo de control en el sistema eléctrico de potencia. Los cables de instrumentación son cables multiconductores que transportan señales eléctricas de baja potencia usadas para monitorear o controlar sistemas eléctricos de potencia y sus procesos asociados. La tensión de operación de estos cables es de 300V y también son aptos para usos en 600V en circuitos de potencia limitada.

*Cables de Baja Tensión:* En general, se usan en el proceso de utilización y van desde la salida de los transformadores de distribución hasta la conexión con los equipos. Se consideran cables de baja tensión aquellos cuyo voltaje de operaciones como máximo de 1000V entre fases. Dentro de esta familia se encuentran principalmente cables para 600V.

**Cables Multi Conductores de Potencia:** Los cables de potencia son de uso general en instalaciones industriales, distribución interior de energía en baja tensión. Sitios secos o húmedos, cárcamos, canalizaciones o enterrado directo.

**Cables para Acometidas:** Los Cables de Acometida se usan para conectar la red secundaria con el equipo de medida o contador.

**Cables Flexibles:** Los Cables Flexibles se denominan así por ser fácilmente maniobrables en espacios reducidos y poderse movilizar, enrollar y transportar con facilidad. Su característica de flexibilidad los faculta para soportar movimientos o vibraciones que se presentan en algunas aplicaciones específicas. Básicamente un Cable Flexible está compuesto por uno o varios conductores de cobre y materiales que componen el aislamiento o la chaqueta, que generalmente son plásticos.

## 2.10 CÁLCULO DE CONDUCTORES

La capacidad de conducción de un conductor (ampacidad) se encuentra limitada por los siguientes factores:

- Conductividad del metal conductor.
- Capacidad térmica del aislamiento.

Con la siguiente fórmula de potencia se tiene un ejemplo de cómo calcular el conductor necesario para la cantidad de corriente que va a pasar por dicho conductor.

$$P = V \times I \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde: P= Potencia

V= Voltaje

I= Corriente

Ejemplo: Si se tiene una potencia de 1000Watts y un Voltaje de 220V, hallar el valor de la corriente que circulará por el conductor y el calibre del conductor necesario.

Aplicando la Ecuación 1 y despejando la corriente se tiene:  $I = 1000\text{Watts} / 220\text{V}$  obteniendo un resultado de 4.54 A.

Con el valor obtenido de corriente y conociendo que es mejor ocupar un valor inmediato superior se observa en el Anexo 4 que para un valor de 6A es recomendable usar un conductor de calibre 14AWG.

## 2.11 MOTORES ELECTRICOS

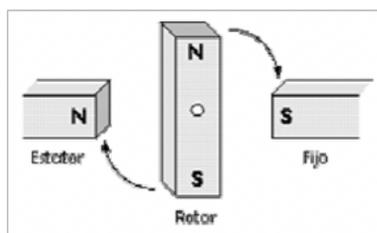
Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Algunos de los motores eléctricos son reversibles, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores. Los motores eléctricos de tracción usados en locomotoras realizan a menudo ambas tareas, si se los equipa con frenos regenerativos.

Un generador es toda máquina que convierte energía mecánica en energía eléctrica. Motor es la máquina que convierte energía eléctrica en mecánica, sin embargo, una misma máquina se puede usar como motor y generador. (Dawes, 1981)

Son ampliamente utilizados en instalaciones industriales, comerciales y particulares. Pueden funcionar conectados a una red de suministro eléctrico o a baterías. Así, en automóviles se están empezando a utilizar en vehículos híbridos para aprovechar las ventajas de ambos.

### 2.11.1 Fundamentos de operación de los motores eléctricos

En magnetismo se conoce la existencia de dos polos: polo norte (N) y polo sur (S), que son las regiones donde se concentran las líneas de fuerza de un imán. Un motor para funcionar se vale de las fuerzas de atracción y repulsión que existen entre los polos. De acuerdo con esto, todo motor tiene que estar formado con polos alternados entre el estator y el rotor, ya que los polos magnéticos iguales se repelen, y polos magnéticos diferentes se atraen, produciendo así el movimiento de rotación. En la figura 9 se muestra como se produce el movimiento de rotación en un motor eléctrico. (Monografias, 2019)



