



**UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**CÁLCULO DE DISPOSITIVOS ELECTROMECÁNICOS PARA ARRANQUE  
DE MOTORES ELÉCTRICOS**

**PRESENTADO POR**

**BACHILLER ALEX OMAR CRUZ ESCOBAR**

**ASESOR**

**MGR. JAVIER REMBERTO ZEBALLOS CHÁVEZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

**MOQUEGUA – PERÚ**

**2024**



# Universidad José Carlos Mariátegui

## CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, en calidad de Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias, certifica que el trabajo de investigación ( ) / Tesis ( ) / Trabajo de suficiencia profesional (x) / Trabajo académico ( ), titulado “**CÁLCULO DE DISPOSITIVOS ELECTROMECAÑICOS PARA ARRANQUE DE MOTORES ELÉCTRICOS**” presentado por el(la) Bachiller **CRUZ ESCOBAR, ALEX OMAR** para obtener el grado académico ( ) o Título profesional (x) o Título de segunda especialidad ( ) de: **INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**, y asesorado por el(la) **MGR. JAVIER REMBERTO ZEBALLOS CHÁVEZ**, designado como asesor con RESOLUCIÓN DE DECANATURA N°266-2024-DFAIA-UJCM, fue sometido a revisión de similitud textual con el software TURNITIN, conforme a lo dispuesto en la normativa interna aplicable en la UJCM.

En tal sentido, se emite el presente certificado de originalidad, de acuerdo al siguiente detalle:

Programa académico	Aspirante(s)	Trabajo de suficiencia profesional	Porcentaje de similitud
Ingeniería Mecánica Eléctrica	Cruz Escobar, Alex Omar	“CÁLCULO DE DISPOSITIVOS ELECTROMECAÑICOS PARA ARRANQUE DE MOTORES ELÉCTRICOS”	4 % (04 de diciembre de 2024)

El porcentaje de similitud del Trabajo de investigación es del **4 %**, que está por debajo del límite **PERMITIDO** por la UJCM, por lo que se considera apto para su publicación en el Repositorio Institucional de la UJCM.

Se emite el presente certificado de similitud con fines de continuar con los trámites respectivos para la obtención de grado académico o título profesional o título de segunda especialidad.

Moquegua, 04 de diciembre de 2024



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI  
FACULTAD DE CIENCIAS

Dr. JAVIER PEDRO FLORES AROCUTIPA  
Jefe de la Unidad de Investigación

## ÍNDICE

<b>PÁGINA DE JURADO .....</b>	<b>I</b>
<b>CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD.....</b>	<b>iI</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>X</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>XIV</b>
<b>CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>10</b>
1.1 ANTECEDENTES .....	10
1.2 DESCRIPCIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA .....	11
1.2.1 NOMBRE DE LA EMPRESA.....	11
1.2.2 UBICACIÓN DE LA EMPRESA.....	11
1.2.3 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	11
1.3 CONTEXTO SOCIO ECONÓMICO .....	12
1.4 DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA.....	13
1.4.1 DISEÑO DE SISTEMAS ELECTROMECÁNICOS.....	13
1.4.2 ANÁLISIS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS.....	13
1.4.3 SIMULACIÓN Y MODELADO.....	14
1.4.4 PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA.....	14
1.4.5 OPTIMIZACIÓN Y MEJORA CONTINUA.....	14

1.5	EXPLICACIÓN DEL CARGO .....	14
1.6	DESCRIPCIÓN DEL CARGO .....	15
1.7	PROCEDIMIENTO QUE FORMARA PARTE DEL INFORME .....	17
1.8	RESULTADOS LOGRADOS .....	17
	<b>CAPÍTULO II FUNDAMENTACIÓN .....</b>	<b>19</b>
2.1	DESCRIPCIÓN DEL ROL QUE DESEMPEÑARON LA TEORÍA Y PRACTICA .....	19
2.1.1	CONCEPTOS DE ELECTRICIDAD .....	20
2.1.2	TIPOS DE CORRIENTE. ....	20
2.1.3	SISTEMAS ELÉCTRICOS TRIFÁSICO Y MONOFÁSICO .....	21
2.1.3.1	SISTEMA ELÉCTRICO TRIFÁSICO. ....	21
2.1.3.2	SISTEMA ELÉCTRICO MONOFÁSICO. ....	23
2.2.1	COMPONENTES PARA EL ACCIONAMIENTO DE MOTORES. ....	26
2.2.1.1	MOTOR ELÉCTRICO. ....	26
2.2.1.2	CONTACTOR. ....	31
2.2.1.3	RELÉ TÉRMICO.....	32
2.2.1.4	GUARDAMOTOR. ....	34
2.2.1.5	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO. ....	36
2.2.1.6	INTERRUPTOR DIFERENCIAL.....	38
2.2.2	CONDUCTORES ELÉCTRICOS.....	40
2.2.2.1	CABLE ELÉCTRICO.....	40
2.2.2.2	TIPOS DE AISLANTES PARA CABLES ELÉCTRICOS. ....	41
2.2.2.3	CALIBRE.....	42
2.2.3	BOBINAS DE DISPARO. ....	44

