



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERIA ELÉCTRICO MECÁNICA**

**CARRERA:**

Ingeniería Eléctrico Mecánica

**TEMA:**

“Diseño e implementación de un tablero con arrancador estrella-triángulo para motores trifásicos para prácticas en el laboratorio de control”

**AUTOR:**

Méndez Guillén, Billy Luis

**Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de  
Ingeniero Eléctrico Mecánico**

**TUTOR:**

Ing. Montenegro Tejada, Raúl Mgs.

**Guayaquil, Ecuador**

9 de marzo 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERIA ELÉCTRICO MECÁNICA**

**CARRERA:**

Ingeniería Eléctrico Mecánica

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por Méndez Guillén, Billy Luis como requerimiento para la obtención del título de Ingeniero Eléctrico Mecánica.

**TUTOR**

---

ING. MONTENEGRO TEJADA, RAÚL Mgs.

**DIRECTOR DE CARRERA**

---

ING. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO M. Sc.

Guayaquil, a los 9 días del mes de marzo del año 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERIA ELÉCTRICO MECÁNICA**

**CARRERA:**

Ingeniería Eléctrico Mecánica.

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Méndez Guillén, Billy Luis**

**DECLARO QUE:**

El trabajo de titulación “Diseño e implementación de un tablero con arrancador estrella-triángulo para motores trifásicos para prácticas en el laboratorio de control” previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico Mecánica, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 9 días del mes de marzo del año 2018

EL AUTOR

---

MÉNDEZ GUILLÉN, BILLY LUIS



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERIA ELÉCTRICO MECÁNICA**

**CARRERA:**

Ingeniería Eléctrico Mecánica

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Méndez Guillén, Billy Luis**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “Diseño e implementación de un tablero con arrancador estrella-triángulo para motores trifásicos para prácticas en el laboratorio de control”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 9 días del mes de marzo del año 2018

EL AUTOR

---

MÉNDEZ GUILLÉN, BILLY LUIS

# REPORTE URKUND

The screenshot shows the URKUND interface with the following details:

- Documento:** TITULACION Billy Mendez.docx (D35786254)
- Presentado:** 2019-02-20 15:37 (-05:00)
- Presentado por:** ortandophilco\_7@hotmail.com
- Recibido:** ortando.philco.ucsg@analysis.orkund.com
- Mensaje:** RV: URKUND TITULACION [Mostrar el mensaje completo](#)

Below the metadata, it states: "2% de estas 22 páginas, se componen de texto presente en 3 fuentes."

The "Lista de fuentes" (List of sources) pane on the right shows the following entries:

Porcentaje	Bloques
100%	La nueva gama de disyuntores modulares ofrece
81%	protección contra contacto accidental IP20
100%	<a href="https://www.electronicaplicada.com/diferencia-entre-breaker-o-interruptores-mcb/">https://www.electronicaplicada.com/diferencia-entre-breaker-o-interruptores-mcb/</a>
100%	MCB es un dispositivo electromecánico que protege un circuito eléctrico de una
100%	que puede producirse por cortocircuito, sobrecarga o problemas en el equipo. Est.

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA: Ingeniería Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial

TEMA: "Diseño e implementación de un tablero con arrancador estrella-triángulo para motores trifásicos para prácticas en el laboratorio de control"

AUTOR: Billy Luis Mendez Guillen

Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado de Ingeniero Eléctrico-Mecánico con Mención en Gestión Empresarial Industrial

TUTOR: Ing. Raúl Montenegro Tejada, M.Sc.

Guayaquil, Ecuador Marzo 2017

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme la fuerza para no rendirme y mantenerme firme en mis estudios hasta el final y otorgarme la inteligencia para poder comprender y seguir adelante en este proyecto de vida que me he impuesto.

A mi amada Familia, mi Madre, Padre y Hermano quienes confiaron en mí y mediante mucho esfuerzo fueron un apoyo para mí en todo momento y situación que se impuso frente a nuestro camino y nunca dudar en ningún momento en ofrecerme su apoyo y sabiduría.

A mis maestros y universidad que gracias a ellos y los conocimientos que me impartieron pude hacer realidad este proyecto de vida mediante su guía y sabiduría que no dudaron en ningún momento ofrecerlos ante cualquier duda que en algún momento tuviese.

A mis amigos y compañeros de clase que constantemente fueron un apoyo y un impulso que me motivó a salir adelante en todo lo que duró mi periodo académico.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi toda mi familia por haber sido los principales motores para llevar acabo mis estudios. Y mi fuente de motivación como ejemplos de vida que son y principalmente por haberme dado el cariño y la guía necesaria para ser un hombre de bien con bases académicas sólidas para poder cumplir todas mis metas hasta ahora logradas.

Sonia, Luis y Dave.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERIA ELÉCTRICO MECÁNICA**

**CARRERA:**

Ingeniería Eléctrico Mecánica

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

**ING. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS M. Sc.**  
DECANO

---

**ING. PHILCO ASQUI, LUIS ORLANDO M. Sc.**  
COORDINADOR DE TITULACIÓN

---

**ING. VALLEJO SAMANIEGO, LUIS VICENTE M. Sc.**  
OPONENTE



## INDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
INDICE DE TABLAS .....	XIV
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT.....	XVI
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....	17
1.1. Justificación.....	17
1.2. Planteamiento del Problema .....	17
1.3. Objetivos.....	17
1.3.1. Objetivo general.....	17
1.3.2. Objetivos específicos .....	18
1.4. Tipo de Investigación .....	18
1.5. Hipótesis .....	18
1.6. Metodología.....	18
PARTE I      MARCO TEÓRICO .....	19
CAPÍTULO 2: CONSIDERACIONES DE UN TABLERO.....	19
2.1. Laboratorio de control eléctrico.....	19
2.2. Tableros eléctricos .....	19
2.3. Equipos de control de un tablero eléctrico .....	20
2.3.1. Breakers de control .....	20
2.3.2. Temporizador (Timer) .....	21
2.4. Equipos de fuerza de un tablero.....	22
2.4.1. Breaker principal.....	22
2.5. Equipos de fuerza con bobinas de control.....	24
2.5.1. Contactores .....	24
2.5.2. Interruptor magneto térmico .....	26
2.5.3. Guarda motor .....	26
CAPÍTULO 3: ACOMETIDA DE UN MOTOR TRIFÁSICO.....	29
3.1. Tipos de conductores y aplicaciones industriales.....	29
3.2. Tubería eléctrica Conduit .....	33
3.3. Funda sellada .....	34
3.4. Conectores para funda sellada .....	34
CAPÍTULO 4: MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA .....	35
4.1. Características de los motores eléctricos de corriente alterna.....	35
4.2. Clasificación de los motores de corriente alterna.....	37
4.2.1. Por su velocidad de giro: .....	37

4.2.2. Por el tipo de rotor .....	39
4.2.3. Por su número de fases de alimentación: .....	39
4.3. Diagramas de conexión de los motores de corriente alterna .....	41
4.3.1. Conexión Delta .....	41
4.3.2. Conexión Estrella.....	42
4.3.3. Conexiones para dos voltajes.....	43
4.4. Sistemas de arranque de los motores trifásicos .....	43
4.4.1. Motor trifásico en arranque directo .....	43
4.4.2. Motor trifásico en arranque estrella triángulo.....	44
4.4.3. Arranque de un motor trifásico de rotor bobinado .....	44
4.4.4. Arranque de un motor trifásico por autotransformador .....	45
PARTE II      APORTACIONES.....	46
CAPÍTULO 5: CRITERIOS DE DISEÑO .....	46
5.1. Diseño del tablero del arrancador .....	46
5.2. Pintura electrostática para el tablero de contactores. ....	47
5.3. Selección del motor trifásico .....	47
5.4. Diseño y construcción de protección del eje del motor.....	48
5.5. Diseño y construcción de la mesa para motor y arrancador .....	49
5.6. Diagrama unifilar.....	50
5.7. Diagrama de control de arranque estrella triángulo.....	50
5.8. Diagrama de fuerza.....	51
5.9. Diseño de la protección del usuario en tablero eléctrico. ....	52
CAPÍTULO 6: CALCULOS PARA LA SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS .....	53
6.1. Cálculos para la selección del conductor.....	53
6.2. Protección mecánica del conductor (Acometida).....	53
6.3. Cálculo para la selección del contactor .....	54
6.4. Cálculo para la selección del breaker .....	55
6.5. Criterio para la selección del relé térmico .....	55
6.6. Selección del relé de control del tablero arrancador.....	56
6.7. Selección de temporizador de control para el tablero de arranque.....	57
6.8. Selección del botón de paro de emergencia.....	58
6.9. Alimentación del tablero de arrancador.....	58
6.10. Criterios para la selección y ubicación de botones de operación y medidores. ....	59
CAPÍTULO 7: PRUEBAS DEL ARRANCADOR .....	61
7.1. Pruebas del arrancador.....	61
7.2. Relación corriente velocidad en arranque estrella triángulo.....	62
7.3. Relación corriente velocidad en arranque estrella triángulo.....	63

7.4. Pruebas que el estudiante puede realizar en el tablero. ....	64
7.5. Beneficios adicionales al estudiante. ....	64
7.6. Presupuesto de inversión. ....	64
<b>CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>66</b>
8.1. Conclusiones.....	66
8.2. Recomendaciones .....	66
Bibliografía .....	67
<b>ANEXOS</b> .....	<b>71</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Capítulo 2

Figura 2.1: Consola de control para motores en laboratorio.....	19
Figura 2.2: Tablero de control.....	20
Figura 2. 3: Interruptor enchufable .....	21
Figura 2. 4: Temporizador.....	21
Figura 2.5: Botonera de paro-marcha.....	22
Figura 2. 6: Disyuntor caja moldeada .....	23
Figura 2. 7: Interruptor modulable .....	23
Figura 2. 8: Partes de contactores .....	24
Figura 2. 9: Interruptor magnetotérmico .....	26
Figura 2. 10: Guardamotor .....	27
Figura 2. 11: Barra de tierra .....	27

### Capítulo 3

Figura 3. 1: Conductor THHW-LS .....	29
Figura 3. 2: Cable RHH/RHW .....	30
Figura 3. 3: Cable THWN/THHN.....	31
Figura 3. 4: Cable XHHW/XHHW-2 .....	32
Figura 3. 5: Tubería conduit.....	34
Figura 3. 6: Funda sellada .....	34
Figura 3. 7: Conectores .....	34

### Capítulo 4

Figura 4. 1: Triángulo de potencia .....	37
Figura 4. 2: Motor polos lisos .....	38
Figura 4. 3: Motor polos salientes.....	38
Figura 4. 4: Motor con arranque con capacitor .....	40
Figura 4. 5: Motor con Imán permanente .....	40
Figura 4. 6: Conexión delta.....	42
Figura 4. 7: Conexión delta 9 terminales .....	42
Figura 4. 8: Conexión Estrella .....	43

Figura 4. 9: Conexión Estrella 9 terminales.....	43
Figura 4. 10: Arranque directo .....	44
Figura 4. 11: Arranque Estrella triángulo .....	44
Figura 4. 12: Rotor bobinado .....	45
Figura 4. 13: Arranque por autotransformador .....	45

## Capítulo 5

Figura 5. 1: Tablero de contactores.....	46
Figura 5. 2: Cerradura del tablero .....	47
Figura 5. 3: Motor trifásico ABB.....	47
Figura 5. 4: Placa del motor .....	48
Figura 5. 5: Protección eje del motor.....	48
Figura 5. 6: Soporte de tablero.....	49
Figura 5. 7: Rueda giratoria .....	49
Figura 5. 8: Diagrama unifilar.....	50
Figura 5. 9: Diagrama de control .....	51
Figura 5. 10: Diagrama de fuerza.....	52

## Capítulo 6

Figura 6. 1: Acometida del motor .....	54
Figura 6. 2: Voltímetro.....	60
Figura 6. 3: Amperímetro.....	60

## Capítulo 7

Figura 7. 1: Relación corriente-velocidad.....	62
Figura 7. 2: Relación Par-velocidad.....	63

## INDICE DE TABLAS

### Capítulo 3

Tabla 3. 1: Multiconductor THHW-LS.....	30
Tabla 3. 2: Cable RHH / RHW-2 XLPE .....	31
Tabla 3. 3: Cables THWN/THHN .....	31
Tabla 3. 4: Cables XHHW/XHHW-2 .....	32
Tabla 3. 5: Selección de conductores .....	33

### Capítulo 6

Tabla 6. 1: Selección de contactores .....	54
Tabla 6. 2: selección de interruptores .....	55
Tabla 6. 3: Selección del relé térmico .....	56
Tabla 6. 4: Selección de relé de control .....	56
Tabla 6. 5: Selección de temporizador .....	57
Tabla 6. 6: Selección botón de emergencia.....	58
Tabla 6. 7: Selección de tomacorriente trifásico.....	58
Tabla 6. 8: Selección de pulsador .....	59

### Capítulo 7

Tabla 7. 1: Valores del fabricante .....	61
Tabla 7. 2: Presupuesto .....	65

## RESUMEN

En el Ecuador y en todo el mundo en general existen un sin número de empresas y fábricas con motores de todo tipo, ya sean de alimentación continua o alterna, entre los alternos existen monofásicos o trifásicos, de los cuales los trifásicos tienen diferentes tipos de conexiones y arranques como lo son las conexiones delta y estrella y los arranques directos, estrella-triángulo, rotor bobinado, autotransformador. Los arranques por lo general varían dependiendo de la situación en las que el motor vaya a trabajar, pero los más comunes y normalmente usados son los arranques directos y estrella triángulo. Uno de los beneficios que tiene el arranque estrella-triángulo y por lo cual lo hace uno de los arranques más usados es el significativo ahorro de energía a la hora de encender los motores en sus picos de corriente, ya que este permite que la corriente que necesita para efectuar el arranque sea mucho menor hasta alcanzar la ruptura del torque y posteriormente pasar a delta para poder realizar el trabajo de fuerza. Cabe recalcar que el costo de la realización de este arranque es mucho menor ante las otras alternativas que tenemos para el ahorro del consumo de energía a la hora de arrancar un motor trifásico, como lo es el arrancador suave y variador de velocidad. Este trabajo tiene como finalidad aportar conocimientos acerca de los beneficios de la implementación de los arranques estrella-triángulo para motores trifásico.

**Palabras claves:** TABLERO, ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO, MOTOR TRIFÁSICO, PROTECCIONES ELÉCTRICAS.

## **ABSTRACT**

In the Ecuador and around the world in general there is a lot of companies and factories with motors of all kinds, either continuous or alternative power, between the alternates exist single-phase or three-phase, of which three-phase have different types of connections and arrangements such as delta and star connections and direct arrays, star-triangle, winding rotor, autotransformer and stator resistances. The arrangements usually depend of the situation in which the engine will work, but usually, the most common and most used are the direct arrangements and the star, triangle. One of the benefits of the star-delta starting and why is the newest of the most used start-ups in energy saving at the time of ignition of the engines in their current peaks, since this allows The current you need to start the sea much less until the break of the pair and then pass a delta to perform the work of force. It should be noted that the cost of realizing this is much lower than the other alternatives we have for saving energy consumption when starting a three-phase motor, such as the soft starter and variable speed drive. The objective of this work is to provide the benefits of the implementation of the star-delta arrays for three-phase motor.

Keywords: BOARD, START TRIANGLE STAR, THREE PHASE MOTOR, ELECTRICAL PROTECTIONS.



# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Justificación**

Los motores trifásicos para su funcionamiento utilizan diferentes tipos de arranques. Los cuales son directos, estrella-triángulo, rotor bobinado, autotransformador. Estos arranques se los debe realizar con una serie de elementos como son los contactores, temporizadores, relé térmico, breakers, entre otros, los cuales van en un tablero eléctrico fijados mediante pernos o riel din para posteriormente ser conectados a los motores.

El arranque estrella-triángulo es uno de los más utilizados en la industria y de vital importancia entender su funcionamiento, diseño y conexionado, por ello se pretende con este trabajo hacer una aportación al laboratorio de control con la finalidad de ayudar al entendimiento de los estudiantes de una manera didáctica, práctica y sencilla. Para el diseño de este tipo de arrancador se requiere el manejo adecuado de las diferentes ecuaciones eléctricas trifásicas para poder encontrar los valores de diseño y seleccionar los elementos a usar para la implementación de este.

### **1.2. Planteamiento del Problema**

A la hora de arrancar un motor trifásico por lo general los picos de corriente son muy altos. esto en realidad depende de la situación ya que hay casos en los que los motores son pequeños y su corriente de pico no es lo suficientemente alto para considerarse un problema, pero en el caso de empresas grandes o fábricas con motores grandes, al arrancar se enfrentan con este problema, los picos de corriente son muy altos provocando exceso de consumo e incluso sobredimensión de los elementos de las instalaciones para poder soportar el arranque. De ahí surge la opción del arranque estrella triángulo, el cual economiza el consumo y el costo de los elementos utilizados para el arranque de los motores.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Implementar un tablero eléctrico con arrancador estrella-triángulo para un motor 220V trifásico con las debidas protecciones.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Diseñar y dimensionar tablero eléctrico con su acometida para el motor.
- Calcular valores de operación y seleccionar las protecciones eléctricas del arrancador.
- Realizar las pruebas del arrancador e identificar su porcentaje de ahorro de consumo eléctrico.

### **1.4. Tipo de Investigación**

El tipo de investigación a ejecutarse para el desarrollo de este trabajo, es de carácter descriptivo y experimental, ya que se explicará el funcionamiento del arranque estrella triángulo y se implementará el mismo

### **1.5. Hipótesis**

A través de un arranque estrella triángulo se puede optimizar el consumo de energía de un motor trifásico a la hora de su arranque.

### **1.6. Metodología**

La metodología por aplicarse en el desarrollo de este trabajo es del tipo hipotético deductivo, puesto que se implementará un arranque estrella triángulo y se observará el comportamiento y se compararán los valores obtenidos del mismo.

## PARTE I MARCO TEÓRICO

### CAPÍTULO 2

#### CONSIDERACIONES DE UN TABLERO.

##### 2.1. Laboratorio de control eléctrico

Los laboratorios de control eléctrico son sitios donde se realizan prácticas para el análisis y observación del comportamiento de los diferentes dispositivos que pueden ser electromecánicos, controladores programables, neumáticos, eléctricos, etc. Con esto se busca que los estudiantes adquieran un nivel importante de comprensión y análisis.



Figura 2.1: Consola de control para motores en laboratorio.  
Fuente: (Guanín, R. 2009)

En la figura 2.1 se puede apreciar un área de trabajo de un laboratorio eléctrico que posee en la mesa dos motores que están conectados a los tableros que se encuentran en la parte posterior donde se encuentran las conexiones de control y fuerza con sus equipos de medición.

##### 2.2. Tableros eléctricos

Los tableros están divididos en dos secciones que comprenden los elementos del circuito de control y de fuerza. Estos elementos están destinados a la distribución de la energía eléctrica para el funcionamiento de la carga instalada. Cada una de estas secciones posee su respectiva protección que evita que los equipos se estropeen ante sobrecargas y cortocircuitos.



Figura 2.2: Tablero de control  
Fuente: (Macías & Gonzales, 2013)

En la figura 2.2 se puede observar el interior de un tablero eléctrico donde la parte de fuerza se la puede encontrar en la parte izquierda que en el caso de este proyecto estará alimentada con 220 V trifásico y el control en la parte derecha que será alimentada con 110v.