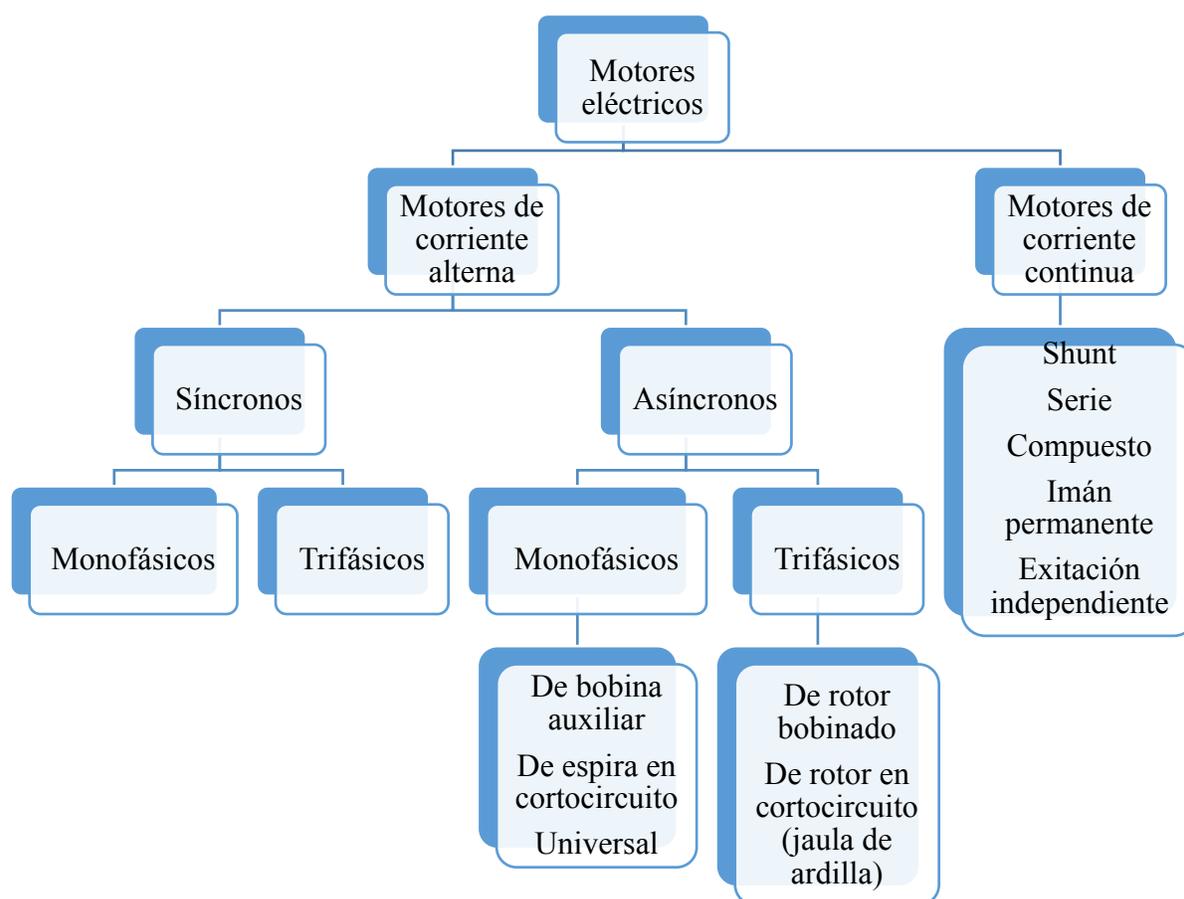
**Figura 9.** Principio de rotación de un motor.

Fuente: (Monografias, 2019).

Un motor eléctrico opera primordialmente en base a dos principios: El de inducción, descubierto por Michael Faraday en 1831; que señala, que, si un conductor se mueve a través de un campo magnético o está situado en las proximidades de otro conductor por el que circula una corriente de intensidad variable, se induce una corriente eléctrica en el primer conductor. Y el

principio que André Ampere observo en 1820, en el que establece: que, si una corriente pasa a través de un conductor situado en el interior de un campo magnético, éste ejerce una fuerza mecánica o f.e.m. (fuerza electromotriz), sobre el conductor.

### 2.11.2 Tipos de Motores



Motores de corriente alterna: Se usan mucho en la industria, sobre todo, el motor trifásico asíncrono de jaula de ardilla.

Asíncronos. Un motor se considera asíncrono cuando la velocidad del campo magnético generado por el estator supera a la velocidad de giro del rotor.

Síncronos. Un motor se considera síncrono cuando la velocidad del campo magnético del estator es igual a la velocidad de giro del rotor. Recordar que el rotor es la parte móvil del motor.

Motores de corriente continua: Suelen utilizarse cuando se necesita precisión en la velocidad, montacargas, locomoción, etc. La clasificación de este tipo de motores se realiza en función de los bobinados del inductor y del inducido:

Motores de excitación en serie.

Motores de excitación en paralelo.

Motores de excitación compuesta.