<b>CAPÍTULO III CONTRIBUCIONES Y PROGRESO DE LA EXPERIENCIA</b> .....	34
3.1. CONTRIBUCIONES EMPLEANDO LOS FUNDAMENTOS TEÓRICOS OBTENIDOS EN LA FORMACIÓN ACADÉMICA.....	34
3.1.1. SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE DISPOSITIVOS ELECTROMECAÑICOS:.....	34
3.1.2 DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE CIRCUITOS DE ARRANQUE.....	35
3.1.3 ANÁLISIS Y SOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN CIRCUITOS DE MOTORES ELÉCTRICOS.....	36
3.1.4 DESARROLLO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS DE ARRANQUE.....	37
3.2 DESARROLLO DE EXPERIENCIAS.....	37
3.2.1 CASO PRÁCTICO N°1.....	37
3.2.1.1 CÁLCULO DE LA POTENCIA DE ENTRADA.....	38
3.2.1.2 CÁLCULO DE INTENSIDAD DE ENTRADA.....	39
3.2.1.3 CÁLCULO DE INTENSIDAD DE SERVICIO.....	39
3.2.1.4 SELECCIÓN DE CONTACTOR.....	40
3.2.1.5 SELECCIÓN DE RELÉ TÉRMICO.....	40
3.2.2 CASO PRÁCTICO N°2.....	41
3.2.3 CASO PRÁCTICO N°3.....	42
3.2.4 CASO PRÁCTICO N°4.....	44
3.2.5 REQUERIMIENTO DE PERSONAL.....	47
3.2.5.1 BACHILLER MECÁNICO ELÉCTRICO.....	47
3.2.5.2 TÉCNICO ELECTRICISTA.....	47
3.2.6 HERRAMIENTAS Y MATERIALES DE TRABAJO.....	47

3.2.6.1	HERRAMIENTAS.....	47
3.2.6.2	MATERIALES.....	48
3.2.7	PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS. ....	49
3.2.7.1	SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS ADECUADOS. ....	49
3.2.7.2	DIMENSIONAMIENTO DE COMPONENTES. ....	50
3.2.7.3	OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL SISTEMA.....	50
3.2.7.4	PROTECCIÓN PUESTA A TIERRA. ....	51
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>53</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>54</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>56</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Tabla de equivalencias entre mm<sup>2</sup> y AWG</i> .....	43
---	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<i>Figura 1 Organigrama de la empresa Promet Perú</i> .....	12
<i>Figura 2 Electrones en corriente continua y alterna</i> .....	21
<i>Figura 3 Distancia entre los devanados 120 grados</i> .....	22
<i>Figura 4 Desfase de un sistema trifásico.</i> .....	22
<i>Figura 5 Conexión triangulo, tensión de línea</i> .....	23
<i>Figura 6 Corriente monofásica.</i> .....	23
<i>Figura 7 Movimiento de rotación de motor eléctrico</i> .....	27
<i>Figura 8 Conexión de motor monofásico con condensador de arranque</i> .....	28
<i>Figura 9 Motores eléctricos de 6 terminales</i> .....	29
<i>Figura 10 placa de datos de motor de marca Cemer</i> .....	30
<i>Figura 11 Ilustración simplificada de las partes de un contactor</i> .....	31
<i>Figura 12 Relé térmico</i> .....	33
<i>Figura 13 Esquema de relé térmico</i> .....	33
<i>Figura 14 Guardamotor y su funcionamiento</i> .....	35
<i>Figura 15 Interruptor termomagnético</i> .....	36
<i>Figura 16 Interruptor termomagnético</i> .....	37
<i>Figura 17 Interruptor diferencial</i> .....	39
<i>Figura 18 Funcionamiento del botón test en interruptores diferenciales</i> .....	40
<i>Figura 19 Tipos de aislamiento</i> .....	42
<i>Figura 20 Amperaje soportado por los cables.</i> .....	44
<i>Figura 21 Bobina de disparo</i> .....	44
<i>Figura 22 Tablero de arranque de motor eléctrico trifásico 460V</i> .....	36

<b>Figura 23</b> Centrifugadora .....	38
<b>Figura 24</b> Contactores tripolares TeSys D.....	40
<b>Figura 25</b> Contactores tripolares TeSys D.....	41
<b>Figura 26</b> CADe_SIMU.....	42
<b>Figura 27</b> Electrobomba sumergible.....	43
<b>Figura 28</b> CADe_simu.....	44
<b>Figura 39</b> Diagrama unifilar de tablero eléctrico .....	45
<b>Figura 30</b> Tablero eléctrico para maquina termofusión 618.....	46
<b>Figura 31</b> Maquina termofusión 618.....	46
<b>Figura 32</b> Puesta a tierra de motor eléctrico.....	52

## **RESUMEN**

En el presente informe se estudió algunos dispositivos electromecánicos, sus capacidades, especificaciones, funcionamiento. con el objetivo determinar parámetros eléctricos correctos para un buen dimensionamiento en la instalación de motores eléctricos en una instalación monofásica y/o trifásica. Para el estudio de estos dispositivos electromecánicos se dio una breve descripción y posteriormente se pasó al cálculo de parámetros eléctricos. este trabajo de suficiencia ayudará a determinar la selección correcta para protección de motores eléctricos, esto contribuirá a prolongar el tiempo de vida de los componentes electromecánicos y eléctricos

Palabras clave: Motores eléctricos, dispositivos, cálculo de parámetros.