### **2.3. Equipos de control de un tablero eléctrico**

El circuito de control del tablero para este proyecto estará alimentado por un voltaje de 110V. por lo tanto, lo cual comprende los siguientes elementos:

#### **2.3.1. Breakers de control**

Un disyuntor o breaker es un dispositivo encargado de cortar el paso de la corriente a un circuito eléctrico que presente elevados valores de intensidad de corriente eléctrica, ya sea por cortocircuito o por sobrecargas. Este tipo de protección posee la característica de poder ser rehabilitado después de que haya sido reparado el problema que provoco esta elevación de corriente, característica que no poseen otras protecciones como los fusibles que son de una sola vida.

Para el circuito de control se usan los disyuntores miniatura (MCB), el cual es un dispositivo electromecánico que protege un circuito eléctrico de una elevación corriente, que puede producirse por cortocircuito, sobrecarga o problemas en el equipo. Este disyuntor es una mejor opción que un fusible ya que no requiere cambio una vez que se identifica la sobrecarga. En la figura 2.3 se muestran los disyuntores MCB, el cual ofrece una mejor protección operacional y una mayor manejabilidad sin incurrir en un enorme costo de operación. Estos interruptores pueden usarse para cargas pequeñas. (Electrica Aplicada, 2018)



Figura 2. 3: Interruptor enchufable  
Fuente: (Electrica Aplicada, 2017)

### 2.3.2. Temporizador (Timer)

Elemento que permite o no el paso de la corriente en un tiempo previamente programado. El principal elemento de los temporizadores son los osciladores que permite ingresar un tiempo por medio de pulsos al sistema. Es el principal elemento de control en los tableros eléctricos. Se clasifican en:

Conexión: al recibir voltaje contabiliza un tiempo y luego procede a la desconexión los contactos.

Desconexión: al dejar de recibir voltaje contabiliza un tiempo y se desconectan los contactos. (Bricos, 2018)

Este elemento posee una perilla con la cual se regula el tiempo como se muestra en la figura 2.4.



Figura 2. 4: Temporizador  
Fuente: (Bricos, 2012)

### 2.3.3. Botonera de paro-marcha

Es un equipo destinado al control manual del motor, por medio del cual se pone en marcha o en paro al motor ya sea por algún problema o por mantenimiento general. Estas botoneras existen en varias marcas y diseños diferentes, uno de estos es el que se muestra en la figura 2.5. Los colores pueden ser verdes, rojos o negros

generalmente, pero esto varía dependiendo del fabricante y de las necesidades del usuario. Las dimensiones de estas botoneras vienen en varias medidas y así mismo su selección depende de las necesidades del usuario.



Figura 2.5: Botonera de paro-marcha  
Fuente: (Circuitos de Mando, 2016)

## 2.4. Equipos de fuerza de un tablero

Los equipos de fuerza de este tablero serán alimentados con 220v trifásicos por lo que los elementos serán para este tipo de energización.

### 2.4.1. Breaker principal

En los equipos de fuerza el elemento primordial en un tablero es el breaker principal, que será el encargado de interrumpir el paso de la corriente a los equipos como motores, bombas, compresores, etc. Protegiéndolos de averías e incidentes.

La selección de estos breakers debe ser minuciosamente calculada, tomando en cuenta las siguientes consignas:

- Corriente nominal: la corriente en la que trabajará el circuito eléctrico a plena carga.
- Tensión de trabajo: voltaje al cual va a trabajar el circuito eléctrico.
- Poder de corte: nivel de corriente máximo que el breaker puede interrumpir.
- Poder de cierre: nivel de corriente máximo que el breaker puede soportar en sobrecarga.
- Número de fases: el número de fases que el breaker puede tener en sus bornes de entrada y salida

Los tipos más habituales de breakers de fuerza son:

- Disyuntor caja moldeada

En la figura 2.6 se observa un disyuntor de caja moldeada el mismo que posee ocho tamaños que cubren la gama de 15 a 3000 A, los disyuntores de caja moldeada

de Allen-Bradley pueden satisfacer sus requisitos de intensidad y poderes de corte. Con una amplia gama de accionamientos y accesorios, estos disyuntores proporcionan la protección de circuitos contra sobrecarga, cortocircuito y fallo a tierra. Estos breakers son usados para las conexiones de fuerza en un tablero para motores de alto consumo eléctrico. (Rockwell automation, 2018)



Figura 2. 6: Disyuntor caja moldeada  
Fuente: (Schneider Electric, 2017)

#### - Disyuntor modular

En la figura 2.7 se observa un disyuntor modular ofrece protección contra contacto accidental IP20 (indica que tiene una protección contra el ingreso de polvo, pero no tiene protección contra el ingreso de agua) y cumple con las normas de restricción de sustancias peligrosas (RoHS).



Figura 2. 7: Interruptor modulado  
Fuente: (Schneider Electric, 2017)

Estos productos también cumplen con un conjunto ampliado de estándares y certificaciones. Poseen capacidades de corte desde 3A hasta 25kA, pueden ser instalados en riel din en domicilios e industrias. Estos disyuntores son usados para cargas trifásicas de bajo consumo. (Rockwell automation, 2018)

## 2.5. Equipos de fuerza con bobinas de control.

Los equipos del circuito de fuerza poseen un circuito interno de control que va conectado a los equipos de control antes mencionados que serán los encargados de realizar el proceso de energización para el funcionamiento de las maquinas eléctricas instaladas. Cabe mencionar que estos equipos pueden trabajar con dos voltajes diferentes, ya que el equipo de control solo requiere de una línea de energización y la fuerza se alimenta con dos a 3 líneas. Estos equipos son los siguientes:

### 2.5.1. Contactores

Los contactores son elementos electromecánicos encargados de permitir o interrumpir el paso de la corriente. Los contactores se utilizan para interrumpir electromagnéticamente la conexión y desconexión de los circuitos de fuerza de un tablero. En el circuito de control los contactores constan con contactos auxiliares que poseen contactos normalmente abiertos y cerrados que son los que permitirán energizar la bobina creando el campo magnético que atraerá el martillo para permitir el paso de corriente en el circuito de fuerza.

En la figura 2.8 se muestran las partes de fuerza y de control del contactor:

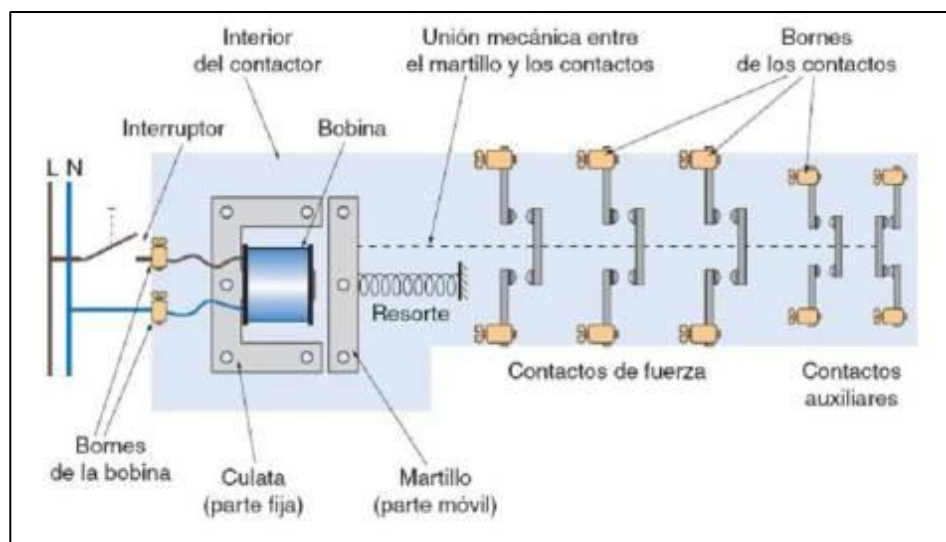


Figura 2. 8: Partes de contactores  
Fuente: (Sites Google, 2016)

#### - Carcasa

Es la base en la cual se van a sujetar los componentes que permitirán el paso de la corriente del contactor. Este debe ser fabricado por un material con alta resistividad a la corriente, rígido y con capacidad de soportar grandes temperaturas sin perder la calidad visual del mismo.



### - **Electroimán**

Es la pieza más importante del contactor. está conformado por un bobinado y el circuito magnético, que mediante su energización crea un campo magnético atrayendo los contactos y cerrando el circuito eléctrico permitiendo el paso de la corriente.

### - **Bobina**

Es la encargada de generar los campos magnéticos que cierran y abren los contactos en el contactor, este está compuesto de alambre de cobre enrollado de espesor bien fino para poder dar un gran número de espiras y así incrementar el campo magnético a la hora de aplicarle la tensión. La bobina al ser alimentada con corriente alterna, los niveles de corrientes son altos debido a que la única resistencia que posee es la propia del conductor.

Gracias a los elevados niveles de corriente permite que el campo magnético sea lo suficientemente fuerte para que el núcleo atraiga la armadura generando así el movimiento mecánico venciendo la fuerza del resorte que mantiene abierto el circuito cuando esta desenergizado. Cuando esto sucede se cierra el circuito permitiendo así el paso de la corriente aumentando la impedancia de la bobina, por lo que se reduce la intensidad de la corriente, obteniendo una corriente de trabajo ligeramente menor.

### - **Culata**

Elemento ferromagnético fijado en la carcasa del contactor cuya función es la concentración del flujo magnético producido por la bobina, haciendo aumentar la fuerza del campo magnético para mejorar la eficiencia de atracción de la armadura.

### - **Martillo**

Este elemento es parecido al núcleo, pero esta no posee la espira de sombra. Busca el cierre del circuito al ser energizada la bobina, este elemento está normalmente separado del núcleo, accionado por el muelle.

El muelle permite que la apertura y el cierre del circuito magnético sean de gran velocidad.

### - **Contactos**

Los contactores poseen dos tipos de contactos en su interior, estos son

- Contactos principales
- Contactos auxiliares

Los contactos principales son los encargados de suministrar la corriente de fuerza con la que operara el sistema. El estado normal de estos contactos es abierto y al energizar la bobina del contactor su estado cambia a cerrado.

Los contactos auxiliares son los encargados de recibir y enviar las señales de control del sistema y pueden tener el estado normalmente abierto y normalmente cerrado. (Contactor, 2018)

### 2.5.2. Interruptor magneto térmico

Este interruptor es el encargado de cortar el paso de la corriente eléctrica de un sistema cuando se eleva por encima de los valores nominales de una industria. En la figura 2.9 se puede apreciar el interior de este interruptor el cual funciona basado principalmente en el efecto joule que mediante una lámina bimetálica que experimenta una elevación de temperatura y una elongación provocada por la elevación de corriente, lo cual desconecta el circuito.

Este equipo posee un circuito de control internamente con un contacto normalmente cerrado que, al desconectarse el circuito de fuerza por una elevación de la temperatura, abre el contacto normalmente cerrado lo que provoca que se interrumpa el flujo de corriente en el circuito de control, garantizando la posibilidad de que el circuito de fuerza siga energizado.

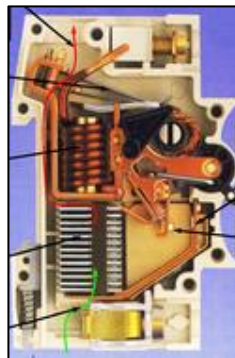


Figura 2. 9: Interruptor magneto térmico  
Fuente: (Carrillo, M, 2011)

### 2.5.3. Guarda motor

Los guarda motores protegen el circuito principal por medio de un dispositivo eléctrico mecánico. Comúnmente usados para dar arranque manual a los motores, proveen al sistema más flexibilidad a las protecciones contra las sobrecargas, fallos y cortocircuitos de fase. El guarda motor implica un ahorro de costo, espacio y protección rápida para los motores.

#### Características principales

- Protege al sistema contra sobrecargas y cortocircuitos. Además, tiene control manual.

- Corriente de protección regulable para proteger la carga.

- Soporta altos niveles de temperatura (ABB, 2018)

Los guarda motores vienen en varias marcas y con variedad de características, en la figura 2.10 se tiene un guarda motor de marca ABB de 15 amperios



Figura 2. 10: Guarda motor  
Fuente: (ABB, 2017)

## 2.6. Barra de tierra

Todo tablero eléctrico lleva su respectiva barra de tierra como protección y será la encargada de transmitir cualquier sobrecarga directamente a tierra, un ejemplo de barra de tierra que se puede ver en los tableros es la figura 2.11.

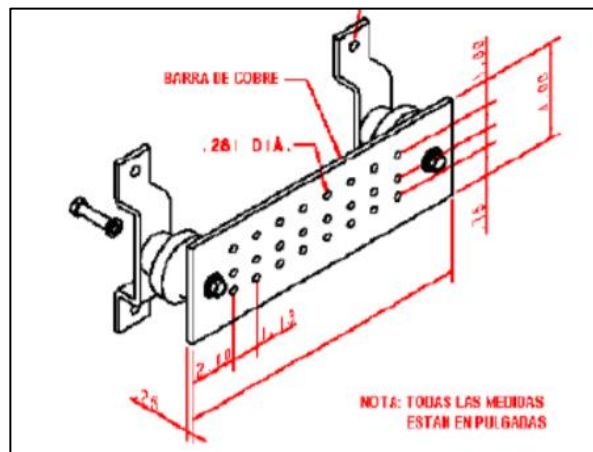


Figura 2. 11: Barra de tierra  
Fuente: (Miñán, W, Duche, E. 2013)

La cual recibe líneas de tierra de los equipos para asegurar su protección, además aterriza todo elemento conductor de corriente que sea de fácil contacto para el usuario para así evitar la electrocución del mismo.

Estas barras de tierra están conectadas al sistema de puesta a tierra instalada en el terreno, está compuesto por una varilla de cobre copperweld que están enterradas en el suelo del terreno con el fin de aterrizar corrientes de falla que se presentan.

Las características de la varilla de puesta a tierra son:

- Material de cobre Copperweld
- Longitud de 1.5 metros
- Diámetro de 5/8 de pulgada

## CAPÍTULO 3

### ACOMETIDA DE UN MOTOR TRIFÁSICO

La acometida es un conjunto de conductores que se va a usar para la energización de un motor trifásico, esta debe estar ubicada de tal manera que no haya riesgo de tropiezo de las personas, protegida de cualquier situación mecánica que suceda a su alrededor y de fácil accesibilidad en caso de mantenimiento o reparación.

#### 3.1. Tipos de conductores y aplicaciones industriales.

En los montajes eléctricos la selección del conductor es de vital importancia ya que el diámetro de la tubería depende del conductor, unión, funda sellada y conectores elementos que ayudarán a soportar las condiciones mecánicas a las que se someterá, pero hay situaciones en las que estas protecciones mecánicas no bastan para mantener la vida útil del conductor, por lo que existen conductores especiales para diferentes situaciones que se presentan en la industria. Estos conductores son los siguientes:

##### 3.1.1. Cables Multiconductor THHW-LS 600 V / 90 °C

Son cables que de cobre suave con aislación de tipo THHW (Thermoplastic High Heat Moisture (Water) Resistant Nylon / termoplástico de alta temperatura y resistente al agua de nylon) – LS (cumplen con las pruebas de no propagación de incendio, de baja emisión de humos y de bajo contenido de gas ácido, pruebas definidas en la misma NOM - 063 – SCFI). Puede poseer de 3 a 4 conductores y cada uno de ellos posee su propio aislamiento como se puede ver en la figura 3.1 con colores diferentes para su diferenciación.

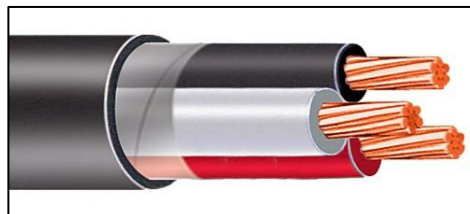


Figura 3. 1: Conductor THHW-LS  
Fuente: ( Viakon, 2013)

Las principales aplicaciones y características de este cable se muestran en la tabla 3.1

Tabla 3. 1: Multiconductor THHW-LS

<b>Principales aplicaciones</b>	<b>Características</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estos conductores se usan en acometidas de baja tensión que limita la propagación del fuego y su emisión de humo y contenido de gas ácido sea bajo.</li> <li>- Estos conductores pueden ser instalados en tuberías rígidas subterráneas o en exteriores ya sea en lugares con humedad, secos o soleados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajan hasta con 600 V.</li> <li>- temperaturas máximas: 75°C En ambiente mojado, 90°C En ambiente seco.</li> <li>- Los calibres del conductor varían de 8 AWG a 500 MCM).</li> <li>- Evita la propagación del fuego.</li> <li>- Poca emisión de humo y gas ácido en caso de incendio del aislamiento.</li> <li>- El color del aislamiento externo del cable es negro.</li> </ul>

Fuente: (Viakon, 2018)

### 3.1.2. Cable RHH / RHW-2 XLPE 600 / 90 °C

Cable individual de cobre suave que posee un aislamiento RHH (Rubber High Heat Resistant / Caucho resistente a altas temperaturas) / RHW-2 (Rubber Heat Resistant, Wet resistant / Caucho resistente al calor y ambientes mojados) con XLPE (Cross (X)-linked Polyethylene / Polietileno de cadena cruzada) aditivo que hace que el polietileno parezca termofijo. La figura 3.2 muestra la apariencia física de este conductor que posee las siguientes aplicaciones y características.

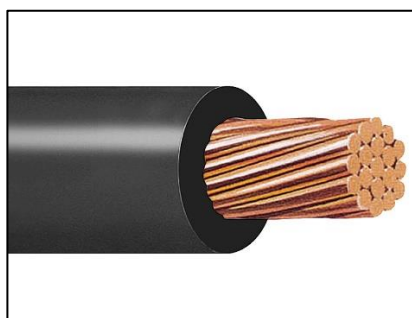


Figura 3. 2: Cable RHH/RHW  
Fuente: ( Viakon, 2013)

Las principales aplicaciones y características de este cable se muestran en la tabla 3.2

Tabla 3. 2: Cable RHH / RHW-2 XLPE

<b>Principales aplicaciones</b>	<b>Características</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conductor capaz de ser instalado directamente bajo tierra por el espesor del aislamiento.</li> <li>- usado en baja tensión para iluminaciones, instalaciones industriales, centros comerciales (puede ser montado en tubería rígida).</li> <li>- Conductores normados NOM-001-SEDE.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajan hasta con 600 voltios.</li> <li>- Trabajan con temperaturas de hasta 90°C En ambiente seco, húmedo o mojado, 130°C En emergencia y 250°C En corto circuito.</li> <li>- Este conductor tiene norma ICEA P-32-382.</li> </ul>

Fuente: (Viakon A. y.-2., 2018)

### 3.1.3. Cables THWN/THHN 600V, 75/90°C 600 V 90°C

Cable de cobre suave con aislamiento THWN (Thermoplastic High Heat and Moisture (Water) Resistant Nylon / Termoplastico de alta temperatura resistente al agua de nylon) / THHN (Thermoplastic High Heat Nylon / termoplástico de alta temperatura resistente al agua). En la figura 3.3 se aprecia su apariencia física.