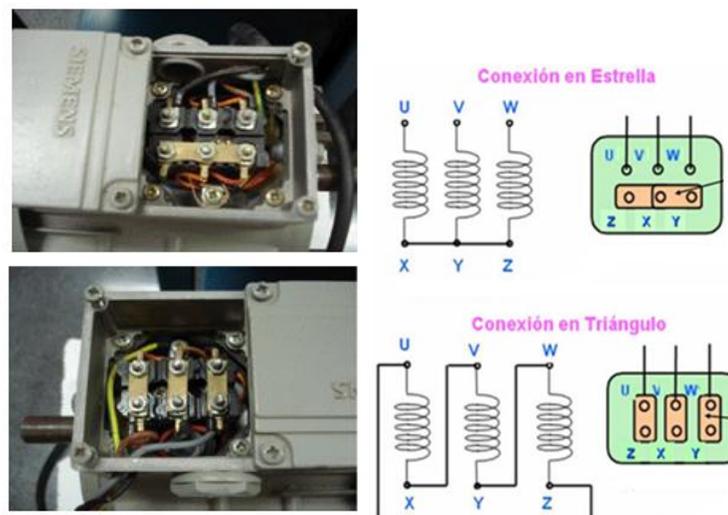
Motores universales: Son los que pueden funcionar con corriente alterna o continua, se usan mucho en electrodomésticos. Son los motores con colector.

### Conexión de los Motores Asíncrónicos Trifásicos

Los motores asíncronos trifásicos son motores bitensión, puede conectarse a dos tensiones de red diferentes, por ejemplo 220/380 V. La tensión menor indica la tensión de fase nominal, esto significa, la máxima tensión a aplicar al bobinado. Un exceso de tensión puede provocar perforaciones en el aislamiento y/o sobrecalentamiento, reduciendo drásticamente la vida útil. Una tensión demasiado pequeña reduce en un tercio la potencia útil del motor. Así, ante una red con la tensión menor conectaremos el motor en triángulo, y ante una red con la tensión mayor lo conectaremos en estrella como se muestra en la figura 10. (Herrera & Uvidia, 2019).

### Regulación de Velocidad de Motores Asíncrónicos Trifásico

Los motores asíncronos trifásicos tienen un margen de regulación de velocidad muy estrecho, como hemos visto, su velocidad es casi la de sincronismos, y además su valor exacto se auto-ajusta con la carga aplicada. Si reducimos la tensión de alimentación reduciremos la potencia mecánica desarrollada, pero apenas variaremos su velocidad.



**Figura 10.** Conexión en estrella y triángulo de un motor.

Fuente: *(tecnologica, 2019)*.

Para poder variar la velocidad a la que gira estos motores tenemos varias formas posibles:

➤ Variando el número de polos: conseguimos motores con 2 velocidades, aunque esto sólo se puede hacer en estatores preparados a tal fin. Los dos métodos más usuales son:

- Dos devanados independientes
- Mediante la conmutación de sus polos

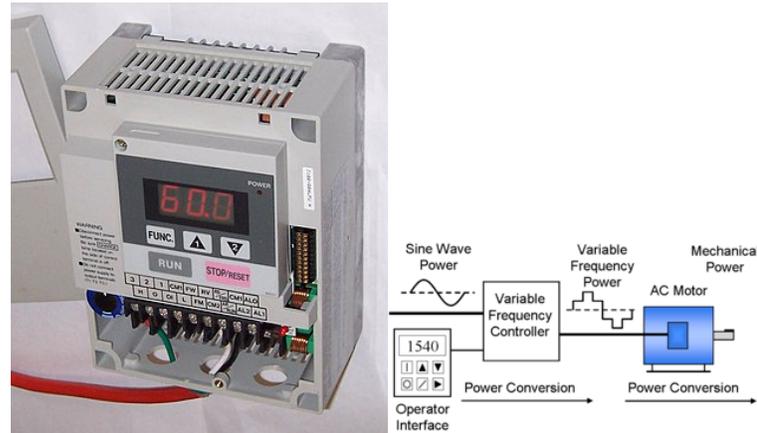
➤ Variando la frecuencia: mediante un convertidor electrónico de frecuencia, se aplica la frecuencia deseada. Su progresiva reducción de coste ha provocado que el motor asíncrono junto con el variador de frecuencia sea la solución más utilizada en la actualidad para aplicaciones de bajas y medias prestaciones.

## 2.12 VARIADOR DE FRECUENCIA

Los variadores de frecuencia son usados para el control de velocidad de motores eléctricos. Estos variadores modifican la tensión alterna, cambiando la frecuencia y la amplitud, con el fin de optimizar procesos y reducir las cargas mecánicas de las máquinas. Son usados en distintas aplicaciones como por ejemplo en automatización de edificios, ventiladores, compresores, bombas, cintas transportadoras, etc.

Los variadores de frecuencia también se los conoce como Variable Frequency Drive (VFD) por sus siglas en inglés o también Adjustable Frequency Drive (AFD).

De una manera más simplificada, se puede decir que un variador de frecuencia es un variador de velocidad de un motor de corriente alterna.



**Figura 11.** Izquierda: Pequeña unidad de variación de frecuencia.

Derecha: Diagrama de un sistema VFD.

Fuente: (Wikipedia, 2019).