## **ABSTRACT**

In this report, some electromechanical devices, their capabilities, specifications, and operation were studied. with the objective of determining correct electrical parameters for good sizing in the installation of electric motors in a single-phase and/or three-phase installation. For the study of these electromechanical devices, a brief description was given and later the calculation of electrical parameters was carried out. This sufficiency work will help determine the correct selection for protection of electric motors, this helps to extend the useful life of electrical components.

Keywords: Electric motors, devices, parameter calculation.

## INTRODUCCIÓN

Mediante el presente informe detalladamente de todas las tareas ejecutadas y funciones asumidas, así como recomendaciones, conteniendo el desarrollo íntegro y descriptivo de las funciones y trabajos realizados a lo largo de mis jornadas laborales, mencionando datos referentes de mantenimientos, como procedimientos de trabajos, clasificación equipos de acuerdo a sus características

Para garantizar un buen funcionamiento y prolongar la vida útil de un motor eléctrico, se pueden seguir algunas recomendaciones importantes. Aquí describimos algunas sugerencias para el mantenimiento y cuidado adecuado de un motor eléctrico: mantenimiento preventivo periódico según las recomendaciones del fabricante, esto incluye la limpieza, lubricación y revisión de los componentes internos del motor, monitoreo de la temperatura durante su funcionamiento, protección contra sobrecargas, ambiente adecuado, inspección visual, alineación y equilibrado, uso adecuado, protección contra agentes externos, etc.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1 Antecedentes**

El mantenimiento es el proceso en el que un bien específico recibe tratamientos debido al paso del tiempo, a la variación de condiciones extremas., el propio uso del bien o la variación de condiciones que lo afecten. Se produce un sin fin de cambios, el termino de mantenimiento puede aplicarse también a bienes tangibles o intangibles, podemos hablar desde el mantenimiento de un vehículo, un bien inmueble, de un software, o de un sistema específico que amerite mantenimiento, etc.

El mantenimiento es esencial y de suma importancia para los bienes materiales de una empresa ya que estos son requeridos para la continuidad de su producción de sus servicios. También cabe precisar que todos estos elementos son necesarios como parte de un proceso producción económica deben de ser probados con regularidad para garantizar un buen estándar de calidad en sus servicios y en su producción, tomemos el ejemplo, de una máquina que es necesaria para la producción de una fábrica.

Si una maquina estacionaria o móvil cambia de un lugar, de un punto a otro con condiciones muy distintas a las que venía operando. Las condiciones para un

plan de mantenimiento van a cambiar de acuerdo a las condiciones de trabajo, si una maquina estacionario o móvil cambia de lugar, de un punto a otro con condiciones similares el plan de mantenimiento sería el mismo siempre que se evalúen las condiciones de trabajo.

## **1.2 Descripción y organización de la empresa**

### **1.2.1 Nombre de la empresa.**

“PROMET PERÚ Sociedad Anónima Cerrada”

### **1.2.2 Ubicación de la empresa.**

Av. Arenales No. 665 (Piso 2) Miraflores - Lima

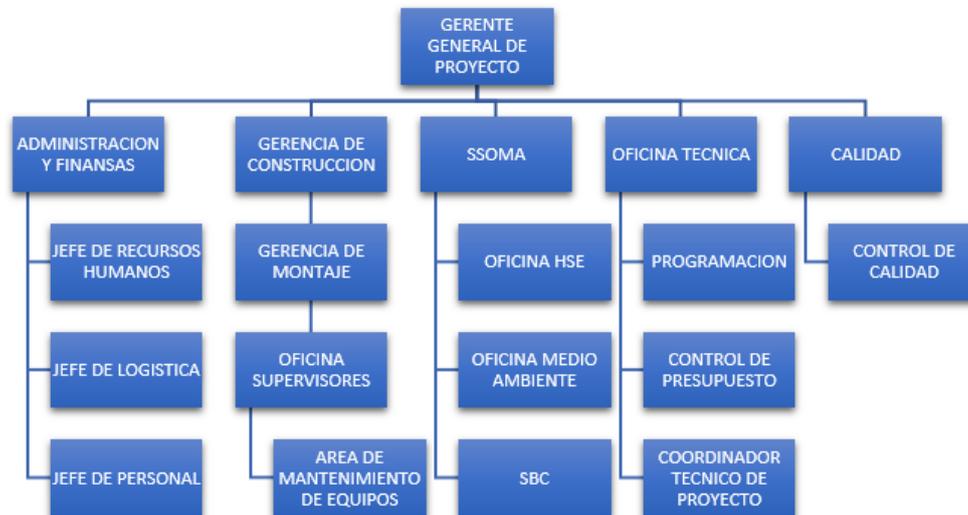
### **1.2.3 Descripción de la empresa.**

La Empresa PROMET PERÚ constituye una de las empresas líderes en el mercado de infraestructura de apoyo para la minería y construcción a nivel nacional. Es una compañía con más de tres décadas de trayectoria en soluciones completas para la instalación y conservación de campamentos. de todo tipo.