Figura 3. 3: Cable THWN/THHN  
Fuente: ( Viakon, 2013)

Las principales aplicaciones y características de este cable se muestran en la tabla 3.3

Tabla 3. 3: Cables THWN/THHN

<b>Principales aplicaciones</b>	<b>Características</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Son usados generalmente en iluminación.</li> <li>- Los instalan en gasolineras y petroleras por su alta resistencia a los aceites y químicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Este conductor trabaja a 600 voltios.</li> <li>- Normado por UL que nos garantiza su resistencia a aceites, gasolina y ambientes soleados.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vienen en calibres 1/0 AWG hasta 14 AWG.</li> <li>- Las temperaturas que soportan: 75°C En ambiente mojado. 90°C En ambiente seco o húmedo.</li> </ul>
--	---

Fuente: (Viakon, 2018)

### 3.1.4. Cables XHHW/XHHW-2 600 V 90°C

Cable de cobre suave comprimido con aislación XHHW (XLPE (Cross (X)-linked Polyethylene / Polietileno de cadena cruzada) High Heat Moisture (Water) Resistant). Su presentación puede ser en alambre o en varios hilos cruzados como se muestra en la figura 3.4



Figura 3. 4: Cable XHHW/XHHW-2  
Fuente: ( Viakon, 2013)

Las principales aplicaciones y características de este cable se muestran en la tabla 3.4.

Tabla 3. 4: Cables XHHW/XHHW-2

Principales aplicaciones	Características
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estos conductores son usados en los sistemas de distribución en iluminación de centros comerciales, edificios, industrias.</li> <li>- El calibre de estos cables es reducido por lo que mayormente son usados en los circuitos de control.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Este conductor está aprobado a la norma UL, es decir, resistente al aceite, gasolina y al fuego.</li> <li>- El valor máximo de voltaje que soporta es 600 V.</li> <li>- Estos conductores vienen de 14 AWG a 2 000 MCM</li> <li>- Las temperaturas en las que puede trabajar son: 90°C En ambiente seco, húmedo y mojado. 130°C En emergencia. 250°C En corto circuito.</li> </ul>

Fuente: (Viakon, 2018)



La capacidad de un conductor en relación a su calibre se puede definir de acuerdo a la siguiente tabla 3.5.

Tabla 3. 5: Selección de conductores

**CAPACIDAD DE CORRIENTE EN AMPERES PARA CONDUCTORES DE COBRE, AISLADOS Y, PARA UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 30° C**

CALIBRE AWG o MCM	THHW, RHH, THHN, XHHW (90° C)		VINICON, AVA, AVL (110° C)	
	TUBO o DUCTO	EN AIRE	TUBO o DUCTO	EN AIRE
14	25	35	30	40
12	30	40	35	50
10	40	55	45	65
8	55	80	60	85
6	75	105	80	120
4	95	140	105	160
2	130	190	135	210
1/0	170	260	190	285
2/0	195	300	215	330
3/0	225	350	245	380
4/0	260	405	275	445
250	290	455	315	495
300	320	505	345	555
350	350	570	390	610
400	380	615	420	665
500	430	700	470	765
600	475	780	525	855
700	500	850	560	940
750	535	885	580	980
800	550	900	600	1 020
1000	615	1 055	680	1 165
<b>FACTORES DE CORRECCION PARA TEMPERATURAS AMBIENTES MAYORES DE 30° C</b>				
31 A 35° C	0.96	0.96	0.97	0.97
36 A 40° C	0.91	0.91	0.94	0.94
41 A 45° C	0.87	0.87	0.90	0.90
46 A 50° C	0.82	0.82	0.87	0.87
51 A 55° C	0.76	0.76	0.83	0.83
56 A 60° C	0.71	0.71	0.79	0.79

**NOTAS:** Para 4 a 6 conductores en un tubo, la ampacidad se reduce al 80% de las cifras dadas. De 7 a 9 conductores, la ampacidad se reduce al 70% ; de 10 a 20 al 50% y de 21 a 30 al 45%. En un sistema balanceado, el neutro no cuenta como conductor para los efectos de esta nota.

Fuente: (Yanes, J, 2015)

Los cables deben de estar bajo una protección mecánica lo suficientemente confiable para evitar suciedad, humedad, temperaturas, rupturas, soportar golpes y situaciones mecánicas adversas, además de que su aislamiento debe estar seleccionado para que soporte las condiciones en la que va a trabajar.

### 3.2. Tubería eléctrica Conduit

La figura 3.5 muestra una tubería conduit mayormente usadas en el área de montaje a nivel industrial, este tubo es la vía por la cual el cable será pasado hasta llegar a su destino de conexionado. El diámetro del tubo se selecciona en función del calibre y número de conductores que alojará.



Figura 3. 5: Tubería conduit  
Fuente: (Dincorsa, 2015)

### 3.3. Funda sellada

En la figura 3.6 se encuentra un rollo de funda sellada que es un elemento flexible de metal trenzado recubierto de una capa de plástico. Su uso es básicamente para aquellas partes en el montaje en las que el camino presenta curvas o giros, ya que por lo general nunca una acometida eléctrica es 100% lineal. El diámetro de la funda sellada va ligado al del cable, por ende, este está ligado a la tubería. Deben ser del mismo tamaño y se unen por medio del siguiente elemento que son los conectores para funda sellada.



Figura 3. 6: Funda sellada  
Fuente: (Hentel, 2017)

### 3.4. Conectores para funda sellada

Son elementos de metal rígido utilizados para la unión del tubo rígido con la funda sellada, vienen en varias medidas y su forma es tal cual se muestra en la figura 3.7, poseen un aislante de plástico y van enroscados en el tubo y en la funda sellada evitando así filtración de agua, polvo, etc.



Figura 3. 7: Conectores  
Fuente: (Hentel, 2018)

## CAPÍTULO 4

### MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA

Este tipo de motores son los mayormente usados a nivel industrial ya que tienen un buen rendimiento con un costo de mantenimiento bajo, son bastante sencillos en construcción y posee un sinnúmero de aplicaciones en la industria.

#### 4.1. Características de los motores eléctricos de corriente alterna.

Las características de los motores eléctricos están ligadas directamente con sus parámetros de operación. Para esto se toma en cuenta las siguientes características:

- **Potencia:** que tan rápido se realiza el trabajo.

Este parámetro se lo calcula como  $\text{Potencia} = \text{Trabajo}/\text{tiempo}$  y sus valores estarán dados en joule por segundo denominado como watt.

En el sistema inglés la potencia de los motores está dada en HP (horse power) y sus conversiones son las siguientes:

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$

$$1 \text{ HP} = 746 \text{ W} = 0.746 \text{ kW}$$

$$1 \text{ kW} = 1.34 \text{ HP}$$

- **Voltaje:** esta va a ser la tensión o diferencia de potencial que hay entre dos puntos y es el encargado de desplazar la energía de un punto a otro para el funcionamiento de un equipo.

Este diferencial de potencial está dado por:

$$E = [V_A - V_B]$$

*Dónde:*

E = Voltaje o Tensión

V<sub>A</sub> = Potencial del punto A

V<sub>B</sub> = Potencial del punto B

- **Corriente:** es el flujo de electrones que se trasladan en un conductor mediante la excitación de un voltaje y su fórmula es:

$$I = \frac{Q}{t}$$

*Dónde:*

I = Corriente eléctrica

Q = Flujo de electrones que pasa por conductor

t = Tiempo

las unidades de este parámetro es el ampere.

Los motores eléctricos tienen 5 tipos de corriente a considerar las cuales son:

- a. Corriente nominal: este es el valor de corriente que el motor consumirá en funcionamiento a plena carga
- b. Corriente de vacío: este es el valor de corriente del motor sin carga durante su operación
- c. Corriente de arranque: es el valor de corriente del motor al momento de arrancar que por lo general es de 7 a 8 veces mayor a la nominal.
- d. Corriente de rotor bloqueado: este es el valor de corriente máximo que tendrá el motor al momento de bloquearse el rotor.
- e. Corriente de trabajo: es el valor de corriente que se mide en cualquier momento al realizar un trabajo.

- **Eficiencia:** este parámetro es el encargado de dar a conocer que tanta energía eléctrica consumida se transforma en trabajo útil y cuanto porcentaje de pérdida se obtiene que generalmente este dado en calor. Se busca siempre reducir las pérdidas al máximo para mejorar la eficiencia (Pérezdo, 2018)

$$\eta = \frac{P. out}{P. in} * 100\%$$

- **Factor de potencia:** este valor es el que indica si los niveles de carga inductiva de nuestros sistemas están elevados o no, este valor no tiene unidad y viene dado en valores entre 0 y 1. solo se presenta en cuando hay cargas inductivas y capacitivas. en las cargas resistivas su valor es 1 por lo tanto la potencia suministrada llega en su totalidad a la carga. por esta razón en un sistema, es imperativo que el factor de potencia este lo más próximo posible a la unidad. Si el factor de potencia está por debajo de lo establecido por la empresa eléctrica, esto implica un aviso para su corrección, la cual se corrige mediante la instalación de un banco de capacitores y en caso de no ser corregido, se tendrá que pagar una multa.

Las cargas inductivas generan un aumento en la potencia reactiva creando un desfase entre la potencia aparente y la potencia activa, generando una potencia reactiva que provoca una pérdida de la potencia recibida por las cargas, forzando al sistema a consumir más energía para poder abastecer la demanda de las cargas.

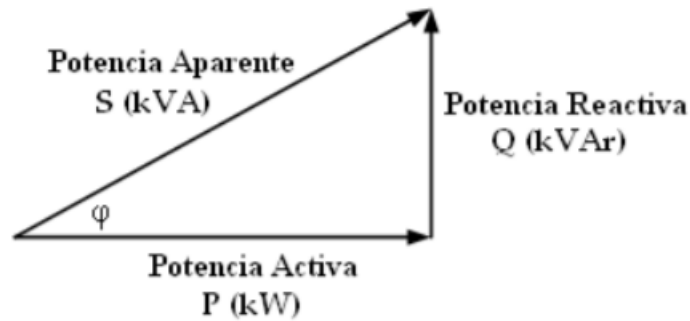


Figura 4. 1: Triángulo de potencia  
Fuente: (Llumiuinga, F. 2012)

La figura 4.1 es la representación del triángulo de potencia la cual por medio del coseno teta se puede saber en qué valores se encuentra el factor de potencia.

## 4.2. Clasificación de los motores de corriente alterna

### 4.2.1. Por su velocidad de giro:

#### - Asíncrono

El funcionamiento de estos motores se basa en el principio de inducción mutua. Cuando las bobinas inductoras del estator se alimentan con corriente trifásica estas producen un campo magnético rotatorio que tendrá una frecuencia equivalente a la frecuencia de la corriente alterna que se le está suministrando. El rotor al estar en reposo con este campo magnético rotatorio a su alrededor, se le induce corriente provocando un campo magnético que seguirá el movimiento del campo magnético del estator produciendo un torque permitiendo que el motor empiece a funcionar. Sin embargo, esta inducción solo se producirá cuando haya un diferencial de velocidades en los campos magnéticos del estator y rotor. En otras palabras, el campo del rotor nunca alcanzara el campo del estator porque de ser el caso no habría inducción y esto eliminaría la generación del par. A este diferencial de velocidad también se lo conoce como deslizamiento y es medido en porcentajes. Eléctricamente hablando, los motores asíncronos se los podría asemejar al funcionamiento de un autotransformador donde el devanado principal es el estator y el devanado secundario es el rotor. (asíncrono, 2018)

### - Motores Síncronos

Estos motores funcionan mediante una corriente continua provocando una excitación en el rotor creando un campo magnético continuo. El estator es alimentado con corriente alterna en sus bobinados creando un campo magnético giratorio provocando que los polos reales del rotor y los polos ficticios del estator interactúen mediante fuerzas tangenciales produciéndose un par en el sentido de la rotación. El rotor girará a  $N$  rpm que corresponderá a la velocidad de sincronismo y el campo magnético del rotor girará a la misma velocidad que el campo magnético del estator.

Los motores síncronos se clasifican dependiendo del tipo de rotor que usan, estos son: rotor de polos lisos (polos no salientes) y de polos salientes. (Tuveras, 2018)

### - Motores de rotor de polos lisos o polos no salientes

Estos rotores se construyen con sus polos al mismo nivel de la superficie del rotor. Usados principalmente para altas velocidades. La figura 4.2 muestra como es el rotor de polos lisos y este diseño es el que permite que sus velocidades serán altas.

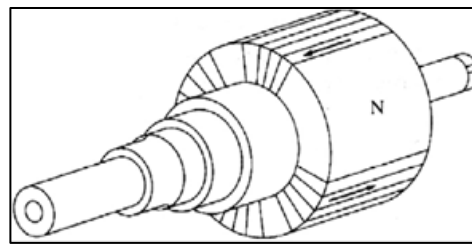


Figura 4. 2: Motor polos lisos  
Fuente: (Ollarves et al., 2013).

### - Motores de polos salientes

En este motor los polos sobresalen de la superficie del rotor. Estos rotores poseen de 4 polos en adelante y trabajan a bajas velocidades. La figura 4.3 muestra internamente como está constituido el rotor y este diseño es el que le da bajas velocidades, pero con más fuerza.

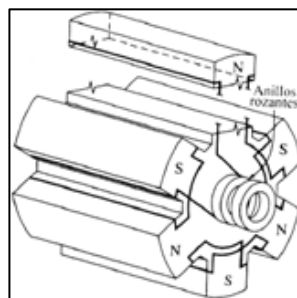


Figura 4. 3: Motor polos salientes  
Fuente: (Ollarves et al., 2013)

#### **4.2.2. Por el tipo de rotor**

##### **- Motores de jaula de ardilla**

El motor eléctrico con rotor en forma de jaula de ardilla, internamente posee un cilindro en su eje con barras de aluminio o cobre que se conectan en los extremos provocando un corto circuito en los anillos que conforman la jaula.

##### **- Motores de anillos rozantes**

Este motor es parecido al de jaula de ardilla a diferencia que este controla las corrientes excesivas del arranque y el torque alto que este posee. Este motor usa un voltaje inducido en el rotor permitiendo así el control del torque y arranque.

##### **- Motores con colector**

Estos motores poseen colectores que pueden llamarse anillos rotatorios. Estos motores son usados comúnmente en generadores y alternadores y estos conectan el campo de excitación del rotor con el bobinado del motor. Entran altos niveles de potencia y poseen un peso ligero, soportan altas sobrecargas temporalmente sin detenerse inmediatamente. En caso de una sobrecarga disminuyen la velocidad para reducir consumo y tienen un par alto en funcionamiento.

#### **4.2.3. Por su número de fases de alimentación:**

##### **- Motores monofásicos**

Estos motores mediante el desarrollo de un campo magnético de rotación e inducción de un campo estacionario generan el movimiento, el cual genera un par que es producido por un desfase de 90 grados refiriéndose al devanado principal. Esto solo sucede durante el arranque, luego de eso se desconecta.

##### **Tipos y características**

- Motores de fase partida: estos motores poseen una carcasa con un estator constituido de láminas que poseen espacios donde se encuentra el bobinado de los devanados principales y secundarios, su rotor se constituye de barras conductores de cobre o aluminio que cubren a este y se conectan con anillos de cobre en ambos extremos (jaula de ardilla). Su potencia varia de 1/30 HP a ½ HP y son usados en ventiladores, lavadoras, bombas etc.

- Motores de arranque con capacitor: Este motor tiene el mismo principio que el de fase partida a diferencia de que este posee un capacitor en su devanado de arranque para darle más par de arranque. La figura 4.4 indica su construcción interna la cual brinda una oscilación entre 1 HP y 15 HP y tiene un amplio número de aplicaciones ya sea en máquinas herramienta como en compresores y refrigeradores.

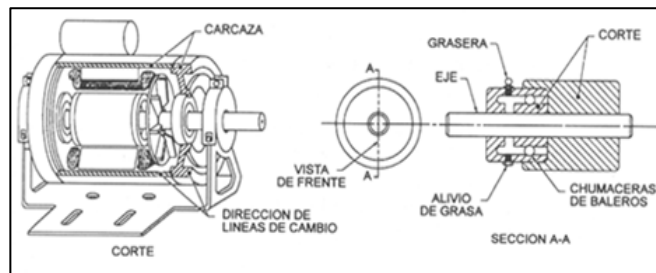


Figura 4. 4: Motor con arranque con capacitor  
Fuente: (Ollarves et al., 2013)

- Motores con Imán permanente: Este motor es parecido a al motor con arranque con capacitor a diferencia que este no posee un switch centrífugo por lo que no pueden arrancar y accionar cargas de alto par de arranque. En la figura 4.5 se pueden apreciar su construcción interna y su funcionamiento se basa en la creación de un retraso en el devanado de arranque.

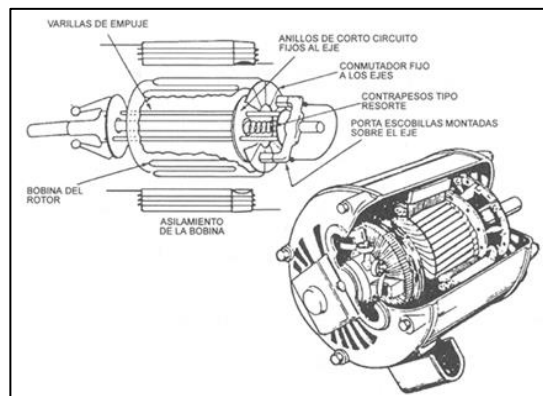


Figura 4. 5: Motor con Imán permanente  
Fuente: (Ollarves et al., 2013)

- Motores de inducción-repulsión: este tipo de motor se usa en arranques de carga pesada donde se busca que el consumo de corriente no sea alto. Estos motores oscilan entre ½ HP hasta de 20 HP y normalmente son usados en compresores grandes de aire o equipos de refrigeración. (Pérezdo, 2018)



## **- Motores trifásicos**

Estos motores son los más usados a nivel industrial, su campo magnético rotatorio consta de 3 fases, su número de polos y revoluciones son variables.

### **Inversión de giro**

la inversión de giro de estos motores está dada por la inversión de dos puntas de las fases del estator haciendo que el campo magnético invierta su dirección.

### **Tipos y características**

Estos motores se usan para máquinas a nivel industrial. Pueden ser ventiladores, sopladores, bombas, etc.

Sus principales partes son el rotor, estator y las tapas que poseen los rodamientos del rotor.

Existen dos tipos de estatores:

- De jaula de ardilla.
- De rotor bobinado

En ambos se encuentra el rotor con un núcleo laminado que hace contacto con el eje. Estos motores tienen tapas en ambos lados con rodamientos que permiten el giro del rotor.

## **4.3. Diagramas de conexión de los motores de corriente alterna**

Todo el motor de corriente alterna posee en su interior un número de bobinas eléctricas que son las que permiten el funcionamiento de los mismos, las conexiones posibles en los motores trifásicos pueden ser:

- Delta
- Estrella

### **4.3.1. Conexión Delta**

Esta conexión se fundamenta en la unión de los devanados de tal manera que forman un triángulo, en donde el final del devanado A se conecta con el principio del devanado B, el final del devanado B se conecta con el principio del devanado C y el final del devanado C se conecta con el principio del devanado A. se energizarán en lo que serían las puntas del triángulo que serían las puntas AB, BC y CA como se muestra en la figura 4.6.

Esta conexión puede ser diseñada de 6 o nueve terminales con alimentación trifásica.