## 2.13 LOGO

Es un módulo lógico; es decir, un controlador programable que permite que, sin intervención humana, las máquinas hagan un trabajo. Son equipos electrónicos que dan solución al control de circuitos complejos de automatización.

Se suele llamar PLC (Programmable Logic Controller) Controlador Lógico Programable porque los controles de las salidas se realizan a través de un programa previamente introducido en el LOGO.

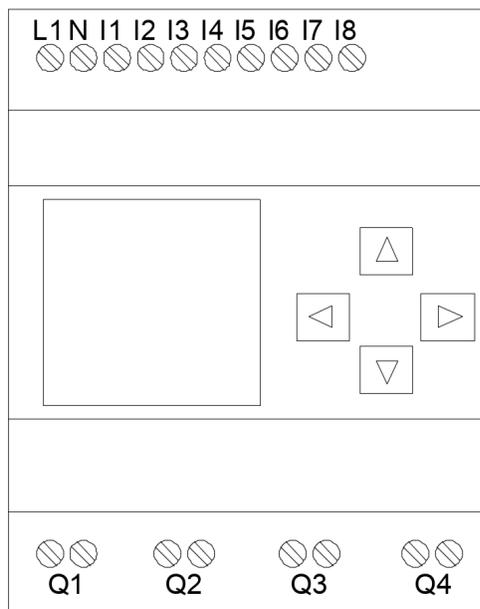
El Programa, previamente introducido por el técnico, trabaja en base a la información recibida por los Sensores o Entradas, actuando sobre las Salidas.

En función de las Señales Recibidas de Entrada el Programa establecerá unas Señales de Salida. (Ver figura 12).

Entrada ==> Programa ==> Salidas

Mediante los autómatas o PLCs se solucionan muchas instalaciones eléctricas en edificios (p.ej. alumbrado de escaleras, luz exterior, toldos, persianas, etc.), así como en la construcción de armarios de distribución, de máquinas y de aparatos (p.ej. controles de puertas, instalaciones de ventilación, bombas de aguas residuales, automatismos, etc.)

### Entradas



### Salidas

**Figura 12.** Ejemplo de esquema de un LOGO.

El controlador lógico programable (PLC) se usa para controladores programables de mayor capacidad como pueden ser en Siemens las series 200, 300, 400, 1200 o 1500.

Las ventajas de un PLC son:

- Son aparatos asequibles en precio.
- Por ser programable, es flexible y versátil. Puede hacer muchas cosas con ellos.
- Ahorra mucho cableado.
- Es mucho más fácil de mantener en caso de tener que realizar modificaciones.
- Es escalable: se pueden añadir más o menos entradas y salidas.
- Puede tener una pantalla asociada de mando.

¿Para qué sirve un Siemens LOGO!?

Principalmente para pequeñas automatizaciones y domótica. Se trata de un autómata de poca potencia en comparación con sus siguientes versiones. Es más limitado su poder de procesamiento, su número de entradas y su número de salidas.

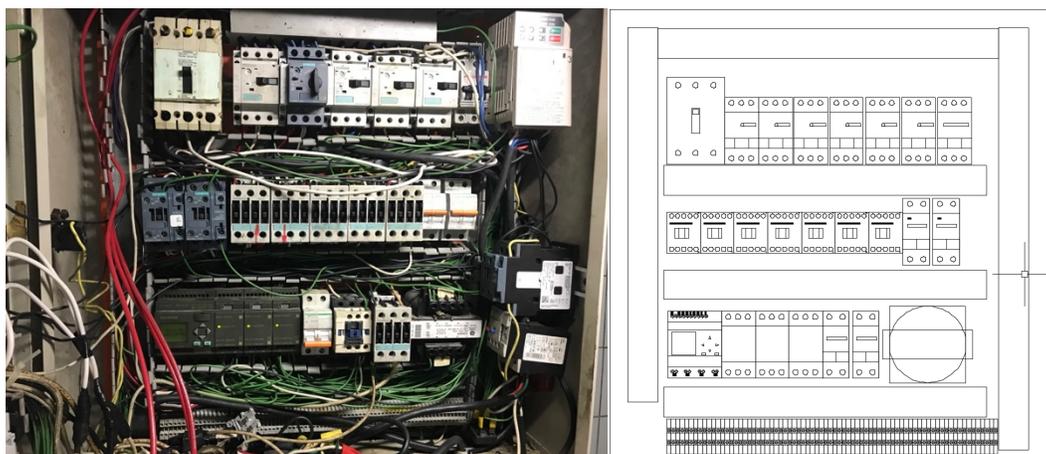
Es típico para automatizar sistemas de riego, parking, arranque de motores, alumbrado, calefacción etc. Es decir, instalaciones lógicamente sencillas o pequeñas máquinas.

Todo aquello que no lleve más de 15 entradas y no mucho más de media docena de salidas seguramente pueda ser programado con un LOGO. Si tiene más requerimientos, probablemente haya que ir a autómatas de mayor capacidad.