Cuenta con experiencia en diseño, fabricación y construcción de campamentos, ha llevado a generar una variada gama de soluciones innovadoras para sus clientes. Esto permite combinar la fabricación en planta con el trabajo en ubicaciones remotas a lo largo de todo el Perú, cumpliendo los más altos estándares de seguridad, calidad dentro de los plazos acordados (Promet, 2016)

**Figura 1**

*Organigrama de la empresa Promet Perú*



*Nota.* Promet Peru (2018)

### 1.3 Contexto socio económico

El contexto socioeconómico de empresa Promet Perú S.A.C. de instalación de campamentos mineros está marcado por varios factores:

**Demanda fluctuante.** La demanda de servicios de instalación de campamentos mineros está estrechamente ligada a la actividad minera, la cual es cíclica por naturaleza. Los precios de los metales y minerales, así como las políticas gubernamentales, pueden afectar significativamente la demanda de estos servicios.

**Competencia intensa.** El sector de la instalación de campamentos mineros es altamente competitivo, con numerosos actores locales e internacionales compitiendo por proyectos. Las empresas deben diferenciarse por su experiencia, calidad, eficiencia y precios competitivos para tener éxito.

**Impacto social y ambiental.** La instalación de campamentos mineros puede tener un impacto significativo en las comunidades locales, tanto positivo como negativo.

El área de operación de la empresa de instalación de campamentos mineros puede variar significativamente dependiendo del proyecto y la ubicación. Sin embargo, en este caso se circunscribe al centro minero Quellaveco de Angloamerican, donde se instalaron campamentos mineros con todos los servicios, tanto electromecánicos como de agua, desagüe y comunicaciones.

**Recursos.** Para tener éxito en este sector, una empresa de instalación de campamentos mineros debe contar con una serie de recursos, que incluyen: experiencia y conocimiento, mano de obra calificada, equipo y maquinaria, recursos financieros, permisos y licencias, gestión de proyectos, responsabilidad social corporativa, seguridad y salud.

#### **1.4 Descripción de la experiencia**

Como bachiller de ingeniería mecánica eléctrica, he adquirido una variedad de experiencias en trabajos relacionados con el cálculo de dispositivos electromecánicos para el arranque de motores eléctricos. Algunas de las experiencias incluyen:

##### **1.4.1 Diseño de sistemas electromecánicos.**

Involucrarse en la creación y evolución de sistemas que incorporan elementos eléctricos y mecánicos para el arranque eficiente de motores eléctricos. Esto implicaría la selección de componentes adecuados, cálculos de potencia, corriente y voltaje, así como la integración de sistemas de control.

##### **1.4.2 Análisis de circuitos eléctricos.**

Oportunidad de aplicar los conocimientos en circuitos eléctricos para analizar y diseñar sistemas de arranque de motores. Esto incluiría el cálculo de

corrientes de arranque, caídas de voltaje, protección de sobrecargas, entre otros aspectos eléctricos relevantes.

#### **1.4.3 Simulación y modelado.**

Utilizar herramientas de simulación para modelar el comportamiento de dispositivos electromecánicos y sistemas de arranque de motores. Esto permitirá predecir el rendimiento del sistema, identificar posibles problemas y optimizar el diseño antes de la implementación.

#### **1.4.4 Pruebas y puesta en marcha.**

Participar en pruebas de funcionamiento, puesta en marcha y ajustes de dispositivos electromecánicos para garantizar su correcto funcionamiento y cumplimiento de especificaciones. Esto implicaría realizar pruebas de rendimiento, ajustes de parámetros y solución de problemas en caso de fallas.

#### **1.4.5 Optimización y mejora continua.**

Oportunidad de trabajar en la optimización de sistemas de arranque de motores eléctricos, buscando mejorar la eficiencia energética, reducir costos operativos y aumentar la fiabilidad del sistema mediante mejoras constantes en el proceso de diseño y la puesta en marcha.

### **1.5 Explicación del cargo**

Como técnico electromecánico encargado de arranque motores eléctricos tengo la tarea de instalar, mantener y reparar motores eléctricos, así como también sus sistemas de control, gracias a mi experiencia en la teoría del funcionamiento de los motores eléctricos, así como en las prácticas de instalación y mantenimiento seguras.

Entre las responsabilidades principales que estuvieron a mi cargo son:

- Instalación de motores eléctricos: trabajando en estrecha colaboración con electricistas e ingenieros para instalar motores eléctricos en una variedad de entornos, incluyendo todas las instalaciones eléctricas del campamento.
- Mantenimiento de motores eléctricos: Se realizan inspecciones regulares de los motores eléctricos para detectar y prevenir problemas potenciales. También realizamos tareas de mantenimiento preventivo, como la lubricación de los cojinetes, la limpieza de los motores y la inspección de los cables y conexiones.
- Reparación de motores eléctricos: Se diagnostican y reparan motores eléctricos que están funcionando mal, utilizando una variedad de herramientas y equipos para diagnosticar problemas, incluyendo multímetros, medidores de aislamiento y analizadores de vibraciones.
- Solución de problemas de sistemas de control de motores eléctricos: se solucionan todos los problemas que se refieren al control de motores eléctricos y a los componentes que incluyen el sistema de control de motores como, por ejemplo: problemas con los contactores, relé térmico, relé de fallo de fase, interruptores termomagnéticos, guarda motores y demás componentes eléctricos.