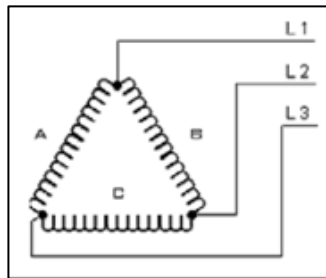


Figura 4. 6: Conexión delta  
Fuente: (Ollarves et al., 2013)

En los motores de jaula de ardilla se presentan devanados con 9 terminales que, para su conexión, se conectan internamente sus 6 devanados de tal manera que formen una delta cerrada, un ejemplo de esta conexión puede ser la unión de los terminales 1-4-9, 2-5-7 y 3-6-8, dando como resultado una delta cerrada como se muestra en la figura 4.7.

Las conexiones pueden variar para que los devanados trabajen a uno o dos voltajes. (Pérezdo, 2018)

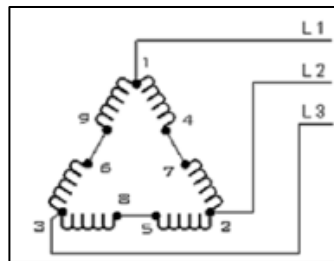


Figura 4. 7: Conexión delta 9 terminales  
Fuente: (Ollarves et al., 2013)

#### 4.3.2. Conexión Estrella

Esta conexión es la más usada en la mayoría de motores de jaula de ardilla y su conexionado viene dado en 3 terminales que representan el extremo inicial del devanado, que es por donde se energiza el circuito y el extremo final de los devanados que están empataados entre sí, dando como resultado una figura parecida a una estrella (Y) como se muestra en la figura 4.8.

Los motores con 9 terminales para ser conectados en estrella, deben de tener conectados sus terminales 1-4-7, 2-5-8, 3-6-9 y deben tener empataado los extremos finales de los devanados 7-8-9 que se podrían llamar 10-11-12 como se muestra en la figura 4.9.

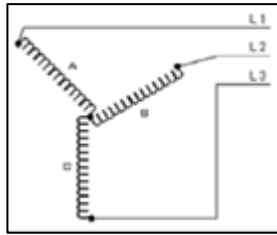


Figura 4. 8: Conexión Estrella  
Fuente: (Ollarves et al., 2013)

Estos devanados pueden ser conectados en serie para trabajar en alto voltaje o en paralelo para trabajar en bajo voltaje

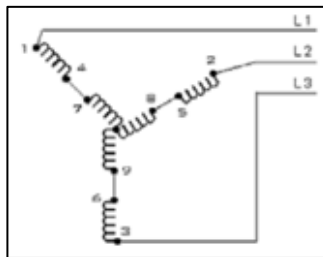


Figura 4. 9: Conexión Estrella 9 terminales  
Fuente: (Ollarves et al., 2013)

#### 4.3.3. Conexiones para dos voltajes

En muchos casos los motores vienen diseñados para que puedan operar con dos voltajes con el propósito de tener disponibilidad de funcionamiento sin importar que en la industria se posean diferentes voltajes de operación. Esto permitiría una conexión en serie para alto voltaje y conexiones en paralelo para bajo voltajes. (Pérezdo, 2018)

#### 4.4. Sistemas de arranque de los motores trifásicos

##### 4.4.1. Motor trifásico en arranque directo

Este tipo de arranque suele consumir corrientes muy elevadas y para el caso de potencias pasadas de los 10KW incluso pueden provocar fluctuaciones en la red eléctrica por lo que, para motores con alto consumo de energía, se pueden utilizar ciertos procedimientos para aminorar este consumo en su puesta en marcha, pero por lo general no es recomendado este tipo de arranque. (Pérezdo, 2018)

Su conexionado puede darse en estrella y delta como se muestra en la figura 4.10 que también muestra de que manera debe conectarse para cambiar la dirección del giro del motor. Por lo general, todos los motores vienen con unas láminas llamadas puentes que son las facilitan la realización de las conexiones.

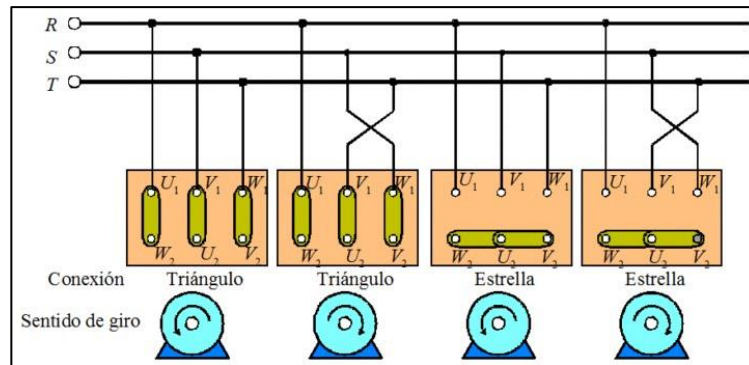


Figura 4. 10: Arranque directo  
Fuente: (Mora, J, 2008)

#### 4.4.2. Motor trifásico en arranque estrella triángulo

Este tipo de arranque es el más usado en los motores de inducción asíncronos y consiste en arrancar el motor en estrella con una tensión aproximada de 3 veces menor a la nominal del motor y luego de transcurrir un tiempo en esta conexión, mediante contactores pasar a la conexión delta disminuyendo así en gran medida la corriente de arranque del motor. (Pérezdo, 2018)

La conexión de control de este tipo de arranque se lo muestra en la figura 4.11

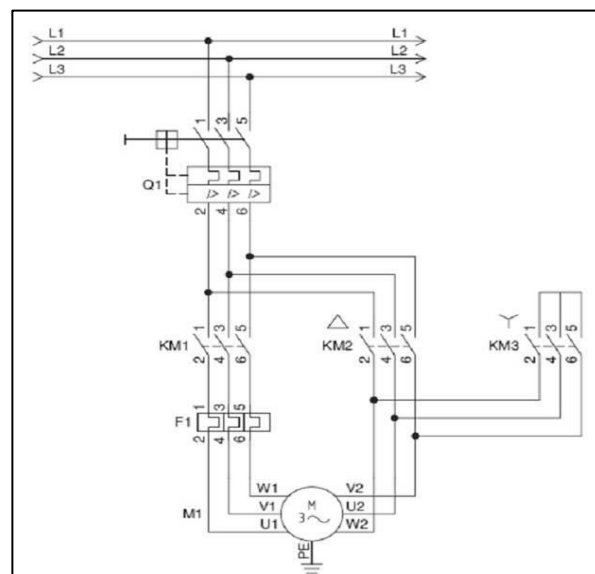


Figura 4. 11: Arranque Estrella triángulo  
Fuente: (Sites Google, 2015)

#### 4.4.3. Arranque de un motor trifásico de rotor bobinado

Este arrancador está diseñado para los motores con rotor bobinado con anillos rozantes y su funcionamiento consiste en aumentar el número de resistencias en series en las bobinas del rotor, permitiendo que al elevarse su impedancia su corriente

disminuya controlando la corriente de arranque y luego de que el motor adquiera velocidad, se van disminuyendo las resistencias cortocircuitándolas. (Pérezdo, 2018)

En la figura 4.12 se muestra el principio en el que se basa el funcionamiento de este arranque.

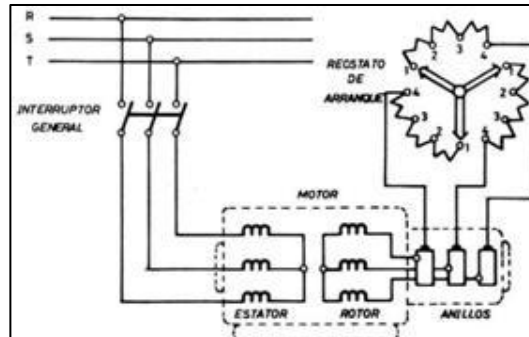


Figura 4. 12: Rotor bobinado  
Fuente: (Carpio, B. 2015)

#### 4.4.4. Arranque de un motor trifásico por autotransformador

Este tipo de arranque es usado para motores de grandes capacidades mayores a 100KW y consiste arrancar el motor mediante un autotransformador como se muestra en la figura 4.13. al motor se le suministra tensión reducida hasta llegar a su velocidad nominal y se procede a la desconexión del auto transformador. (Pérezdo, 2018)

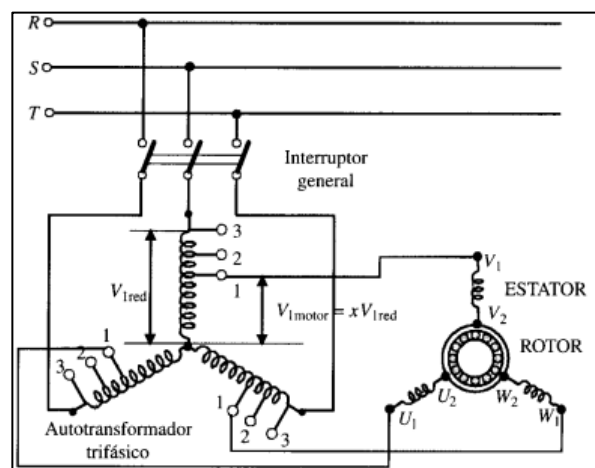


Figura 4. 13: Arranque por autotransformador  
Fuente: (Irvin K., 1991)

este tipo de arranque requiere de una inversión considerable, ya que además del motor también se requiere un autotransformador y por lo general ya no es usado debido a los nuevos tipos de arranques más eficientes en consumo y costo que existen.

## PARTE II APORTACIONES

### CAPÍTULO 5 CRITERIOS DE DISEÑO

#### 5.1. Diseño del tablero del arrancador

Para el arranque del motor se utilizará un tablero similar a una junction box que estará fijado mesa por medio de pernos de 5/16 pulgadas. En su interior tendrá un fondo falso para la fijación de contactores, protecciones y dispositivos de control por medio de riel din.

El tablero tendrá dos divisiones. Una para pulsadores y dispositivos de medición de voltaje y corriente y otra para ubicar los contactores, protecciones y dispositivos de control. Las medidas de cada división están dadas a continuación en la figura 5.1, con los valores en centímetros.

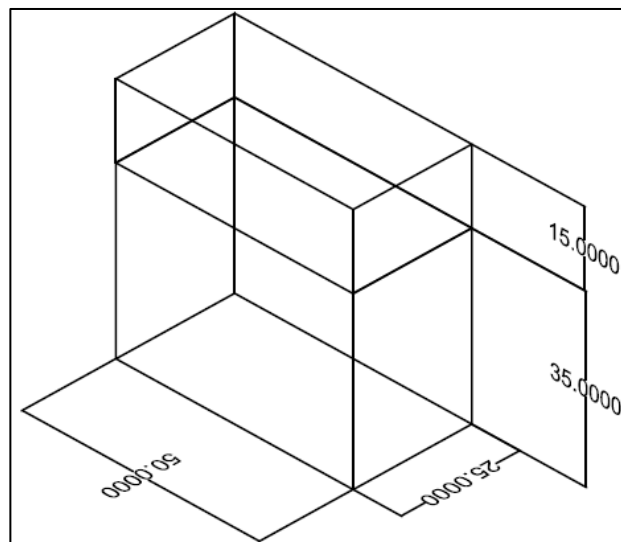


Figura 5. 1: Tablero de contactores  
Elaborado por: Autor

Los elementos irán agarrados en riel din, el cual será fijado en el fondo falso del tablero (plafón) por medio de tornillos autoenroscables, el equipo de control ira de lado izquierdo, el equipo de fuerza del lado derecho y los equipos de medición irán en la división superior del tablero con su botón de arranque (color verde) y su botón de paro (color rojo).

El panel del arrancador tiene una puerta abatible hacia afuera. Mediante 2 bisagras y una cerradura tipo push como se muestra en la figura 5.2, evitando el uso de llaves que por lo general se pueden perder.



Figura 5. 2: Cerradura del tablero  
Fuente: (Electro Sertec, 2013)

## 5.2. Pintura electroestática para el tablero de contactores.

El tablero y la estructura de soporte del mismo irán recubiertos por pintura electroestática o también llamada pintura en polvo que es un tipo de pintura ecológica especial que se usa sobre todo en metal y plástico. Esta pintura se usa por medio de una máquina de pintura en polvo la cual mezcla la pintura con el aire y la energiza provocando que la pintura se adhiera rápidamente a la superficie. Es resistente, le da un acabado duradero, fuerte y homogéneo ya que este proceso evita que se formen burbujas.

## 5.3. Selección del motor trifásico

El motor a utilizar es el que se muestra en la figura 5.3 que será de marca ABB de  $\frac{3}{4}$  hp 4 polos con voltaje de trabajo de 220v/440v de 1800 RPM tipo jaula de ardilla, con un rendimiento del 76.57%. Esta selección se consideró en base a los niveles de voltaje que el laboratorio de la facultad puede suministrar en este caso es 220 V trifásico.



Figura 5. 3: Motor trifásico ABB  
Elaborado por: Autor

los datos de placa de este motor son los que se muestran en la figura 5.4 que nos indica los siguientes valores:

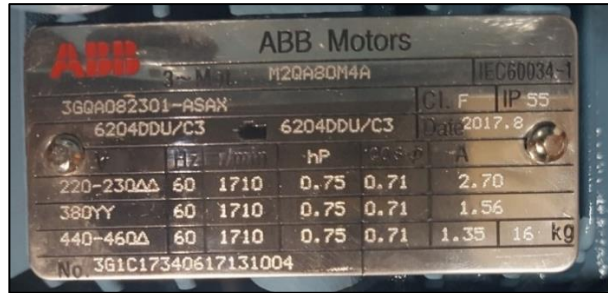


Figura 5. 4: Placa del motor  
Elaborado por: Autor

El cálculo y selección de las protecciones estarán ligadas a estos valores que proporciona el fabricante del motor.

#### 5.4. Diseño y construcción de protección del eje del motor.

La seguridad de las personas es uno de los puntos más importantes a tratar a la hora del funcionamiento de un motor, ya que si la protección no es correcta pueden ocurrir accidentes que pongan en riesgo a la vida de las personas. Para esto se utilizará como protección una caja de malla metálica que impedirá el acceso al eje del motor bajo cualquier circunstancia.

Para la protección se usará una caja metálica con malla con las medidas que se muestra en la figura 5.5 (estos valores están dados en centímetros). De esta forma se asegurará la protección de las personas contra cualquier accidente que pueda ocurrir mientras el motor esté en movimiento.

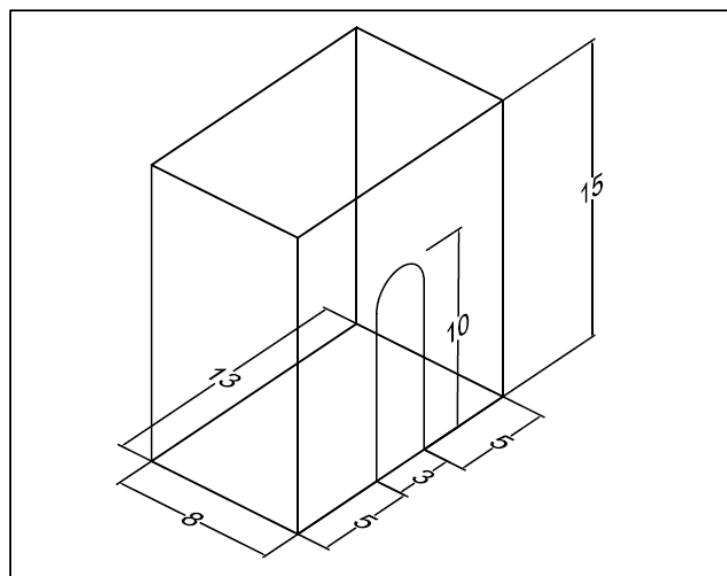


Figura 5. 5: Protección eje del motor  
Elaborado por: Autor



Esta protección ira fijada en la mesa de trabajo por medio de pernos de 5/16'' de acero inoxidable con su respectiva tuerca, de igual manera la malla estará fijada en una base metálica cuadrada con las medidas antes mencionadas.

### 5.5. Diseño y construcción de la mesa para motor y arrancador

Se diseñará y construirá un soporte en el que se instalará el tablero de contactores para el arranque del motor, estará compuesto de una estructura metálica de hierro con las siguientes medidas dadas en centímetros de la figura 5.6:

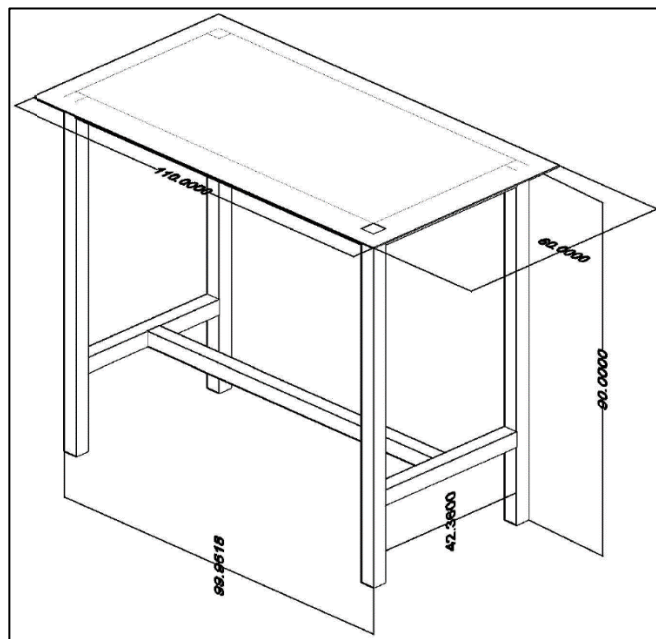


Figura 5. 6: Soporte de tablero  
Elaborado por: Autor

Para la construcción de esta estructura se utilizará un tubo cuadrado de una pulgada y media, ángulo de hierro de una pulgada y una plancha de aluminio de 3 milímetros de espesor. Este soporte contendrá ruedas giratorias tipo *flight cases* para facilitar su traslado, este tipo de ruedas se muestran en la figura 5.7



Figura 5. 7: Rueda giratoria  
Fuente: (Industrial Wheels, 2017)

## 5.6. Diagrama unifilar

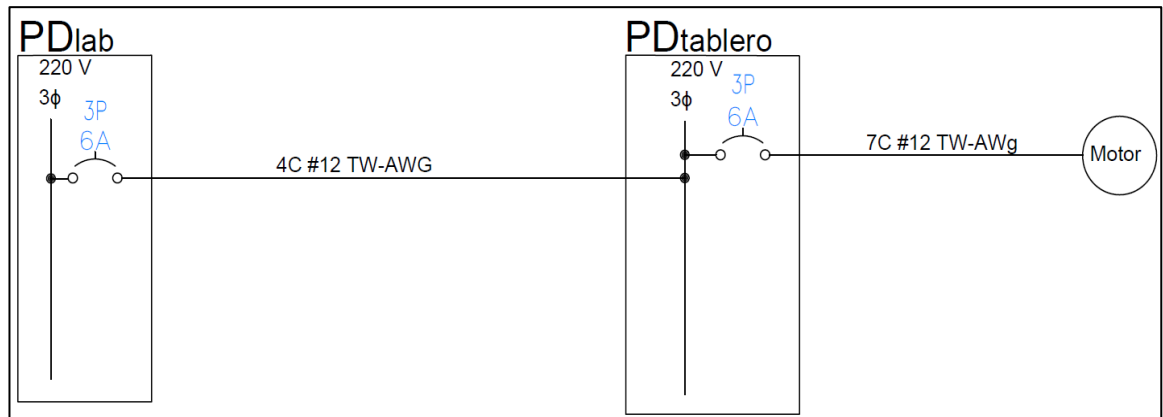


Figura 5. 8: Diagrama unifilar  
Elaborado por: Autor

El diagrama unifilar se muestra en la figura 5.8 y partirá desde el panel de distribución del laboratorio eléctrico de la facultad que proporciona 220 trifásico. La acometida ira conectada a un breaker de 3 polos 6 amperios por medio de 4 conductores #12 con aislamiento TW- AWG que llegaran a el panel de distribución del tablero de contactores. Para la energización del motor primero debe pasar por otro breaker de 3 polos 6 amperios seguido de 7 conductores unifilares de cable #12 con aislamiento TW-AWG que estarán conectado en los bornes del motor.