## CAPÍTULO III

### DESARROLLO

En este proyecto se pretende repotenciar el tablero eléctrico de control de la máquina de paletas, cuyo estado inicial se presenta en la figura 13. Utilizando un voltaje de 220VAC a una frecuencia de 60Hz.



*Figura 13.* Tablero de control actual en fotografía a la izquierda y en diagrama a la derecha.

En la figura se observa los siguientes elementos:

En la fila superior de izquierda a derecha:

- Interruptor de 65 A marca siemens, el cual protege a todos los componentes del tablero.
- Interruptor trifásico de 9 a 12 A marca siemens.
- Interruptor trifásico de 5.5 a 8 A marca siemens.

- Interruptor trifásico de 5.5 a 8 A marca siemens.
- Interruptor trifásico de 1.8 a 2.5 A marca siemens.
- Interruptor trifásico de 7 a 10 A marca siemens.
- Interruptor trifásico de 16 A el cual alimenta al transformador reductor de voltaje de 220VAC a 24VAC.

En la fila intermedia de izquierda a derecha:

- Dos contactores trifásicos a 24VAC marca siemens, los cuales permiten el giro de un motor en ambas direcciones.
- Dos contactores trifásicos a 24 VAC marca siemens.
- El quinto contactor trifásico a 24VAC marca siemens se encarga del paso de energía hacia el motor principal de la máquina.
- El sexto contactor trifásico a 24VAC marca siemens enciende un ventilador soplador industrial.
- El séptimo contactor trifásico a 24VAC marca siemens emite el paso de energía hacia el motor de una banda transportadora.
- Seguidamente tenemos dos Interruptores bifásicos a 20 A marca Schneider.

En la última fila de izquierda a derecha:

- Siemens Logo! 12/24RC 6ED1 052-1MD00-0BA5.
- Tres módulos de entradas y salidas auxiliares DM8 12/24R 6ED1 055-1MB00-0BA1.
- Interruptor trifásico de 20 A marca siemens (Libre, sin conexión).
- Contactor trifásico a 24VAC marca Telemecanique.

- Contactor trifásico a 24VAC marca siemens.
- Transformador 220VAC-24VAC marca General Electric.

En la siguiente Tabla 1 se identifica las cargas que se debe controlar con el tablero eléctrico.

**Tabla 1**

*Motores que se debe controlar con el tablero, potencias y amperaje*

Denominación	Voltaje (Voltios)	Amperaje (Amperios)	Potencia	Frecuencia
<b>Ventilador #1</b> <b>enfriamiento producto</b>	230	3.1	0.75Kw	60Hz
<b>Ventilador #2</b> <b>enfriamiento producto</b>	220	3.5	1HP	60Hz
<b>Motor de banda</b>	208-230	4.4	1/2HP	60Hz
<b>Motor principal</b>	220	3	1HP	60Hz
<b>Motor giro de bastones</b>	220	1.5	1/2HP	60Hz
<b>Motor elevador de</b> <b>bastones</b>	220	1.5	1HP	60Hz
<b>Una Resistencia</b> <b>circular</b>	220	2.04	450W	60Hz

CONTINÚA 

<b>Tres Resistencias</b>	220	15	2000W c/u	60Hz
<b>cilíndricas</b>				

Los datos que se observan en la tabla 1 fueron tomados directamente de los motores que se encuentran instalados en la máquina de chupetas.

Los valores totales que podemos obtener de la tabla son los siguientes:

Voltaje nominal es igual a **220 Voltios**.

Amperaje total de las cargas es igual a **46.04 Amperios**.

La frecuencia con la que se trabaja es a **60 Hertz**.

#### **PROTECCIÓN GENERAL DE ELEMENTOS DEL TABLERO:**

Tomando en cuenta los amperajes de cada carga se obtiene un total de 46.04 amperios, y conociendo que se debe aplicar un factor de seguridad del 125% adicional al valor sumado según la NEC (National Electrical Code) (Artículo 215.3 Protección contra sobre corriente) , se realiza:

$$I_n \times 125\% \quad \text{Ecuación 2}$$

$$46.04 \text{ A} \times 125\% = 57.55 \text{ amperios}$$

Interruptor principal:

Considerando el resultado, y analizando los interruptores de protección comerciales (Ver Anexo 1), se decide ocupar un Interruptor trifásico de 60 amperios para la protección principal de los elementos del tablero.

Motor Ventilador #1 enfriamiento de producto:

Para el primer motor de enfriamiento de producto, según la tabla No. 1; consume 3.1 amperios a 230V y su potencia es de 0.75 kw ó 1HP.

Con la ecuación 1 se tiene:

$$I = 750 \text{watts} / 220\text{V}$$

$$I = 3.4\text{A}$$

De el valor de corriente obtenido se debe seleccionar el inmediato superior siendo según el anexo 4 y la disponibilidad comercial el de 6 A el cual nos sugiere un conductor de 14AWG.