## **1.6 Descripción del cargo**

La importancia en el cargo de un técnico electromecánico a la hora de realizar la instalación y arranque de motores eléctricos en el campamento de Salveani, Quellaveco son:

- Asegurar el cumplimiento documentario antes de iniciar las labores diarias.
- Realizar inspecciones mensuales de equipos.
- Elaboración de historiales de fallas intempestivas de equipos

- Control y seguimiento de cada equipo en cuanto a mantenimientos predictivos.
- Asistir en reparaciones puntuales, y/o programadas.
- Asistir en la planeación, organización y ejecución de los planes de mantenimiento.
- designación de las cuadrillas para la realización de las actividades diarias, ejecución de mantenimientos rutinarios y/o trabajos de emergencia.
- efectuar la limpieza en el lugar de trabajo tras la finalización del día laboral, ordenar las herramientas y demás materiales que se hayan usado, (ordenada, limpia, organizada y señalizada).
- Coordinar con las áreas involucradas en la ejecución de los trabajos programados y/o por fallas intempestivas.
- Realizar sus requerimientos de repuestos, a supervisor y firmar las solicitudes de Materiales verificando el número correcto de Orden de Trabajo de Mantenimiento.
- Llevar un control de las fallas o averías más frecuentes en equipos o redes. La misma que será expuesta en las reuniones mensuales.
- Garantizar la ejecución del plan de mantenimiento, en caso de fuerza mayor suspender y reprogramar los mantenimientos.
- Hacer diariamente la Charla de cinco minutos antes de iniciar las labores, para ello deberá llenar la hoja de charlas respectiva y alcanzarlo a la asistente administrativa para su archivo.

## **1.7 Procedimiento que formara parte del informe**

Posterior a realizar los cálculos de componentes o dispositivos para el arranque de motores eléctricos, se espera obtener un producto llamado "intensidad de arranque". Posterior a haber encontrado este valor seleccionamos un método de arranque suave, la finalidad de este procedimiento es reducir el pico de corriente de arranque que consumirá el motor eléctrico para romper la inercia durante el proceso de arranque, asegurando un arranque suave y protegiendo tanto al motor como al sistema eléctrico de sobrecargas y daños. Los métodos de arranque de motores eléctricos pueden ser de diferentes métodos, como variadores de frecuencia, arrancadores suaves, arranque por resistencia, arranque estrella- delta, arranque por transformador, entre otros, todos con la finalidad de reducir la corriente de arranque para proteger a los motores eléctricos y la instalación eléctrica de sobre cargas.

## **1.8 Resultados logrados**

El resultado alcanzado, objeto del presente informa, es poder optimizar el proceso de lavado de ropa desde su llegada hasta su entrega, básicamente en la parte de funcionamiento de los equipos del área de lavandería específicamente en parte de control y potencia que se requieren para el funcionamiento de los motores eléctricos para evitar las fallas continuas y paradas intempestivas de estos mismos. A continuación, describiremos alguna de las actividades que se requieren mejorar y optimizar.

- Disminuir las horas muertas, las paradas.
- Realizar el proceso en un corto tiempo.
- Repotenciar y mejorar el área de lavandería.
- Corregir el sobre dimensionamiento existente.

- Mantenimiento de tableros de control.
- Actualizar la parte eléctrica de los componentes para un correcto funcionamiento.
- mejorar la confiabilidad de los equipos.
- Será el cálculo selección de conductores sistemas de protección.
- un correcto dimensionamiento de contactores, relés térmicos.
- Ejecución de trabajos previos.

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN**

#### **2.1 Descripción del rol que desempeñaron la teoría y practica**

La teoría juega un papel fundamental en la práctica del cálculo de dispositivos electromecánicos para arranque de motores eléctricos. Proporcionar los fundamentos para entender el principio por el cual funcionan estos dispositivos electromecánicos y permite a los ingenieros y técnicos seleccionar el método de arranque adecuado para cada aplicación específica.

Los principios teóricos clave que se aplican en el cálculo de dispositivos de arranque incluyen:

- Conceptos de electricidad básica: Ley de Ohm, potencia eléctrica, triángulo de potencia, factor de potencia (fdp), etc.
- Características de los motores eléctricos: tensión nominal, corriente de arranque, eficiencia, factor de servicio, etc.
- Principios de funcionamiento de los dispositivos de arranque: Arranque directo, arranque reducido de voltaje, arranque estrella-triángulo, arranque autotransformador, etc.
- Cálculo de las resistencias, reactancias y otros componentes de los dispositivos de arranque.

- Selección de los dispositivos electromecánico para arrancar un motor eléctrico de forma correcta, de acuerdo a su potencia, la tensión de alimentación y las condiciones de funcionamiento.