## 5.7. Diagrama de control de arranque estrella triángulo

El circuito de control se muestra en la figura 5.9 y es el que se encarga de realizar los cambios de conexión del motor de estrella a triángulo.

El funcionamiento del control será el siguiente:

La corriente atraviesa el breaker de control, el contacto cerrado del relé térmico, el botón de paro de emergencia y el botón de paro del motor, luego de esto llega a el botón de marcha del motor en donde se encuentra en paralelo al contacto normalmente abierto del contactor q1. Al pulsar el botón de marcha, se energiza la bobina Q1, creando un retenimiento con el contacto q1 que se encuentra en paralelo al botón de marcha permitiendo el paso de la corriente de forma continua. Eso también permitirá el paso de la corriente a la bobina del temporizador y a la bobina del contactor Q2, iniciando el arranque estrella del motor. Una vez que se energizó el temporizador, este empezará a contar un tiempo previamente ingresado haciendo el cambio de conexión de estrella a triángulo, desconectando la energía en la bobina Q2 y activando la bobina Q3.

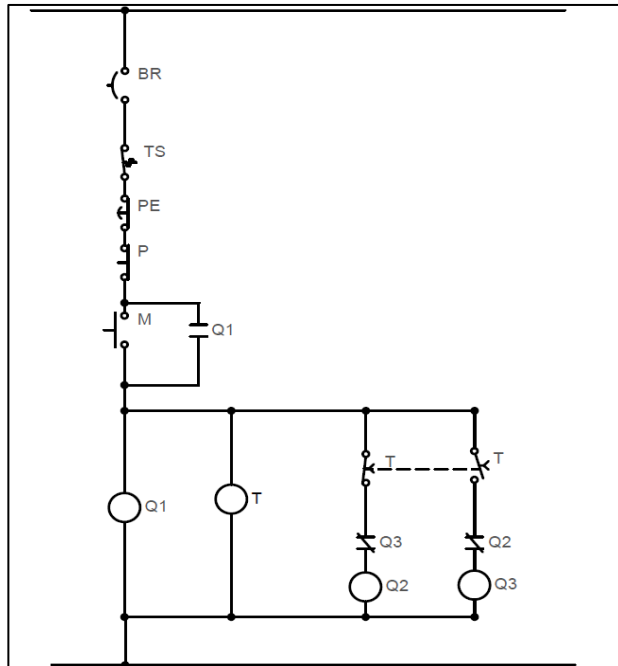


Figura 5. 9: Diagrama de control  
Elaborado por: Autor

En el ramal de la bobina Q2 se encuentra un contacto normalmente cerrado de la bobina Q3 y de igual manera, en el ramal de la bobina Q3 se encuentra un contacto cerrado de la bobina Q2. A manera de protección, para asegurar que ambas bobinas no puedan activarse al mismo tiempo.

### 5.8. Diagrama de fuerza

El diagrama de fuerza muestra la forma en la que debe ir conectado el motor con respecto control para su correcto funcionamiento.

El diagrama de fuerza para arranques de estrella a triángulo con contactores no posee variantes. Es decir, siempre tendrá la misma conexión que se muestra en la figura 5.10; y su funcionamiento es el siguiente:

Al presionar el botón de marcha, este activará la bobina de los contactores Q1 y Q2 cerrando los contactos de fuerza del contactor que permitirán la energización del motor en conexión estrella. Cuando el transcurra el tiempo del temporizador del control del motor, este desenergizará la bobina del contactor Q2 y energizará la bobina del contactor Q3 que es el encargado de la conexión delta.

En el control, el contactor Q1 es el que siempre estará activado y la protección térmica ira en la salida de este conector.

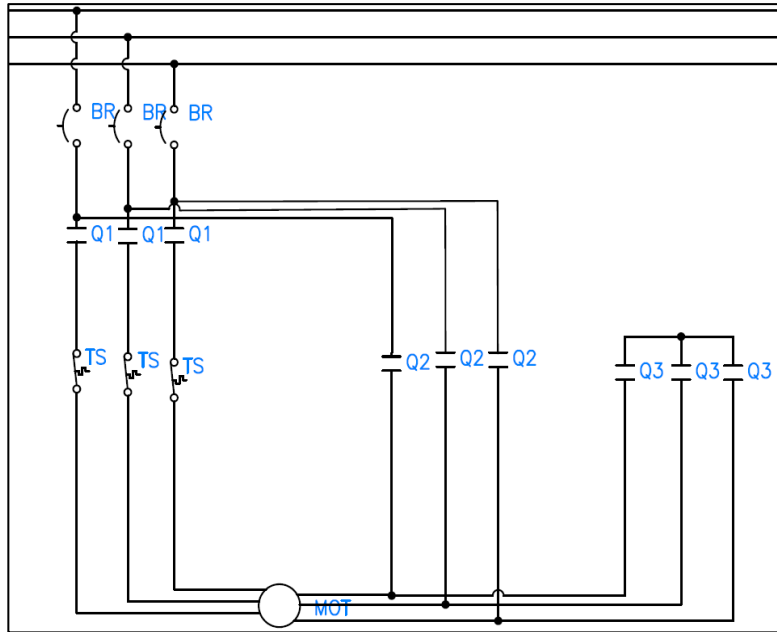


Figura 5. 10: Diagrama de fuerza  
Elaborado por: Autor

### 5.9. Diseño de la protección del usuario en tablero eléctrico.

Para la protección de accidentes eléctricos al usuario se diseñará una pantalla acrílica protectora que aislará todos los circuitos eléctricos que alberga el tablero de contactores. Las medidas que poseerá esta pantalla serán de 40cm de largo por 30 de ancho e ira empernada por medio de varillas anilladas de acero inoxidable de 14 cm de largo que irán enroscadas en los puntos de agarre del plafón o fondo falso, el cual será fijado al tablero con tuercas en la varilla.

El acrílico se fijará en esta varilla también por medio de tuercas que harán de tope que se ubicarán 10 cm después de las tuercas de agarre del fondo falso. Una vez colocado el acrílico se lo fijara con tuercas para evitar que se esté moviendo.

## CAPÍTULO 6

### CALCULOS PARA LA SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS

#### 6.1. Cálculos para la selección del conductor

Para la selección del conductor primero se corroborará la corriente nominal del motor mediante la ecuación de potencia trifásica.

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

Donde:

P= potencia

V= voltaje

I= corriente

Cos  $\phi$ = factor de potencia

Reemplazando en base a los datos de placa se obtiene que

$$I = \frac{0.75 \text{ HP} * 745.7 \frac{W}{\text{HP}} / 0.7657}{\sqrt{3}(220V)(0.71)} = 2.699 \text{ A}$$

Este valor ocurre en la conexión Delta del motor

Para la conexión Estrella se obtendrían los siguientes valores

$$I = \frac{0.75 \text{ HP} * 745.7 \frac{W}{\text{HP}} / 0.7657}{\sqrt{3}(380V)(0.71)} = 1.563 \text{ A}$$

Siendo la conexión Delta la que tendría el valor de corriente más alto, por lo tanto, la selección de cable se realizará en base a este valor.

Para un valor de corriente tan bajo, se podría usar un conductor AWG #18 pero por lo general el conductor mínimo a usarse en los motores debe ser #12 por lo que este será el conductor a usarse en este proyecto. Como el motor es trifásico se utilizará 7 cables unifilar #12 de cobre.

#### 6.2. Protección mecánica del conductor (Acometida)

El cable irá protegido por funda sellada de  $\frac{3}{4}$  de pulgada que sale de la parte lateral derecha del tablero de arranque y llega a la caja de conexiones del motor. En el extremo que parte del tablero se utilizará conectores de  $\frac{3}{4}$  de pulgada para sellada y en extremo que llega al motor se usará un codo de  $\frac{3}{4}$  de pulgada.




Figura 6. 1: Acometida del motor  
Elaborado por: Autor

### 6.3. Cálculo para la selección del contactor

Como el motor es trifásico, se buscará un contactor trifásico que soporte el nivel de corriente nominal del motor. Para esto se utilizará la tabla 5.1 de guía que nos proporciona ABB para la selección de los contactores

Tabla 6. 1: Selección de contactores



Tipos		A9 A12 A16			A26 A30 A40			A50 A63 A75			A95 A110		
<b>Elección según IEC</b>													
<b>Potencia nominal de empleo</b>	<b>AC-3</b>												
Motores trifásicos	220-230-240 V	<b>kW</b>											
1500 rev. / min. 50 Hz	380-400 V	<b>kW</b>	2.2	3	4	6.5	9	11	15	18.5	22	25	30
ó 1800 rev. / min. 60 Hz	415 V	<b>kW</b>	4	5.5	7.5	11	15	18.5	25	37	40	55	59
temperatura medida a proximidad del contactor :	440 V	<b>kW</b>	4	5.5	9	15	18.5	22	25	37	40	55	59
$\theta \leq 55^\circ\text{C}$	500 V	<b>kW</b>	5.5	7.5	9	15	18.5	22	30	37	45	55	59
	690 V	<b>kW</b>	5.5	7.5	9	15	18.5	22	30	37	40	55	75
	1000 V	<b>kW</b>	-	-	-	-	-	-	30	33	37	40	40
<b>Corriente nominal de empleo <math>I_n</math> / AC-3</b>													
Motores trifásicos	220-230-240 V	<b>A</b>	9	12	17	26	33	40	53	65	75	96	110
	380-400 V	<b>A</b>	9	12	17	26	32	37	50	65	75	96	110
	415 V	<b>A</b>	9	12	17	26	32	37	50	65	72	96	110
	440 V	<b>A</b>	9	12	16	26	32	37	45	65	70	93	100
temperatura medida a proximidad del contactor :	500 V	<b>A</b>	9	12	14	22	28	33	45	55	65	80	100
$\theta \leq 55^\circ\text{C}$	690 V	<b>A</b>	7	9	10	17	21	25	35	43	46	65	82
	1000 V	<b>A</b>	-	-	-	-	-	-	23	25	28	30	30
<b>Corriente nominal de empleo <math>I_n</math> / AC-1</b>													
temperatura medida a proximidad del contactor :	$\theta \leq 40^\circ\text{C}$	<b>A</b>	25	27	30	45	55	60	100	115	125	145	160
	$\theta \leq 55^\circ\text{C}$	<b>A</b>	22	25	27	40	55	60	85	95	105	135	145
	$\theta \leq 70^\circ\text{C}$	<b>A</b>	18	20	23	32	39	42	70	80	85	115	130
sección transversal del cable de conexión		<b>mm<sup>2</sup></b>	2.5	4	4	6	10	16	35	50	50	50	70
Máx. calibre del fusible gG (g)		<b>A</b>	25	32	32	50	63	63	100	125	160	160	200
Símbolo comercial			A9-30-10	A12-30-10	A16-30-10	A26-30-10	A30-30-10	A40-30-10	A50-30-00	A63-30-00	A75-30-00	A95-30-00	A110-30-00

Fuente: (ABB, 2017)

el motor de este proyecto es de 0.75 hp. por lo tanto, se debe convertir a kW para poder seleccionar en base a la tabla

$$0.75hp * 0.745 \frac{kW}{hp} = 0.55kW$$

por lo tanto, se seleccionará el contactor A9 de acuerdo a la tabla 5.1 que tiene la capacidad de alimentar cargas de hasta 2.2kW.

#### 6.4. Cálculo para la selección del breaker


Para la selección del breaker se usará la corriente nominal del motor considerando la conexión en delta con una corriente nominal de 2.7 A. Para la selección del breaker por lo general se da una flexibilidad del 50% extra de la corriente nominal, para el soporte de corrientes de pico y sobrecargas rápidas que puedan suceder en el motor. Por lo tanto, la corriente nominal será multiplicada por un factor de 1.50 obteniendo:

$$I_{Breaker} = I_{nominal} \times 1.50$$

$$I_{Breaker} = 2.7 \times 1.50 = 4.05 A$$

Buscando en la tabla 5.2 de breaker ABB se encuentra los breakers de tipo mini interruptores (MCB) capaces de soportar hasta 440V.

Tabla 6. 2: Selección de interruptores



Tripolares. Ancho: 3 módulos = 52.5mm					
2CDS 253001 R0014	S203-C1	1	440Vac	20	10
2CDS 253001 R0024	S203-C2	2		20	10
2CDS 253001 R0034	S203-C3	3		20	10
2CDS 253001 R0044	S203-C4	4		20	10
2CDS 253001 R0064	S203-C6	6		20	10
2CDS 253001 R0104	S203-C10	10		20	10
2CDS 253001 R0164	S203-C16	16		20	10
2CDS 253001 R0204	S203-C20	20		20	10
2CDS 253001 R0254	S203-C25	25		20	10
2CDS 253001 R0324	S203-C32	32		20	10
2CDS 253001 R0404	S203-C40	40		20	10
2CDS 253001 R0504	S203-C50	50		20	10
2CDS 253001 R0634	S203-C63	63		20	10
2CDS 253001 R0804	S203-C80	80		20	10
2CDS 253001 R0824	S203-C100	100		20	10
2CCS 813 001 R0844	S803B-C125	125	16	16	

Fuente: (ABB, 2017)

Para el breaker principal se seleccionará un breaker mini interruptor (MCB) marca ABB tripolar de tipo S203-C6 capaz de soportar 6 A.

#### 6.5. Criterio para la selección del relé térmico

Para la selección del relé térmico se tendrá como principal consideración la corriente nominal del motor la cual es 2.7 A. en la tabla 5.3 se observa los tipos de relé térmicos y se seleccionará en base a el contactor que es el AF09, un relé térmico que

soporte los 2.7 A del motor. Por lo tanto, se seleccionará el relé TF42-3.1 que ofrece una regulación de 2.3 a 3.1 en su capacidad de conducción de amperaje.

Tabla 6. 3: Selección del relé térmico



Referencia para Pedido	Tipo	Uso con contactor	Regulación I (A)
■ 1SAZ721201R1005	TF42-0.13	AF09-AF38	0,10 - 0,13
■ 1SAZ721201R1008	TF42-0.17	AF09-AF38	0,13 - 0,17
■ 1SAZ721201R1009	TF42-0.23	AF09-AF38	0,17 - 0,23
■ 1SAZ721201R1013	TF42-0.31	AF09-AF38	0,23 - 0,31
■ 1SAZ721201R1014	TF42-0.41	AF09-AF38	0,31 - 0,41
■ 1SAZ721201R1017	TF42-0.55	AF09-AF38	0,41 - 0,55
■ 1SAZ721201R1021	TF42-0.74	AF09-AF38	0,55 - 0,74
1SAZ721201R1023	TF42-1.0	AF09-AF38	0,74 - 1,0
1SAZ721201R1025	TF42-1.3	AF09-AF38	1,0 - 1,3
1SAZ721201R1028	TF42-1.7	AF09-AF38	1,3 - 1,7
1SAZ721201R1031	TF42-2.3	AF09-AF38	1,7 - 2,3
1SAZ721201R1033	TF42-3.1	AF09-AF38	2,3 - 3,1
1SAZ721201R1035	TF42-4.2	AF09-AF38	3,1 - 4,2
1SAZ721201R1038	TF42-5.7	AF09-AF38	4,2 - 5,7



Fuente: (ABB, 2017)

## 6.6. Selección del relé de control del tablero arrancador

Para el control del arranque del motor se utilizará un relé de control universal con su respectiva base para riel din.

La selección de este relé se realizará en la tabla 5.4 de marca ABB

Tabla 6. 4: Selección de relé de control

Relé universal enchufable CR-U				Unidad de empaque	
Referencia para Pedido	Tipo	Contactos Conmutados	Número de Pines	Tensión Alimentación/ Salida	Corriente contactos [A]
1SVR405621R7000	CR-U110AC2	2	Relé 8	110VAC/250 V	10
1SVR405621R3000	CR-U230AC2	2	Relé 8	230VAC/250 V	10
1SVR405622R7000	CR-U110AC3	3	Relé 11	110VAC/250 V	10
1SVR405622R3000	CR-U230AC3	3	Relé 11	230VAC/250 V	10
1SVR405621R1000	CR-U024DC2	2	Relé 8	24VDC/250 V	10
1SVR405622R1000	CR-U024DC3	3	Relé 11	24VDC/250 V	10
1SVR405622R8200	CR-U125DC3	3	Relé 11	125VDC/250V	10
■ 1SVR405621R1100	CR-U024DC2L	2	8 led incluido	24VDC/250 V	10
■ 1SVR405621R7100	CR-U110AC2L	2	8 led incluido	110 VAC/250 V	10
1SVR405621R3100	CR-U230AC2L	2	8 led incluido	230 VAC/250 V	10
■ 1SVR405622R1100	CR-U024DC3L	3	11 led incluido	24VDC/250 V	10
■ 1SVR405622R7100	CR-U110AC3L	3	11 led incluido	110 VAC/250 V	10
■ 1SVR405622R3100	CR-U230AC3L	3	11 led incluido	230 VAC/250 V	10
Accesorios base o socket					
1SVR405670R0000	CR-U25	Base 2 contactos y módulo			
1SVR405660R0000	CR-U3S	Base 3 contactos y módulo			
1SVR405669R0000	CR-UH	Clip de retención base CR-U			

Fuente: (ABB, 2017)

Se seleccionó un relé tipo CR-U110AC2 enchufable de 8 pines con capacidad de tensión de 110v/250v y capacidad de corriente de 10A. y a su vez, se seleccionó una base tipo CR-U25.

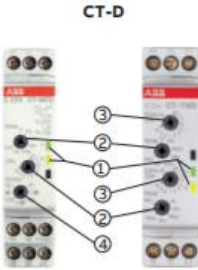
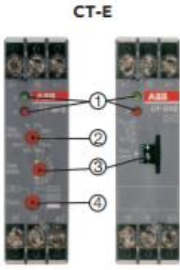



## 6.7. Selección de temporizador de control para el tablero de arranque

Para la selección del temporizador se hace uso de la tabla 5.5 de la lista de temporizadores de marca ABB.

Tabla 6. 5: Selección de temporizador

- ① LEDs de indicación de estado.
- ② Ajuste de rango de tiempo.
- ③ Ajuste fino del retardo en tiempo.
- ④ Selección de la función de temporizada deseada.
- ⑤ Ajuste del segundo contacto c/o como contacto instantáneo.