Aplicando la ecuación 2 se obtiene:

$$3.1 \text{ A} \times 125\% = 3.87 \text{ amperios}$$

Con el resultado obtenido, es factible seleccionar un interruptor trifásico de 4 amperios.

Un contactor trifásico a 220V (Ver Anexo 2), ayuda al paso y anclaje de la energía, adicionalmente seleccionamos un guardamotor de 4 a 6 amperios. (Ver Anexo 3).

Motor Ventilador #2 enfriamiento de producto:

Observando los datos de la tabla No. 1, se tiene que el motor consume 3.5 amperios a 220V y su potencia es de 1HP.

Mediante la ecuación 1 se tiene:

$$I = 750 \text{watts} / 220V$$

$$I = 3.4A$$

De el valor de corriente obtenido se debe seleccionar el inmediato superior siendo según el anexo 4 y la disponibilidad comercial el de 6 A el cual nos sugiere un conductor de 14AWG.

Con la ecuación 2 se tiene:

$$3.5 \text{ A} \times 125\% = 4.37 \text{ amperios}$$

La selección del interruptor a usar sería uno trifásico de 6 amperios, ya que es preferible seleccionarlos con un rango más alto al valor obtenido.

Para este motor es aplicable usar un guardamotor de 4 a 6 amperios. (Ver Anexo 3).

Motor de Banda:

Según la tabla No. 1 el motor consume 4.4 amperios a 220V y tiene una potencia de 0.5 HP.

Con el valor de corriente dado, se debe seleccionar el inmediato superior siendo según el anexo 4 y la disponibilidad comercial el de 6 A el cual nos sugiere un conductor de 14AWG.

Usando la ecuación 2 se tiene:

$$4.4 \text{ A} \times 125\% = 5.5 \text{ amperios}$$

El interruptor necesario es un trifásico de 6 amperios.

En este motor se ocupa un variador de frecuencia para 1HP de marca Weq.

#### Motor Principal de troquel de paletas:

Tomando los datos de la tabla No. 1 se tiene que el motor consume 3 amperios a 220V con una potencia de 1HP.

Mediante la ecuación 1 se tiene:

$$I = 750 \text{ watts} / 220 \text{ V}$$

$$I = 3.4 \text{ A}$$

De el valor de corriente obtenido se debe seleccionar el inmediato superior siendo según el anexo 4 y la disponibilidad comercial el de 6 A el cual nos sugiere un conductor de 14AWG.

Aplicando la ecuación 2:

$$3 \text{ A} \times 125\% = 3.75 \text{ amperios}$$

El interruptor adecuado es un trifásico de 4 amperios.

En el manejo de este motor se usa un variador de frecuencia J1000 Yaskawa de 1HP que a su vez ayuda en la protección del motor.

Motor de cabina donde giran los bastones (Brazos giratorios, donde la masa de caramelo gira hasta pasar por el troquel):

De acuerdo a los valores de la tabla No. 1, el motor trabaja con 1.5 amperios a 220V y una potencia de 0.5HP.

Con la ecuación 1 se tiene:

$$I = 375 \text{ watts} / 220 \text{ V}$$

$$I = 1.7 \text{ A}$$

De el valor de corriente obtenido se debe seleccionar el inmediato superior siendo según el anexo 4 y la disponibilidad comercial el de 2.5 A el cual nos sugiere un conductor de 18AWG.

Usando la ecuación 2:

$$1.5 \text{ A} \times 125\% = 1.87 \text{ amperios}$$

La selección del interruptor adecuado sería uno trifásico de 2 a 4 amperios.

Para este caso se ocupa dos guardamotors trifásicos de 2 a 4 amperios, ya que el giro debe realizarse en ambos sentidos. (Ver Anexo 3).

Motor elevador de cabina (Subir y bajar la cabina donde reposa la masa de caramelo):

Con los datos de la tabla No. 1 el motor trabaja a 220V con 1.5 amperios y tiene una potencia de 1HP.

Mediante la ecuación 1 se tiene:

$$I = 375 \text{ watts} / 220 \text{ V}$$

$$I = 1.7 \text{ A}$$

De el valor de corriente obtenido se debe seleccionar el inmediato superior siendo según el anexo 4 y la disponibilidad comercial el de 2.5 A el cual nos sugiere un conductor de 18AWG.

Con la ecuación 2 se tiene:

$$1.5 \text{ A} \times 125\% = 1.87 \text{ amperios}$$

El interruptor necesario es uno trifásico de 2 a 4 amperios.

El guardamotor requerido es un trifásico de 2 a 4 amperios. (Ver Anexo 3).