La comprensión de estos principios teóricos permite a los profesionales:

- Analizar los requisitos de arranque del motor.
- Seleccionar el método de arranque más adecuado para cada aplicación.
- Diseñar y calcular los componentes del dispositivo de arranque.
- Resolución de dificultades de arranque de los motores eléctricos.
- Mejorar la eficacia del motor eléctrico y del sistema de control.

### **2.1.1 Conceptos de electricidad.**

El concepto de electricidad nos dice que: esta forma energía es de las más usadas. Ocurre cuando se desplaza un flujo los electrones de los átomos a través de un material y este se conoce con el nombre de conductor o semi conductor.

La energía electricidad no es un fenómeno creado por el hombre, solo hemos aprendido a cómo utilizarla y sacarle provecho Los rayos también son electricidad, existen animales que pueden crearla, las neuronas las usan para comunicarse

### **2.1.2 Tipos de corriente.**

Existen dos tipos de corriente eléctrica, corriente alterna (AC) y corriente continua (DC) y La principal diferencia es que el desplazamiento de electrones entre estas dos se produce de manera muy diferente en el interior del material conductor.

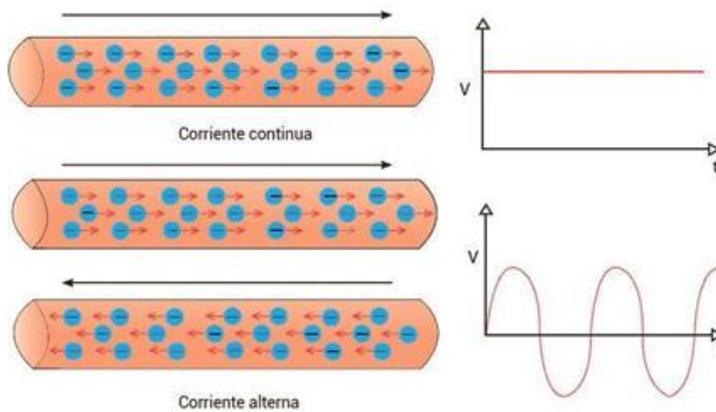
**a) Corriente continua.** Se conoce también como corriente directa (DC), el flujo de la carga eléctrica no cambia, manteniendo un solo sentido con respecto al

tiempo, esto quiere decir que un conductor positivo no cambiará su polaridad siempre será positivo y negativo, siempre será negativo.

b) **Corriente alterna.** Los electrones alteran de manera constante su dirección, pasando de positivo a negativo, de manera oscilante, como ondas senoidales con respecto al tiempo, esto quiere decir que un conductor puede pasar de polo positivo a negativo en fracción de segundos, comportándose de forma muy diferente a la corriente continua.

**Figura 2**

*Electrones en corriente continua y alterna*



*Nota.* en la figura se puede apreciar la diferencia del movimiento de electrones en corriente continua y alterna. Fuente: Curiosoando (2019)

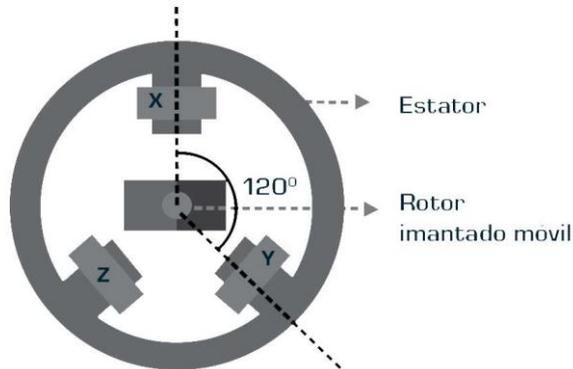
### **2.1.3 Sistemas eléctricos trifásico y monofásico.**

#### **2.1.3.1 Sistema eléctrico trifásico.**

Es el sistema más utilizado para generar transmitir o distribuir energía eléctrica por sus grandes beneficios al estar equilibrado con respecto a sus corrientes, frecuencias, tensiones, desfases entre fases, en todas sus magnitudes son simétricas.

**Figura 3**

*Distancia entre los devanados 120 grados*

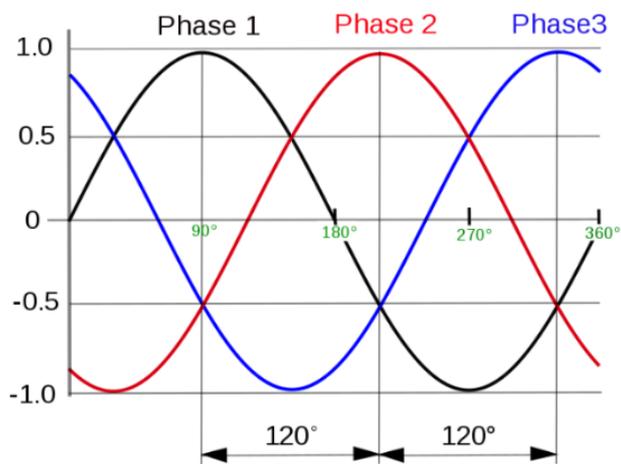


*Nota. Zúniga (2015)*

Un sistema trifásico está formado 3 circuitos monofásicos independientes de igual frecuencia y amplitud (con un mismo valor ideal) y cada una de ellas de forma independiente recibe el nombre de fase. un sistema trifásico está formado por 3 fases.