Temporizadores electrónicos				
Referencia para Pedido	Tipo	Rango tiempo	Tensión alimentación	Función/Contactos de salida
■ 1SVR500020R0000	CT-MFD.12	0.05s-100h	24-240VAC 24-48VDC	7 Funciones. Al Reposo, Al Trabajo, Impulso Al Trabajo, Impulso Al Reposo, Intermittencia iniciando Al Trabajo, y Al Reposo, Generador de Pulsos / 1 Contacto c/o.
1SVR500100R0000	CT-ERD.12	0.05s-100h	24-48Vdc 24-240Vac	Al Trabajo/ 2 Contacto c/o.
1SVR550107R4100	CT-ERE	0.3s-30s	24VAC/DC 220-240VAC	Al Trabajo/ 1 Contacto c/o.
1SVR550107R2100	CT-ERE	3s-300s	220-240VAC 24VAC/DC	Al Trabajo/ 1 Contacto c/o.
■ 1SVR500110R0000	CT-AHD.12	0.05s-100h	24-48VDC 24-240VAC	Al Reposo/ 1 Contacto c/o.
■ 1SVR730020R0200	CT-MVS.21S	0.05 s-300 h	24-240 VAC/DC	Multifunción, 10 funciones, potenciómetro remoto (opcional), selección de operación de 2 contacto instantáneo/ 2 LEDs/1 Contacto c/o.
■ 1SVR550107R1100	CT-ERE	0.1-10 s	24 VDC/AC, 220-240 VAC	Al trabajo/ 1 Contacto c/o, 2 LEDs
1SVR550029R8100	CT-MFE	0.05-100 h	24-240 VAC/DC	Multifunción, 7 funciones/ 1 Contacto c/o
1SVR500210R0100	CT-SAD.22	0.05 s- 10 min	24-48VDC, 24-240 VAC	Estrella triangulo, tiempo de conmutación ajustable/ 2 Contactos c/o
■ 1SVR550019R0000	CT-MKE	0.1-10 s; 3-300 s	24-240 VAC/DC	Relé de estado solido, multifuncional, 1LED. Tiempo ajustable
■ 1SVR550509R1000	CT-EKE	0.1-10 s	24-240 VAC/DC	Relé de estado solido al trabajo, 1 LED.

Los relés cuyo tipo termina en s soportan temperaturas extendidas desde -40°C a 85°C. conexión tipo resorte (facilidad

Fuente: (ABB, 2017)


Se seleccionó el temporizador tipo CT-MFD.12 con voltajes de operación desde 24Vac a 240Vac y con un rango de tiempo desde 0.05 segundos hasta 100 horas.

Este temporizador ira fijado en la barra de riel din que se instalara en el plafón o fondo falso del tablero.

## 6.8. Selección del botón de paro de emergencia.

Es de vital importancia la instalación de un botón de paro de emergencia en los motores en caso de que ocurra un accidente. Sobre todo, para cuidar a las personas contra los accidentes y para que los equipos no sufran daños graves. Para este proyecto se usará un botón de paro de emergencia marca ABB

Tabla 6. 6: Selección botón de emergencia



Cabezas de pulsadores de parada de emergencia. Grado de protección IP 66. (Unidad de empaque: 1 unidades)		
■ ISFA611523R1001	MPET4-10R	Diámetro: 40 mm. Rearme por giro.
■ ISFA611510R1101	MPMT3-11R	Diámetro: 40 mm. Iluminada. Rearme por giro
■ ISFA611511R1001	MPMP3-10R	Diámetro: 40 mm. Rearme por llave.
■ ISFA611511R1101	MPMP3-11R	Diámetro: 40 mm. Luminosa. Rearme tirando
■ ISFA61124R1001	MPM1-10R	Cabeza de pulsadores de seta. Diámetro: 40 mm. Rojo.

Fuente: (ABB, 2017)

En la tabla 5.6 se observa los tipos de pulsadores de paro de emergencia que posee ABB. Para este proyecto se elegirá el pulsador de tipo MPET4-10R que posee 40 mm de diámetro. Su desactivación se da al presionar el botón y su reactivación está dada por el giro del pulsador.

## 6.9. Alimentación del tablero de arrancador

La acometida trifásica arranca desde el panel de distribución ubicado en el laboratorio y está compuesta por 4 conductores #12. La acometida llega a un tomacorriente 220V – trifásico ubicado en la parte lateral izquierda del tablero.

Tabla 6. 7: Selección de tomacorriente trifásico



Toma de empotrar



IP44, color azul							
Referencia para pedido	Descripción	Tipo	Corriente	Voltaje de operación	Polos	Horas	Unidades Empaque
★ ■ 2CMA193513R1000	Clavija	216-P6	16A	200-250 Vac	■ 2P+T	6h	10
★ ■ 2CMA170004R1000	Toma de empotrar	216RAM6	16A		■ 2P+T	6h	10
★ ■ 2CMA193513R1000	Toma de sobreponer	216RS6	16A		■ 2P+T	6h	10
★ ■ 2CMA193513R1000	Toma aérea	216-C6	16A	200-250 Vac	■ 2P+T	6h	10
★ ■ 2CMA193513R1000	Clavija	232-P6	32A		■ 2P+T	6h	10
★ ■ 2CMA193513R1000	Toma de empotrar	232RAM6	32A		■ 2P+T	6h	10
★ ■ 2CMA193513R1000	Toma de sobreponer	232RS6	32A	200-250 Vac	■ 2P+T	6h	10
★ ■ 2CMA193513R1000	Toma aérea	232-C6	32A		■ 2P+T	6h	10
★ ■ 2CMA193513R1000	Clavija	316-P9	16A		■ 3P+T	9h	10
★ ■ 2CMA193513R1000	Toma de empotrar	316RAM9	16A	200-250 Vac	■ 3P+T	9h	10
★ ■ 2CMA193513R1000	Toma de sobreponer	316RS9	16A		■ 3P+T	9h	10
★ ■ 2CMA193513R1000	Toma aérea	316-C9	16A		■ 3P+T	9h	10
★ ■ 2CMA193513R1000	Clavija	332-P9	32A	200-250 Vac	■ 3P+T	9h	10
★ ■ 2CMA193513R1000	Toma de empotrar	332RAM9	32A		■ 3P+T	9h	10
★ ■ 2CMA193513R1000	Toma de sobreponer	332RS9	32A		■ 3P+T	9h	10
★ ■ 2CMA193513R1000	Toma aérea	332-C9	32A		■ 3P+T	9h	10

Fuente: (ABB, 2017)


El tomacorriente se seleccionó en base a la tabla 5.7 y se usará una toma de empotrar trifásico tipo 316RAM9 con voltaje de operación de 200 a 250 voltios con capacidad de conducir hasta 16 amperios trifásicos. Esta toma ira fijado en la parte lateral superior izquierda del tablero en el área de medidores.

Para la energización del tablero, además del tomacorriente hembra, necesita un enchufe macho para poder energizar el tablero, el cual se seleccionará en base de a las mismas especificaciones antes mencionadas. De estos enchufes se necesitarán 2, una para conectarlo en los tomacorrientes del laboratorio de electricidad y el otro para conectarse en el tablero.

### 6.10. Criterios para la selección y ubicación de botones de operación y medidores.

Se utilizará pulsadores de color verde para el arranque y rojo para el paro del motor. Los cuales irán ubicados en la tapa de la etapa de control del tablero de arrancadores y serán seleccionados en base a la tabla 5.8 de pulsadores ABB.

Tabla 6. 8: Selección de pulsador

Pulsadores: Grado de protección IP 66. (Unidad de empaque 10 unidades)		
Referencia para Pedido *	Tipo	Descripción
		
Embellecedor en plástico negro		
1SFA619100R1012	CP1-10G-10	Pulsador verde, rasante, momentáneo 1NA
1SFA619100R1016	CP1-10B-10	Pulsador negro, rasante, momentáneo 1NA
1SFA619100R1041	CP1-10R-01	Pulsador rojo, rasante, momentáneo 1NC

Fuente: (ABB, 2017)

El motor debe tener indicadores de corriente y voltaje para saber si su consumo y funcionamiento es el adecuado por lo que se añadirá a la etapa de operación un voltímetro y amperímetro análogo.



Figura 6. 2: Voltímetro  
Fuente: (Direct Industry, 2018)

Este elemento es el encargado de dar el valor de voltaje de operación de los equipos. Posee una capacidad de hasta 300V y una precisión de 1.5 como se muestra en la figura 5.5, ideal para el voltaje de operación del motor que es de 220 v trifásico.



Figura 6. 3: Amperímetro  
Fuente: (Electro Componentes, 2018)

Este elemento indica la corriente que hay en el sistema durante el funcionamiento del motor. Es de forma cuadrada como se muestra en la figura 5.6 y posee una capacidad de hasta 10 amperios, ideal para la corriente de operación del motor que es de 2.7 A.

## CAPÍTULO 7

### PRUEBAS DEL ARRANCADOR

#### 7.1. Pruebas del arrancador

Para las pruebas del motor se hará uso de la tabla 7.1 que muestra los valores de operación con los que el fabricante (ABB) construyó sus motores, que en el caso de este proyecto es M2QA 80M4A.

Tabla 7. 1: Valores del fabricante

Potencia		Tipo	r/min	Eficiencia [%]			Factor de potencia			Corriente			Torque			Momento de inercia		Peso [kg]	Ruido [dBA]	
[kW]	[HP]			50	75	100	50	75	100	FS	In [A]	Is In [A]	Ivacío [A]	Tn [Nm]	Ts Tn	Tmax Tn	J=1/4GD2 [kgm2]			
4-polos = 1800 r/min 440 V 60 Hz																				
0,25	0,33	M2QA	71 M4A	1679	60,1	66,3	66,9	0,48	0,63	0,72	1,15	0,68	5,1	0,6	1,4	2,2	2,7	0,00053	11	46
0,37	0,5	M2QA	71 M4B	1679	63,1	69,3	69,9	0,51	0,66	0,75	1,15	0,93	3,4	0,6	2,1	2,2	2,7	0,00066	11	48
0,55	0,75	M2QA	80 M4A	1694	68,5	73,9	74,3	0,51	0,66	0,75	1,15	1,3	3,4	1,0	3,2	2,4	2,6	0,00145	16	50
0,75	1	M2QA	80 M4B	1687	69,2	74,8	75,4	0,53	0,67	0,77	1,15	1,7	4,2	1,3	4,2	2,5	2,5	0,00174	17	50
1,1	1,5	M2QA	90 S4A	1685	73,3	77,6	77,8	0,55	0,69	0,77	1,15	2,4	4,1	1,4	6,3	2,3	2,3	0,00254	21	56
1,5	2	M2QA	90 L4A	1678	75,1	79,2	79,3	0,56	0,69	0,78	1,15	3,2	4,2	1,7	8,5	2,4	2,5	0,00317	25	56
2,2	3	M2QA	100 L4A	1724	80,0	82,7	82,1	0,63	0,74	0,80	1,15	4,4	4,9	2,6	12,2	2,3	2,6	0,00679	32	57
3	4	M2QA	100 L4B	1706	81,1	83,6	83,1	0,72	0,81	0,87	1,15	5,5	5,1	2,8	16,8	2,3	2,6	0,00962	36	57
3,7	5	M2QA	112 M4A	1730	82,6	85,4	85,4	0,61	0,73	0,80	1,15	7,2	4,9	4,4	20,4	2,6	3,0	0,01306	45	60
4,5	6	M2QA	112 M4A	1715	84,3	85,5	84,6	0,67	0,77	0,84	1,15	8,3	4,9	4,4	25,1	2,1	2,4	0,01306	45	60
5,5	7,5	M2QA	112 L4A*	1723	83,0	85,1	84,6	0,69	0,79	0,84	1	10,4	6,4	5,2	31	2,2	2,3	0,01484	49	67
7,5	10	M2QA	132 M4A	1734	86,2	87,9	88,1	0,70	0,79	0,85	1,15	13,2	6,1	5,4	41	2,4	2,6	0,03432	73	62
9,2	12,5	M2QA	132 M4B*	1724	82,9	85,1	84,6	0,71	0,80	0,86	1	16,8	6,4	6,8	52	2,3	2,3	0,03470	75	74
22	15	M2QA	132 M4C*	1723	83,5	85,6	85,1	0,71	0,80	0,86	1	20,1	5,9	8,1	62	2,3	2,3	0,04227	80	76
25	20	M2QA	160 L4A	1755	89,7	91,5	91,6	0,79	0,86	0,89	1,15	23,9	6,3	8,6	81	2,4	2,6	0,09349	137	69
18,5	25	M2QA	160 L4B*	1752	88,5	90,1	90,3	0,79	0,86	0,89	1	30	6,1	12,6	102	2,3	2,5	0,10686	147	69
22	30	M2QA	180 L4A	1766	91,3	93,0	93,1	0,80	0,87	0,90	1,15	34	5,3	15,1	119	2,5	3,3	0,18046	186	69
30	40	M2QA	180 L4B*	1762	91,4	93,1	93,3	0,84	0,90	0,93	1	45	6,2	18,6	162	2,4	2,9	0,20783	200	73
37	50	M2QA	200 L4B*	1762	88,2	89,9	90,1	0,80	0,86	0,89	1	61	6,1	23,4	202	2,3	2,7	0,29715	277	75
45	60	M2QA	225 M4B	1785	87,9	90,3	91,0	0,73	0,82	0,86	1,15	75	6,6	32	240	2,7	3,1	0,62440	351	78
55	75	M2QA	225 M4B*	1781	89,3	90,9	91,0	0,79	0,86	0,88	1	91	6,3	32	300	2,1	2,5	0,62440	351	78
75	100	M2QA	250 M4B*	1781	89,4	91,1	91,2	0,80	0,87	0,90	1	119	6,5	42	402	2,4	2,5	0,91250	485	80
90	125	M2QA	280 M4A	1776	92,6	94,1	94,2	0,79	0,86	0,88	1,15	146	6,5	38	500	2,3	2,9	1,35000	592	81
110	150	M2QA	280 M4B*	1780	92,0	93,5	93,6	0,80	0,87	0,90	1	175	7,4	64	601	2,3	2,9	1,60000	679	82
132	175	M2QA	315 M4A	1784	93,2	95,0	95,1	0,79	0,86	0,89	1,15	202	5,3	53	701	2,2	2,8	3,18480	1030	83
150	200	M2QA	315 M4A	1782	94,0	95,1	95,1	0,82	0,88	0,90	1,15	229	5,3	53	799	1,9	2,4	3,18480	1030	83
185	250	M2QA	315 L4A*	1780	94,4	95,3	95,3	0,83	0,89	0,91	1	283	6,1	56	1003	1,9	2,3	3,67650	1050	89

\* Incremento de temperatura clase F  
 Corriente nominal a 440 V  
 Para obtener la corriente en 220 V multiplicar por 2. En 230 V multiplicar por 1.91. En 380 V multiplicar por 1.58. En 480 V multiplicar por 0.96  
 Conexión en 380 V opcional para motores <10 HP  
 Eficiencia determinada según método IEC 60034-2:1996

Fuente: (ABB, 2008)

En las pruebas del motor se obtuvo que la corriente de trabajo en vacío del motor es de 2.2 A amperios lo cual corresponde a un aproximado al 81.48% de su corriente nominal, lo que al compararse con los datos que proporciona el fabricante que dice que la corriente de vacío del motor es de 2 amperios esto correspondería que el porcentaje de error es igual al 9%.

La corriente de arranque del motor por los datos del fabricante del motor es 3.4 veces la corriente nominal lo que implicaría:

$$I_{\text{arranque}} = 2.7A * 3.4 = 9.18 A$$

El motor al arrancar en estrella, esta corriente de arranque se dividiría para raíz de 3

$$I_{arranque\ estrella} = \frac{9.18}{\sqrt{3}} = 5.3 \text{ siendo un 43\% menos de la corriente de arranque}$$

en conexión directa lo cual implica un ahorro de energía significativo en el arranque.

En las pruebas se obtuvo un valor de corriente de arranque de 5.2 A, lo que implica un porcentaje de error del 2%.

## 7.2. Relación corriente velocidad en arranque estrella triángulo

En la figura 7.1 se puede observar el comportamiento de la corriente en relación con su velocidad. Se puede concluir que en el arranque directo la corriente de pico puede ser hasta 6 veces la corriente nominal y a medida que la velocidad va aumentando, la corriente va decreciendo. En cambio, en el arranque estrella triángulo el pico de corriente es de 2 a 3 veces la corriente nominal y decrece a medida que alcanza su máxima velocidad.

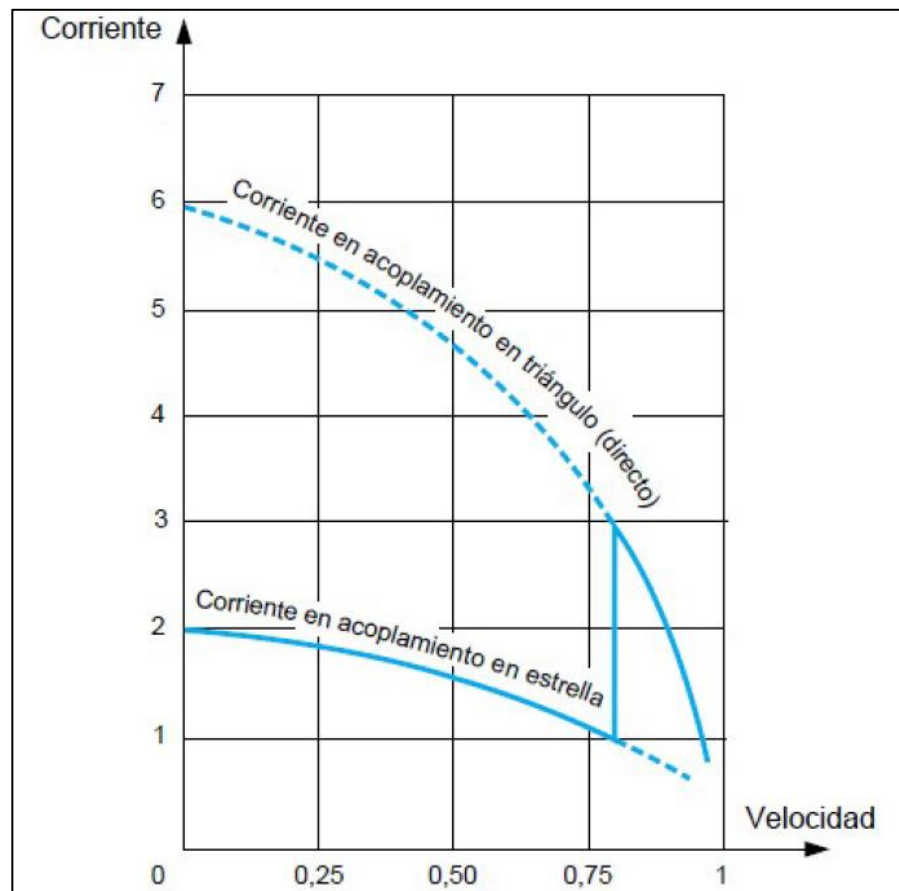


Figura 7. 1: Relación corriente-velocidad

Fuente: (Iglesias, A, 2013)

### 7.3. Relación corriente velocidad en arranque estrella triángulo

En la figura 7.2 se observa la relación Par-velocidad en un arranque estrella triángulo, la cual indica que en arranque directo el par o torque de arranque es 1.5 veces más fuerte que el torque nominal y a medida que va adquiriendo velocidad el torque decrece un poco por el par resistente de la maquina provocando que el torque se eleve hasta 2 veces su torque nominal donde finalmente vence la inercia y empieza a decrecer el torque hasta su valor nominal. Por otro lado, en el arranque estrella su torque es 0.5 veces más débil que su torque nominal y de igual manera como en el arranque directo, al empezar a adquirir velocidad el par resistente de la maquina le provoca una caída al torque, provocando que haya un aumento de torque de aproximadamente 0.75 el torque nominal donde vence la inercia y en el momento que empieza a decrecer ocurre el acople de la conexión delta donde el torque se eleva instantáneamente hasta 2 veces su torque nominal y como su inercia ya fue vencida, empieza a decrecer inmediatamente hasta su torque nominal.