Resistencia circular (Calienta un rodillo para sellar la envoltura que cubre la chupeta):

Según la tabla No.1 esta resistencia trabaja con 2.04 amperios a 220V y tiene una potencia de 450 Watts.

Con la ecuación 1 se tiene:

$$I = 450 \text{ watts} / 220 \text{ V}$$

$$I = 2.04 \text{ A}$$

De el valor de corriente obtenido se debe seleccionar el inmediato superior siendo según el anexo 4 y la disponibilidad comercial el de 2.5 A el cual nos sugiere un conductor de 18AWG.

Aplicando la ecuación 2:

$$2.04 \text{ A} \times 125\% = 2.55 \text{ amperios}$$

El interruptor adecuado para este caso es uno bifásico de 4 amperios.

También se ocupa un controlador de temperatura y un relé de estado sólido de 40 amperios.

Resistencias cilíndricas o tubulares (Mantienen caliente la cabina donde reposa la masa de caramelo):

En la tabla No. 1 indica que son tres resistencias cilíndricas a 220V, cada una de una potencia de 2000 Watts y el amperaje sumado de las resistencias es de 15 amperios, aproximadamente 5 amperios por cada una de las resistencias.

Mediante la ecuación 1 se tiene:

$$I = 2000 \text{ watts} / 220 \text{ V}$$

$$I = 9.09 \text{ A}$$

De el valor de corriente obtenido se debe seleccionar el inmediato superior siendo según el anexo 4 y la disponibilidad comercial el de 9.5 A el cual nos sugiere un conductor de 12AWG.

Con la ecuación 2 se obtiene:

$$5 \text{ A} \times 125\% = 6.25 \text{ amperios}$$

A esto multiplicamos por las tres resistencias y tenemos un total de 18.75 amperios.

El interruptor necesario para estas resistencias es uno bifásico de 20 amperios. (Ver Anexo 1).

Es necesario también un controlador de temperatura y un relé de estado sólido de 40 amperios.

Para la selección de los conductores de control se decide ocupar un conductor 18AWG THHW ya que la corriente que circula por estos no sobrepasa los 2 A y un conductor 14AWG THHW para las conexiones de potencia (Ver Anexo 4).

En la siguiente tabla 2 se detalla los elementos que conforman el tablero de control.

**Tabla 2**

*Elementos que se adquieren para la instalación*

Ítem	Descripción	Cantidad
1	Tablero metálico de 80x60x30 [cm]	1
2	Variador de frecuencia J1000 Yaskawa 220V 1HP	1
3	Interruptor trifásico de 60 A	1
4	Interruptor trifásico de 4 A	3
5	Interruptor trifásico de 2 a 4 A	2
6	Interruptor trifásico de 6 A	2
7	Guardamotor de 4 a 6 A	2
8	Guardamotor de 2 a 4 A	2
9	Potenciómetro multivuelta	1

CONTINÚA 

10	Logo!8 AC/DC/RL 8in/4out	1
11	Módulo de expansión logo!8 8in/8out	2
12	Controladores de temperatura 220V Hanyoung NX1 (48x24mm)	2
13	Relés de estado sólido 40 A 220V	2
14	Pulsadores de retorno, con contacto abierto (uno en color rojo, 5 en verde, 3 en negro)	9
15	Pulsador de emergencia	2
16	Riel Din	4m
17	Canaleta ranurada de (8x3)cm	6m
18	Conductor #18 color blanco	15m
29	Conductor #18 color rojo	15m
20	Conductor #14 color negro	10m
21	Conductor #14 color rojo	10m
22	Conductor #14 color azul	10m
23	Conductor #14 color verde/amarillo	10m

CONTINÚA 

24	Ventilador de 10x10 cm	1
25	Selector de dos posiciones on/off de 80 A	1
26	Bornes de conexión para riel din, para cable #14 con señalización	50
27	Paquetes de marcadores anillos hasta 12AWG del 0 al 9	10

Los valores de la tabla fueron tomados de la cotización presentada a la empresa para la adquisición de los elementos.

Con la lista de elementos se procede a la elaboración del tablero de control.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. CONCLUSIONES

- ✓ Mediante el conocimiento de los valores de las corrientes a las cuales se debía tomar en consideración para seleccionar los elementos adecuados para la protección de los motores que conforman el funcionamiento de la máquina, tomando en cuenta que se debe aplicar un factor de seguridad, que es la corriente nominal multiplicada por el 125%.
  
- ✓ Ubicando los elementos de protección y control dentro del tablero eléctrico de una manera equitativa, esto es muy conveniente al momento de realizar el cambio o aumento de los elementos de protección y control, optimizando el tiempo de un mantenimiento correctivo ya que se puede guiar fácilmente en el interior del tablero porque está marquillado, etiquetado y con numeración en los elementos.
  
- ✓ Con las pruebas realizadas al tablero de control del funcionamiento de todos sus elementos, se obtuvo un resultado satisfactorio en el encendido de cada motor así como de las resistencias instaladas, la máquina queda en completa operación al 100% con el tablero de control repotenciado y optimizado.