**Figura 4**

*Desfase de un sistema trifásico.*

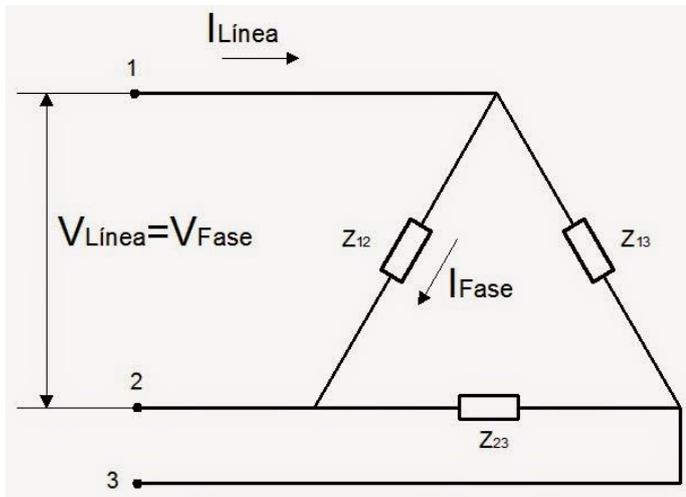


*Nota. Desfase entre ondas es de 120°. Fuente: Wikipedia (2023)*

La tensión en cada fase un sistema trifásico suele ser 110V, 220V; 380V y 440V y deben estar en equilibrio entre sí.

**Figura 5**

*Conexión triángulo, tensión de línea*



*Nota.* conexión de motor en triángulo. Fuente: Fravedsa (2014)

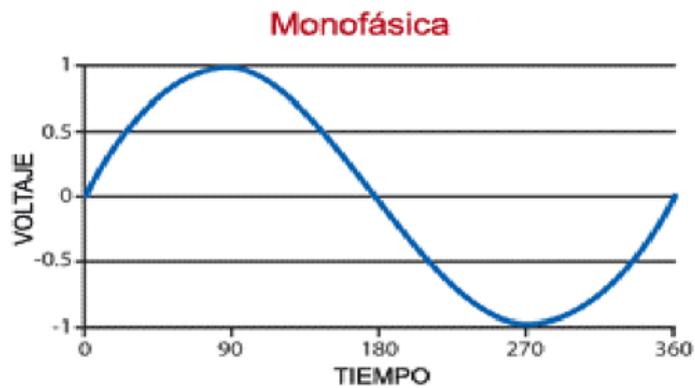
### 2.1.3.2 Sistema eléctrico monofásico.

Se dice que es monofásico por ser una sola fase, y tiene su semiciclo positivo y negativo.

En la figura podemos observar una sola onda senoidal haciendo un ciclo. Esta imagen se puede observar con ayuda del osciloscopio.

**Figura 6**

*Corriente monofásica.*



*Nota.* Onda sinusoidal monofásica. Fuente: Universidad Nacional de San Juan (2020)

## **2.2 procedimiento y metodología empleados para solucionar la situación profesional objeto del informe**

La selección y cálculo de dispositivos electromecánicos para el arranque de motores eléctricos implica una serie de acciones, metodologías y procedimientos que garantizan una selección adecuada de los equipos para un funcionamiento seguro y eficiente del motor. A continuación, se detalla el proceso a seguir:

### **Recopilación de datos.**

- - Placa de características del motor: Obtener la información técnica del motor, como potencia nominal (HP o kW), voltaje, corriente nominal, tipo de motor (asíncrono, síncrono, etc.), factor de servicio y código NEMA o IEC.
- - Condiciones de carga: Identificar el tipo de carga que el motor accionará (bomba, banda transportadora, compresor, etc.), par de arranque requerido y condiciones ambientales (temperatura, humedad).
- - Red eléctrica: Determinar el voltaje de la red de alimentación, frecuencia y disponibilidad de energía reactiva.

### **Selección del método de arranque.**

- Arranque directo: es la forma más sencilla, pero consume una gran cantidad de corriente para su arranque (hasta 5 veces más la corriente nominal). Adecuado para motores pequeños y cargas de bajo par de arranque.
- Arranque suave: Emplea dispositivos electrónicos para controlar la corriente de arranque de forma gradual, minimizando el impacto en la red eléctrica. Adecuado para motores sensibles a las variaciones de voltaje y corriente.

- Arranque estrella-delta: disminuye en un tercio la corriente de arranque, en comparación con arranque directo. Mayormente se utiliza en motores de mayor potencia.
- Arranque por autotransformador: se trata de un procedimiento en el que, para arrancar motores eléctricos, se disminuye el voltaje de alimentación al motor, se utiliza en motores de 3 bornes.

### **Cálculo de la corriente de arranque.**

- Fórmulas: Utilizar las fórmulas específicas para cada método de arranque, considerando el tipo de motor, voltaje, potencia y factor de potencia.
- Herramientas: Existen herramientas en línea y software especializado para realizar el cálculo de la corriente de arranque de forma precisa.