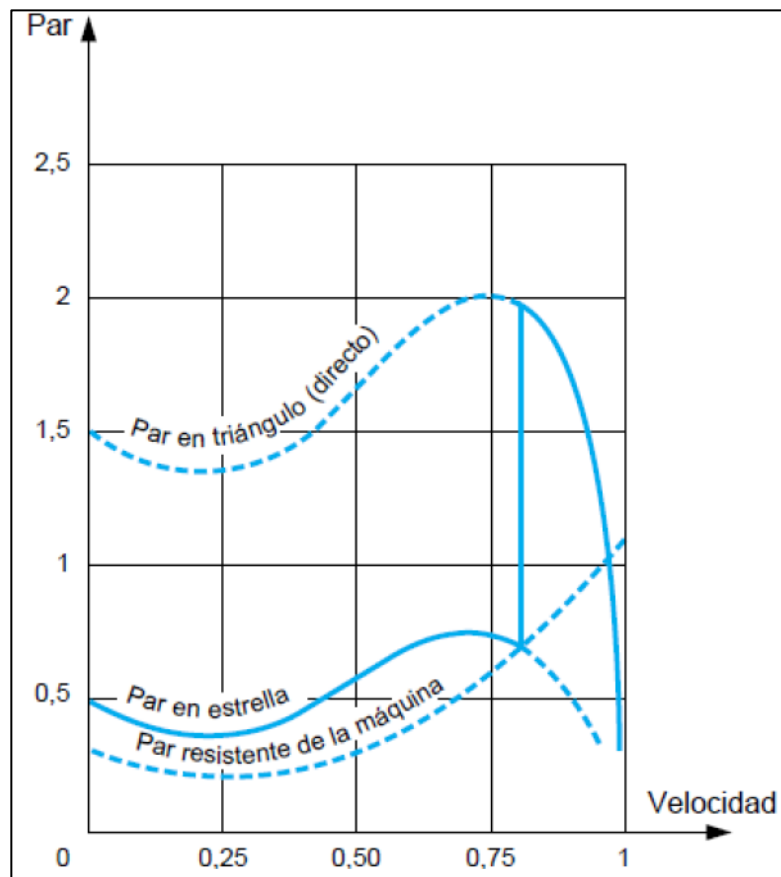


Figura 7. 2: Relación Par-velocidad

Fuente: (Iglesias, A, 2013)

#### **7.4. Pruebas que el estudiante puede realizar en el tablero.**

- El estudiante podrá hacer pruebas de medición de voltajes y corrientes de arranque y vacío en un arranque estrella triángulo y corroborar los cálculos teóricos con los reales.

- Se podrán realizar pruebas de velocidad (RPM) en el motor en el arranque estrella triángulo con un tacómetro mecánico, para ver el comportamiento de la velocidad en este arranque

- El arrancador permite también realizar pruebas de control y de fuerza donde se puede analizar las maniobras y conceptos que fundamentan el arranque estrella triángulo.

#### **7.5. Beneficios adicionales al estudiante.**

- Al ser este tipo de arranques uno de los más usados en el campo laboral, es de vital importancia que los estudiantes tengan una enseñanza detallada y profunda de este tipo de arrancador.

- Hay una gran variedad de procesos que contienen maquinas eléctricas que trabajan con este tipo de arranque. Como compresores, ventiladores, bandas transportadoras, trituradoras, etc. Lo que les da la oportunidad a los estudiantes de poder defenderse en diferentes áreas de trabajo en las que se presente este tipo de arranque.

- La diferencia entre lo que se practica en las consolas de trabajo en la universidad, frente a lo que se ve en los tableros en el campo de trabajo es bastante considerable, por lo que este trabajo ayudará a los estudiantes a tener una idea más aproximada a lo que se les puede presentar y de esta manera tener una buena respuesta ante cualquier máquina y proceso que implique este tipo de arranque.

#### **7.6. Presupuesto de inversión.**

Para este proyecto se adquirieron una lista de elementos que permitieron la implementación de los diseños y conexiones antes mencionadas.

El valor del tablero se lo ha dividido por las dos secciones que posee que son la caja de arranque y la caja de medición y en dicho valor se incluye los elementos que se usaron en estas arenas del tablero.



Los ítems de este presupuesto que se encuentran en la tabla 5.9 incluyen el material menor consumible como pernos, autorroscable, tornillos. Etc.

Tabla 7. 2: Presupuesto

Ítem	Descripción	Valor
1	Motor de ¾ HP, 220V/440V 3ø 1800rpm	\$ 150.00
1	Mesa metálica	\$ 200.00
1	Caja de arrancador conteniendo: contactores, relé térmico, breaker, relé de control, temporizador.	\$ 355.00
1	Caja de medición conteniendo: amperímetro, voltímetro y pulsadores	\$ 200.00
1	Acometida con 4C #12-Cu-TW-AWG	\$ 50.00
1	Protección mecánica de eje	\$ 50.00
Total		\$ 1005.00

Elaborado por: Autor

## **CAPÍTULO 8**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **8.1. Conclusiones**

- Los criterios de diseño permitieron una correcta conexión de los elementos del arranque y permitió una distribución de los elementos bastante cómoda y armoniosa.
- El cálculo de los valores de operación y la selección de los elementos se realizó de forma correcta.
- Las pruebas del arrancador funcionaron como se esperaba y los valores obtenidos mostraron los beneficios que este arrancador tiene en base a su consumo energético.

#### **8.2. Recomendaciones**

- Al realizar la selección de los conductores que se usarán en las conexiones de fuerza y control, se debe considerar la flexibilidad en el posicionamiento de los equipos a la hora de la medición del conductor, evitando así la posibilidad de que haga falta conductor a la hora de su tendido.
- Una vez conectado todos los equipos, realizar pruebas del correcto funcionamiento de todos los equipos, tanto en control como en fuerza para asegurarse que todo esté bien y evitar cortos o mal funcionamiento.
- Siempre marquillar todos los cables y equipos en el tablero para evitar confusiones y poder facilitar y agilizar los mantenimientos o correcciones a futuro
- Evitar en lo posible dejar conductores expuestos a situaciones mecánicas y en los casos en los que no queda otra opción, protegerlo adecuadamente para evitar accidentes.
- Al momento de realizar alguna corrección o mantenimiento o cambio de conexión, siempre desenergizar en su totalidad en tablero de arranque y usar el debido equipo de seguridad.

## Bibliografía

- ABB. (2017). guardamotor. Recuperado de <http://new.abb.com/low-voltage/es/productos/control-y-proteccion-de-motores/guardamotores>
- Bricos. (2012). Temporizadores clases y funcionamiento. Recuperado de <https://bricos.com/2012/11/temporizadores-clases-y-funcionamiento/>
- Carrillo, M. (2011). interruptor magnetotermico. Recuperado de <http://5toelectricidadinedencv2011.blogspot.com/2011/04/interruptores-termomagneticos.html>
- Carpio, B, & Llivicura E. (2015). Análisis del efecto de resonancia en los transformadores de pedestal hasta 250 KVA trifásico (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.
- Circuitos de Mando. (2016). botonera de paro marcha. Recuperado de <https://kevinorlandoasis.wordpress.com/2016/04/28/estaciones-botones-de-control/>
- Dincorsa. (2015). tuberia conduit. Recuperado de <http://www.dincorsa.com/blog/dincorsa-tipos-usos-tuberias-conduit/>
- Direct Industry. (2018). voltmetro. Recuperado de <http://www.directindustry.es/prod/circutor/product-11644-436892.html>
- Duche, E, & Miñán, W. (2013) Diseño del sistema de puesta a tierra de la estación repetidora el ALISAL para sistemas de telecomunicaciones de Movistar (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador.
- Electrica Aplicada. (octubre de 2017). interruptor miniatura. Recuperado de <https://www.electricaplicada.com/seleccion-minibreakers-minidisyuntores-electricos-tipo-b-c-d/>

Electrica Aplicada. (2018). Diferencia entre breaker o disyuntores MCB, MCCB, ELCB y RCCB. Recuperado de <https://www.electricaplicada.com/diferencia-entre-breaker-o-interruptores-mcb-mccb-elcb-rccb-y-sus-caracteristicas/>

Electro Componentes. (2018). amperimetro. Recuperado de [http://tienda.electrocomponentes.com/detalle.php3?titulo=Amper&iacute;metro%20anal&oacute;gico%20para%20panel%20\(ST96AC60A\)&rubro=11&expand=SI&articulo=ST96AC60A&perfil=&marca=&subrubro=111](http://tienda.electrocomponentes.com/detalle.php3?titulo=Amper&iacute;metro%20anal&oacute;gico%20para%20panel%20(ST96AC60A)&rubro=11&expand=SI&articulo=ST96AC60A&perfil=&marca=&subrubro=111)

Electro Sertec. (2013). Material electrico online. Recuperado de <http://electrosertec.com/cerraduras-bisagras-y-accesorios-de-tableros-electricos/832-chapa-de-presion-boton-rojo-con-llave.html>

Gonzales, L, & Macías, K. (2013). Tablero de control eléctrico (Tesis de pregrado). Instituto Politécnico Nacional, México, México.

Guanín, R. (2009). Implementación de un tablero para control de motores trifásicos mediante sensores inductivos y dos aplicaciones con sus respectivas guías de laboratorio (Tesis de pregrado). Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, Latacunga, Ecuador.

Hentel. (2017). funda sellada. Recuperado de <http://www.hentel.com.ec/index.php/conectividad>

Hentel. (2018). Conectividad. Recuperado de <http://www.hentel.com.ec/index.php/conectividad>

Industrial Wheels. (2017). Rueda giratoria. Recuperado de <https://www.industrialwheels.com/es/vk-rollen-rueda-giratoria-100mm-goma-elastica-150k.html>

Kosow, I. (1991). Máquinas eléctricas y transformadores. Mexico: Prentice hall.

- Llumiyinga F. (2012). Diseño de un banco de condensadores para la corrección del factor de potencia de la empresa BANCHISFOOD S.A (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.
- Mora, J. (2008). Máquinas eléctricas. Madrid, España: McGraw Hill.
- Ollarves, D, Villena, F, González, J, Teran, J, Belisario, L, González, R, & Tirado S. (2013). Diseño de sistemas eléctricos industriales (Tesis de Pregrado). Instituto universitario de Tecnología, Bolívar, Venezuela.
- Rockwell automation. (2018). Disyuntores. Recuperado de [http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/140g-br001\\_-es-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/140g-br001_-es-p.pdf)
- Schneider Electric. (2017). interruptores de fuerza. Recuperado de <https://www.schneider-electric.es/es/product-range/61052-easypact-cvs>
- Tuveras. (2018). Motor sincrónico. Recuperado de <http://www.tuveras.com/motorsincrono/motorsincrono.htm>
- Sites Google. (2015). Teoría arranque de motores. Recuperado de <https://sites.google.com/site/teoriaarranquesmotores/>
- Sites Google. (2016). partes del contactor. Recuperado de <https://sites.google.com/site/399tallerdeelectricidad3ano/unidad-5-dispositivos-de-comando-electromagnetico?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1>
- Viakon. (2018). Cables para acometidas de baja tensión. Recuperado de <http://www.viakon.com/pdf/categorias/24.pdf>

Viakon. (2018). Cables para acometida de baja tensión aislamiento RHH/RHW. Recuperado de <http://www.viakon.com/catalogo/producto/30/cable-rhh-rhw-2-xlpe>

Viakon. (2018). Cables para acometida baja tensión aislamiento THHW-LS. Recuperado de <http://www.viakon.com/catalogo/producto/34/cables-multiconductor-thhw-ls>

Viakon. (2013). Cables para acometida baja tensión con aislamiento THW-2/THHW. Recuperado de <http://www.viakon.com/catalogo/producto/34/alambres-y-cables-thw-2-ls-thhw-ls-rad-rohs>

Yanes, J. (10 de noviembre de 2015). tabla de conductores. Recuperado Recuperado de <https://es.slideshare.net/ratava444oo/tablas-ingeniera-elctrica-54959249>

## **ANEXOS**



Anexo 1. Culminación de ensamblaje del soporte de la mesa  
Elaborado por: Autor



Anexo 2. Fijación de las ruedas del soporte de la mesa  
Elaborado por: Autor





Anexo 3. Fijación de la mesa de trabajo al soporte  
Elaborado por: Autor



Anexo 4. Tablero de contactores  
Elaborado por: Autor



Anexo 5. Fondo falso (plafón) del tablero  
Elaborado por: Autor



Anexo 6. Corte del tablero para los equipos de medición  
Elaborado por: Autor



Anexo 7. Colocación de los equipos de medición  
Elaborado por: Autor



Anexo 8. Fijación de los equipos de medición  
Elaborado por: Autor



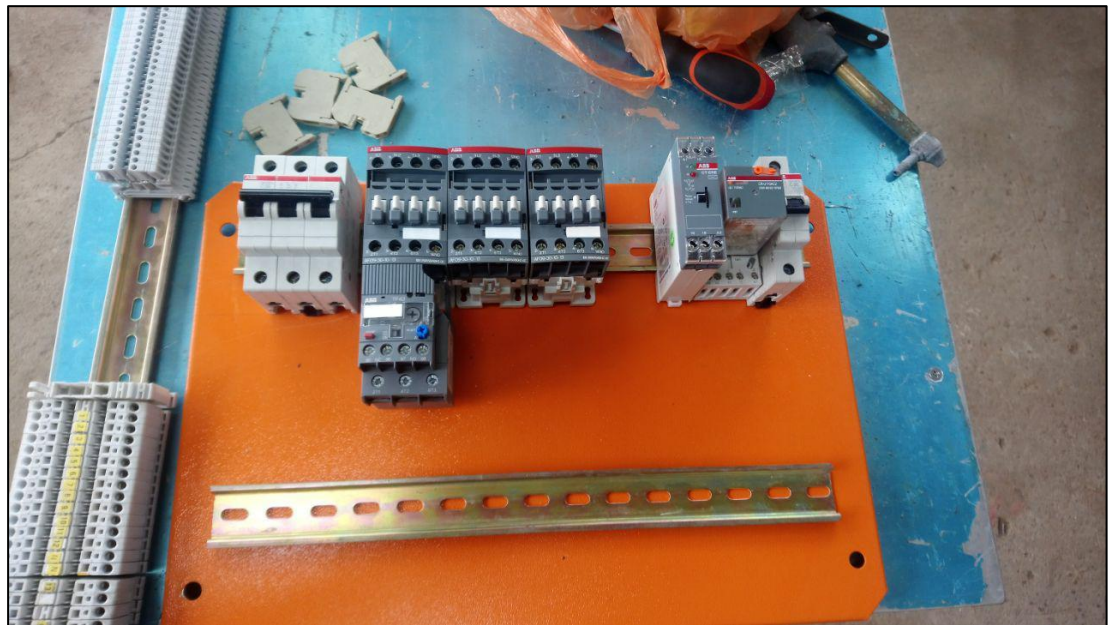
Anexo 9. Culminación del montaje de los equipos de medición  
Elaborado por: Autor



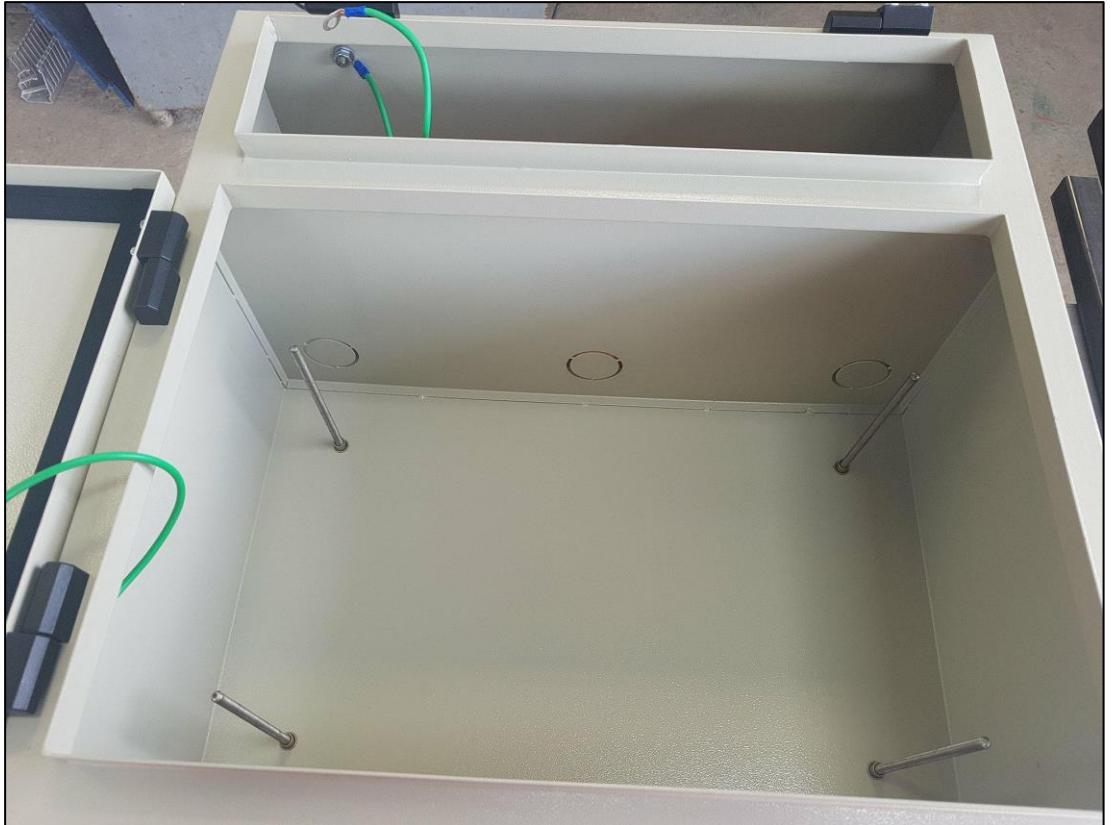
Anexo 10. Preparación del corte para tomacorriente trifásico  
Elaborado por: Autor



Anexo 11. Limpieza del plástico protector de la mesa de aluminio.  
Elaborado por: Autor



Anexo 12. Colocación de los elementos al plafón  
Elaborado por: Autor



Anexo 13. Colocación de varillas para montaje de acrílico protector  
Elaborado por: Autor



Anexo 14. Colocación de los puntos para fijación del tablero a la mesa  
Elaborado por: Autor



Anexo 15. Corte con amoladora para la base del motor  
Elaborado por: Autor



Anexo 16. Fijación del motor de paro de emergencia al costado lateral derecho  
Elaborado por: Autor



Anexo 17. Cableado de los elementos de control y fuerza del tablero  
Elaborado por: Autor



Anexo 18. Corte del acrílico protector para el tablero  
Elaborado por: Autor





Anexo 19. Conexión de enchufes para la extensión de alimentación al tablero  
Elaborado por: Autor