## 4.2. RECOMENDACIONES

- Tomar en cuenta los manuales de instalación de cada elemento adquirido para el tablero, ya que en estos detallan las medidas que posee cada dispositivo y como se lo debe sujetar.
- Verificar el funcionamiento de los aparatos antes de completar con la instalación, ya que pueden estar defectuosos o en mal estado.
- Al momento de pasar el cableado se debe identificar adecuadamente a cada uno de los conductores ya sea etiquetándolos, enumerándolos o colocando una marquilla, para en un futuro poderlos ubicar con facilidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABB. (2004). *Manual técnico de instalaciones eléctricas*. Italia: ABB SACE.
- Astimec. (5 de diciembre de 2019). *Astimec S.A.* Obtenido de Soluciones técnicas para la industria: <https://astimec.net/producto/empacadora-por-pesaje-de-doble-balanza/>
- Código Eléctrico Nacional*. (14 de Noviembre de 2019). Obtenido de tsapps.nist.gov: [https://tsapps.nist.gov/notifyus/docs/wto\\_country/DOM/full\\_text/pdf/DOM223\(spanish\).pdf](https://tsapps.nist.gov/notifyus/docs/wto_country/DOM/full_text/pdf/DOM223(spanish).pdf)
- Dawes, C. L. (1981). *Electricidad industrial Vol. 1*. Barcelona: Reverté.
- Harper, E. (2004). *El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión*. México, D.F.: Editorial Limusa.
- Harper, E. (2004). *Manual Práctico de Instalaciones Eléctricas*. México, D.F.: Editorial Limusa.
- Herrera, J., & Uvidia, G. (17 de diciembre de 2019). *DOCPLAYER*. Obtenido de Escuela superior politecnica de chimborazo: <https://docplayer.es/88615552-Escuela-superior-politecnica-de-chimborazo-tesis-de-grado.html>
- Ing. Angulo, P. (s.f.). *Control Industrial*. Quito.
- Ingenieros, A. C. (18 de diciembre de 2019). *Alca Compagni Ingenieros*. Obtenido de <http://alcacompagni.blogspot.com/2017/05/descarga-la-tabla-awg-de-conductores.html>
- Libro instrumentos para tableros*. (25 de Abril de 2017). Obtenido de [https://unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes\\_Finales\\_Investigacion/IF\\_DICIEMBRE\\_2012/IF\\_RODRIGUEZ%20ABURTO\\_FIEE/LIBRO%20INSTRUMENTOS%20PARA%20TABLEROS.pdf](https://unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/IF_DICIEMBRE_2012/IF_RODRIGUEZ%20ABURTO_FIEE/LIBRO%20INSTRUMENTOS%20PARA%20TABLEROS.pdf)
- Martinez, J. (28 de Agosto de 2018). *Concepto y Característica de un Sistema Mecánico*. Obtenido de <http://jhoselynmartinez.onlinewebshop.net/concepto-y-caracteristica-de-un-sistema-mecanico/>
- Monografías. (21 de noviembre de 2019). Obtenido de Motores eléctricos: <https://www.monografias.com/trabajos93/motores-electricos/motores-electricos.shtml>
- Pérez, J., & Merino, M. (8 de diciembre de 2019). *Definición de máquina - Qué es, Significado y Concepto*. Obtenido de <https://definicion.de/maquina/>
- Sistemas eléctricos industriales. (29 de diciembre de 2019). *Sistemas eléctricos industriales*. Obtenido de <http://www.sistemaselectricos.com.ec/tableros-de-control>

Skyfort. (22 de diciembre de 2019). *Skyfort*. Obtenido de Conductores electricos:  
<http://www.skyfort.com/conductores/alambre-tipo-thw/index.html>

tecnologica, A. (04 de diciembre de 2019). Obtenido de Cables conductores:  
<https://www.areatecnologia.com/electricidad/cables-conductores.html>

Villacís, A. (2007). *Análisis de Cortocircuitos*.

Wikipedia. (13 de diciembre de 2019). Obtenido de  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Variador\\_de\\_frecuencia](https://es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_frecuencia)

# ANEXOS



**ESPE**  
 UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
 INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
 CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que la presente monografía fue desarrollada por el señor **QUINTEROS  
 ESPARZA, ÁLVARO DAVID.**

En la ciudad de Latacunga a los 3 días del mes de Febrero del 2020.

**Aprobado por,**

ING. CHUCHICO ARCOS, CRISTIAN PAUL.  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**



ING. CULOQUI TIPÁN, JAVIER FERNANDO, MGS.  
**DIRECTOR DE LA CARRERA O DELEGADO**

ABG. PLAZA CARRILLO, JOHANA SARITA  
**SECRETARÍA ACADÉMICA**