Anexo 20. Instalación de la funda sellada del tablero al motor  
Elaborado por: Autor



Anexo 21. Diagrama de conexiones interno del motor.  
Elaborado por: Autor



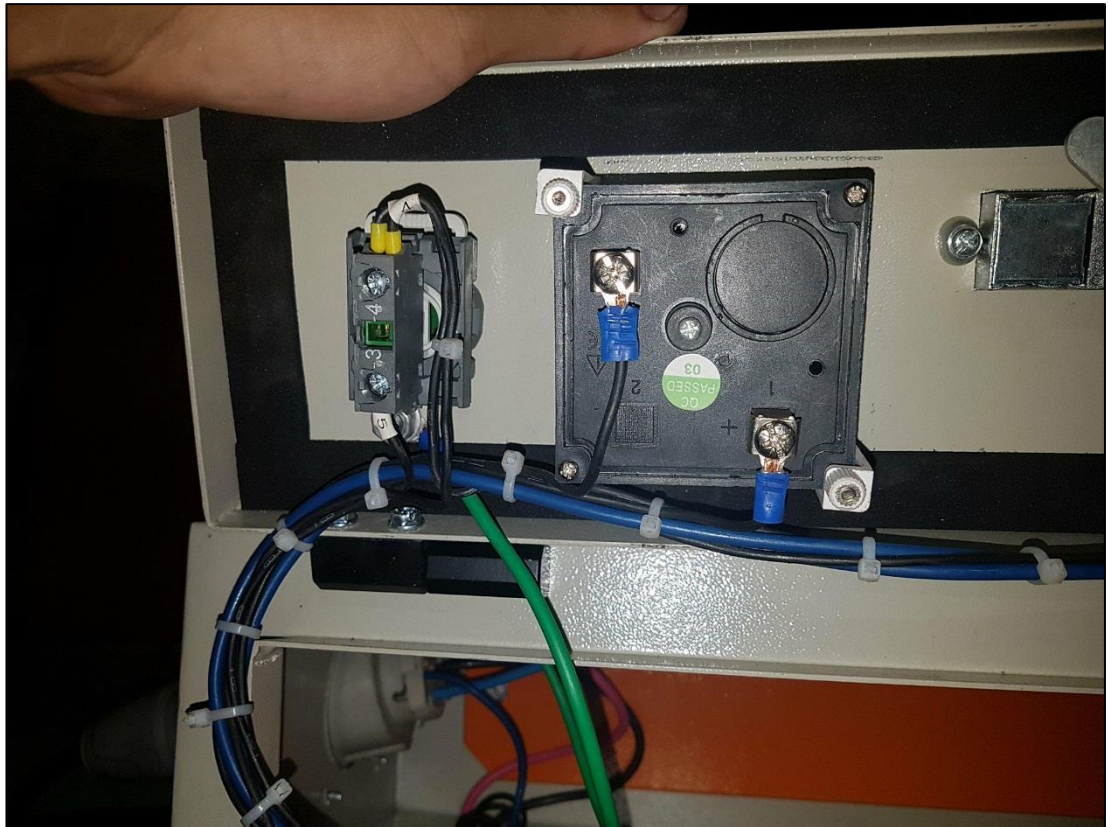
Anexo 22. Conexión del motor  
Elaborado por: Autor



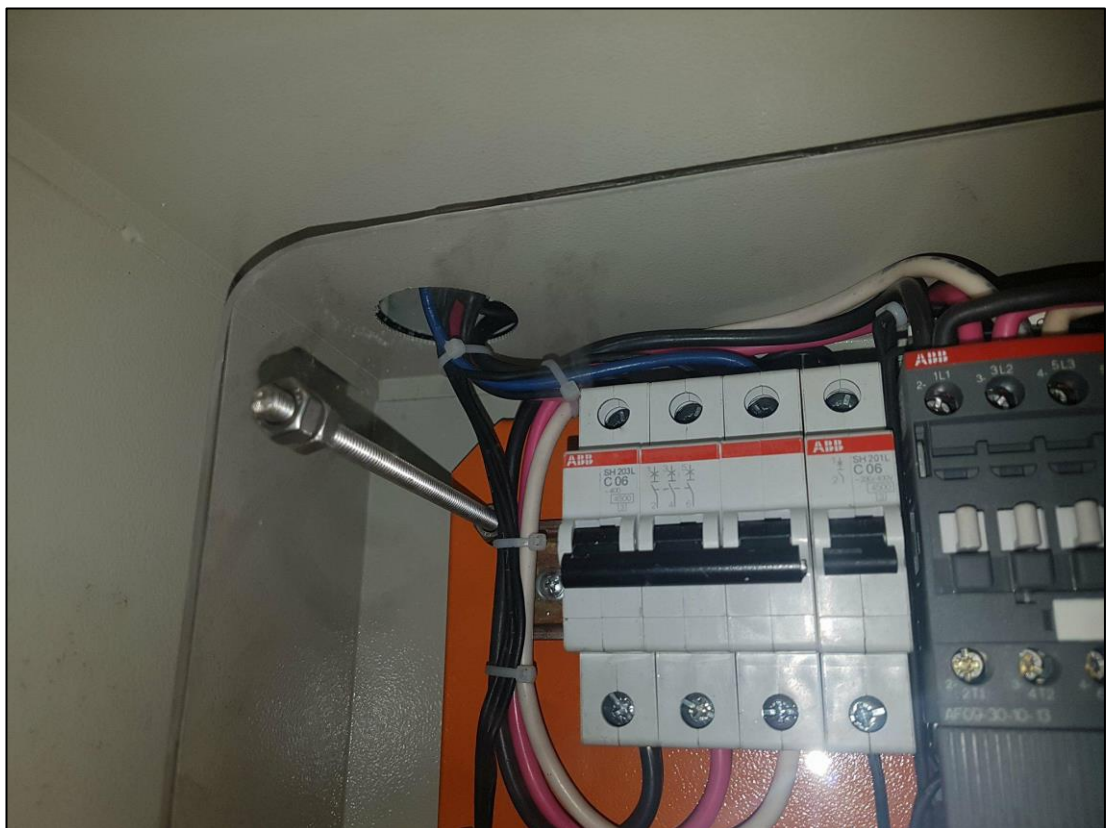
Anexo 23. Conexionado del enchufe empotrado  
Elaborado por: Autor



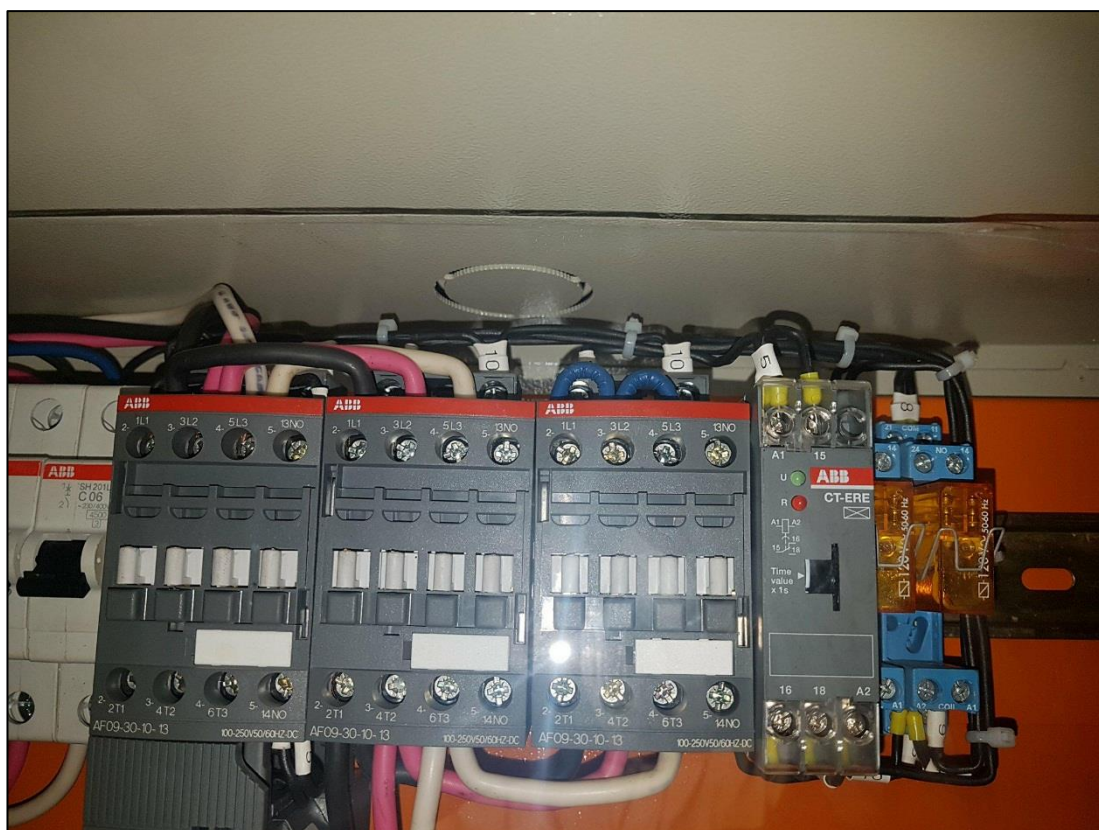
Anexo 24. Conexionado de los equipos de medición  
Elaborado por: Autor



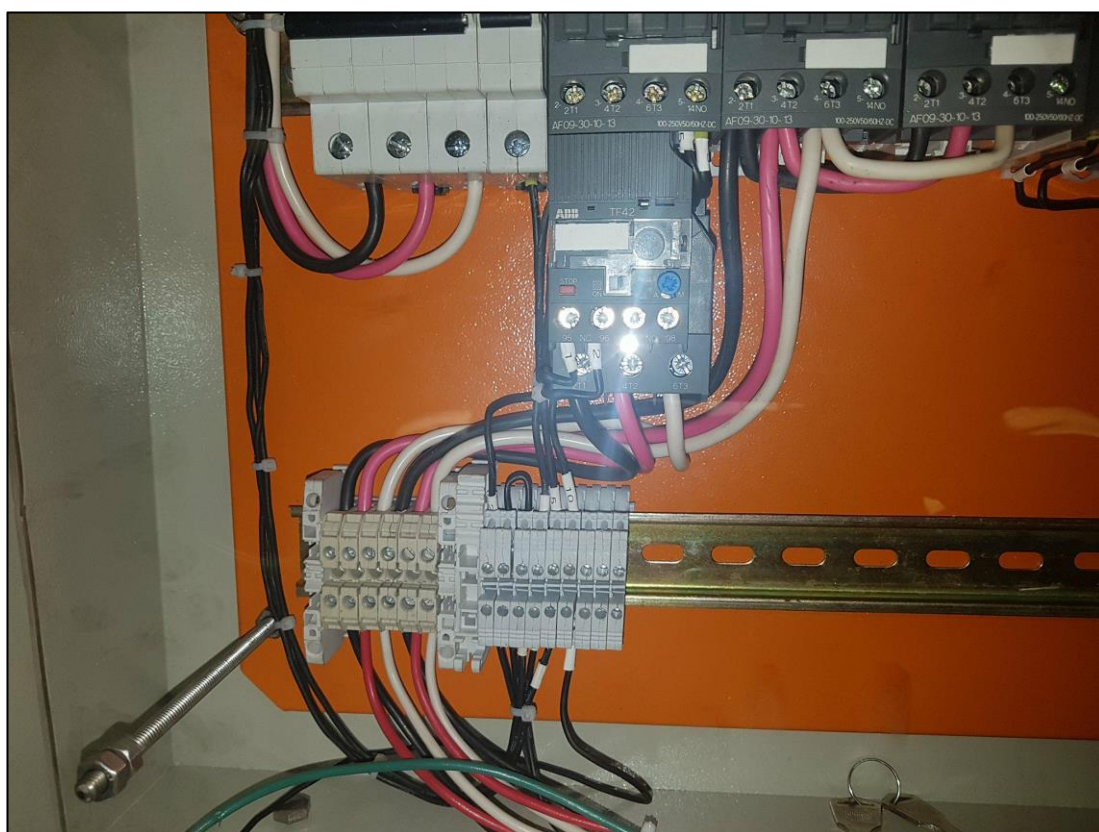
Anexo 25. Amarrado del cable  
Elaborado por: Autor



Anexo 26. Alimentación de equipos de fuerza y control  
Elaborado por: Autor



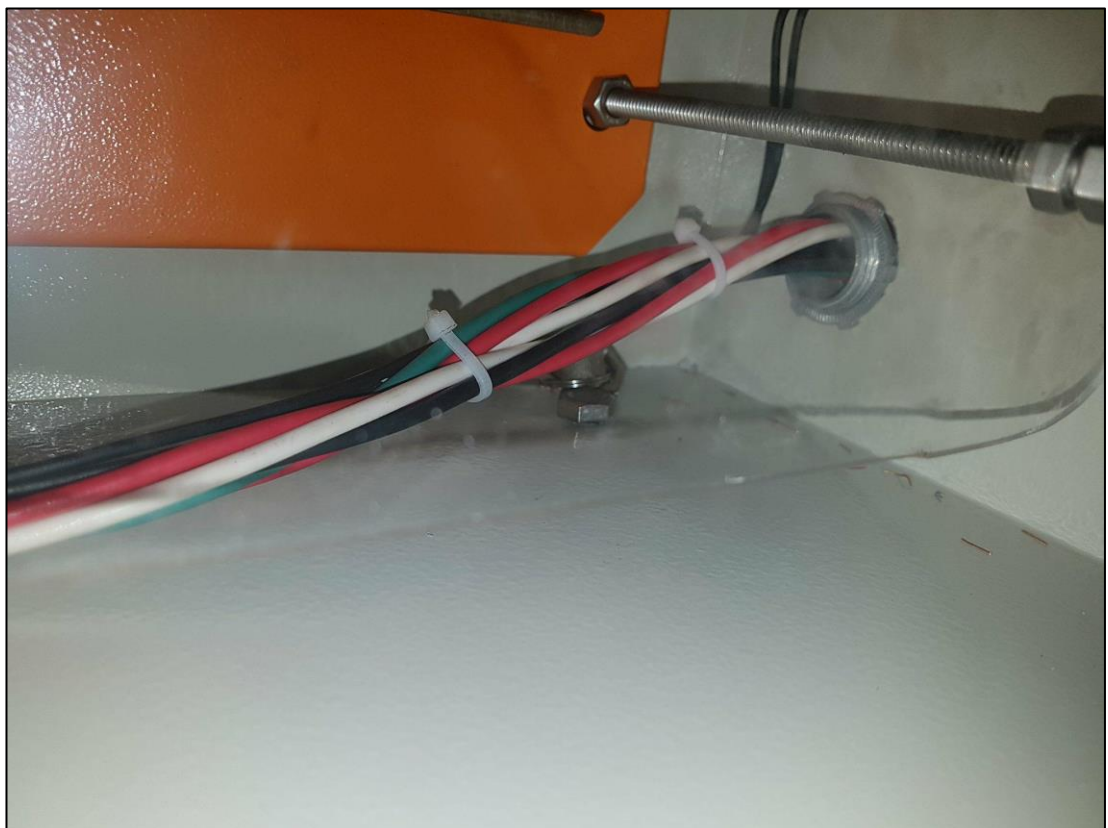
Anexo 27. Amarrado y marquillado del cableado  
Elaborado por: Autor



Anexo 28. Configuración del relé térmico  
Elaborado por: Autor



Anexo 29. Conexión del botón de paro de emergencia  
Elaborado por: Autor



Anexo 30. Amarrado de los conductores de fuerza del motor  
Elaborado por: Autor



Anexo 31. Preparación de la guarda protectora.  
Elaborado por: Autor



Anexo 32. Molde de malla para la guarda  
Elaborado por: Autor



Anexo 33. Fijación de la guarda protectora.  
Elaborado por: Autor



Anexo 34. Colocación del letrero del tablero  
Elaborado por: Autor





Anexo 35. Colocación del acrílico protector.  
Elaborado por: Autor



Anexo 36. Vista interna del trabajo terminado.  
Elaborado por: Autor



Anexo 37. Vista externa del trabajo terminado.  
Elaborado por: Autor



Anexo 38. Vista en perspectiva del trabajo terminado  
Elaborado por: Autor



Anexo 39. Vista trasera del trabajo terminado.  
Elaborado por: Autor



Anexo 40. Motor fijado a la mesa  
Elaborado por: Autor



Anexo 41. Vista de la acometida del motor.  
Elaborado por: Autor



Anexo 42. Trabajo terminado.  
Elaborado por: Autor



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Méndez Guillén Billy Luis**, con C.C: # **093084433-7** autor/a del trabajo de titulación: **Diseño e implementación de un tablero con arrancador estrella-triángulo para motores trifásicos para prácticas en el laboratorio de control** previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico Mecánico con Mención en Gestión Empresarial Industrial** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 09 de marzo de 2018

f. \_\_\_\_\_  
Nombre: **Méndez Guillén Billy Luis**  
C.C: **093084433-7**



<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>			
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN</b>			
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Diseño e implementación de un tablero con arrancador estrella-triángulo para motores trifásicos para prácticas en el laboratorio de control		
<b>AUTOR(ES)</b>	Méndez Guillén, Billy Luis		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Montenegro Tejada, Raúl		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Eléctrico-Mecánica		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Eléctrico-Mecánico con Mención en Gestión Empresarial Industrial		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	9 de marzo de 2018	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	92
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Control eléctrico, motores eléctricos y protecciones eléctricas.		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Tablero, Arranque Estrella Triangulo, Motor Trifásico, Protecciones Eléctricas		
<b>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</b>	<p>En el Ecuador y en todo el mundo en general existen un sin número de empresas y fábricas con motores de todo tipo, ya sean de alimentación continua o alterna, entre los alternos existen monofásicos o trifásicos, de los cuales los trifásicos tienen diferentes tipos de conexiones y arranques como lo son las conexiones delta y estrella y los arranques directos, estrella-triángulo, rotor bobinado, autotransformador. Los arranques por lo general varían dependiendo de la situación en las que el motor vaya a trabajar, pero los más comunes y normalmente usados son los arranques directos y estrella triángulo. Uno de los beneficios que tiene el arranque estrella-triángulo y por lo cual lo hace uno de los arranques más usados es el significativo ahorro de energía a la hora de encender los motores en sus picos de corriente, ya que este permite que la corriente que necesita para efectuar el arranque sea mucho menor hasta alcanzar la ruptura del torque y posteriormente pasar a delta para poder realizar el trabajo de fuerza. Cabe recalcar que el costo de la realización de este arranque es mucho menor ante las otras alternativas que tenemos para el ahorro del consumo de energía a la hora de arrancar un motor trifásico, como lo es el arrancador suave y variador de velocidad. Este trabajo tiene como finalidad aportar conocimientos acerca de los beneficios de la implementación de los arranques estrella-triángulo para motores trifásicos.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/> NO
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-4-826723/0992134932	E-mail: billymendez2@hotmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre:</b> Philco Asqui, Luis Orlando		
	<b>Teléfono:</b> (04) 2 202935 ext.2007		
	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:luis.philco@cu.ucsg.edu.ec">luis.philco@cu.ucsg.edu.ec</a> / <a href="mailto:ute@cu.ucsg.edu.ec">ute@cu.ucsg.edu.ec</a>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			