### **Selección de dispositivos electromecánicos.**

- Contactor: el contactor se elige de acuerdo a la capacidad de corriente de arranque si se hace una buena selección este podrá soportar la corriente de arranque del motor eléctrico.
- Relé térmico: Elegir un relé térmico con la misma corriente nominal del motor y rango de ajuste adecuado para protegerlo contra sobrecargas.
- Interruptor termomagnético: de acuerdo al tipo de termomagnético estos tienen un tiempo en el que pueden soportar altos consumos de corriente antes de dispararse, a esto se le conoce como curva de disparo.
- Autotransformador: En caso de arranque por autotransformador, se debe seleccionar el autotransformador con los taps correctos y con la relación de transformación correcta para disminuir el voltaje de arranque y por consiguiente reducir la corriente en el arranque.

- Arrancador suave: Elegir un arrancador suave con la capacidad de corriente y potencia adecuadas para el motor, considerando el tipo de control (rampas de voltaje o corriente) y las características de la carga.

#### **Consideraciones adicionales.**

- Protección contra cortocircuitos: Implementar protección contra cortocircuitos mediante fusibles o disyuntores de alta velocidad.
- Conexiones: Realizar las conexiones eléctricas de acuerdo a los diagramas esquemáticos del método de arranque seleccionado, siguiendo las normas de seguridad y utilizando conductores de calibre adecuado.
- Puesta en marcha y pruebas: Realizar pruebas de funcionamiento del motor y los dispositivos de arranque para verificar su correcto funcionamiento y ajuste de los parámetros de protección.

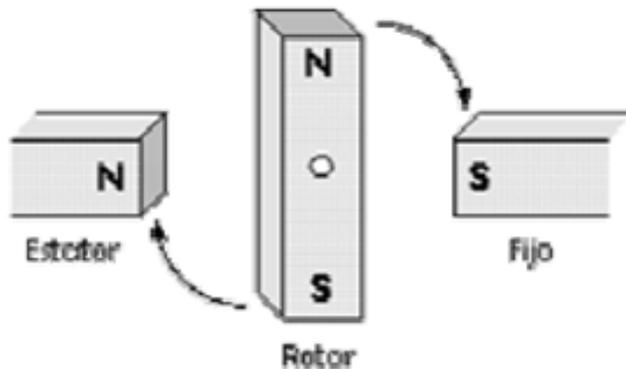
### **2.2.1 Componentes para el accionamiento de motores.**

#### **2.2.1.1 Motor eléctrico.**

Son utilizados en un sin fin de aplicaciones, pero en resumen podemos decir que son máquinas rotatorias que convierte energía eléctrica en energía mecánica a través de movimientos rotatorios y campos electromagnéticos, se clasifican por el tipo de corriente que requiere para su funcionamiento (corriente continua y corriente alterna), según el número de fases que requieren para su funcionamiento (monofásicos y trifásicos, estos últimos de acuerdo al grupo de conexión; estrella delta)

**Figura 7**

*Movimiento de rotación de motor eléctrico*



*Nota.* Tirado (2012)

Se componen principalmente de dos partes, de un rotor que viene a ser la parte móvil que gira en su propio eje y de un estator que es la parte fija donde están las bobinas y las conexiones eléctricas.

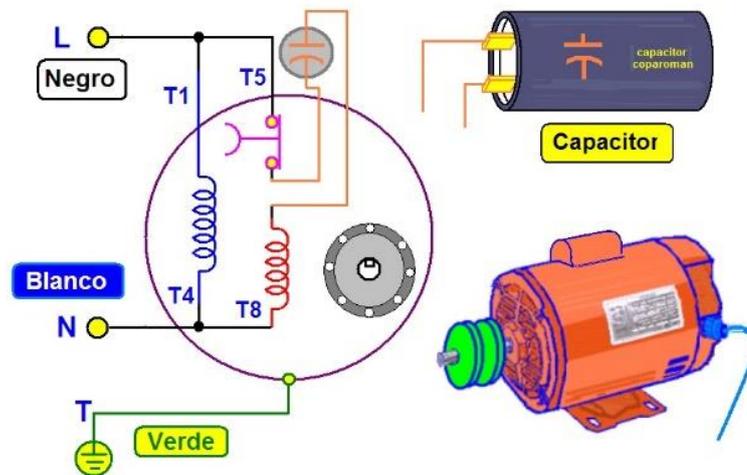
a) Motores monofásicos.

Se caracteriza por solo necesitar una fase y un neutro para su funcionamiento dependiendo del nivel de tensión (220v), que es más propia hogares y pequeñas industrias.

Al igual que un motor trifásico, este convierte la energía eléctrica en energía mecánica rotativa, este necesita de una bobina de arranque para romper la inercia y comenzar el giro del rotor, en resumen, solo pueden crear el par de arranque mediante una bobina auxiliar. por ejemplo, en la imagen tenemos, un interruptor centrífugo, un condensador, bobina de trabajo y bobina arranque.

**Figura 8**

*Conexión de motor monofásico con condensador de arranque*



*Nota.* Paco (2016)

- Bobina primaria o de trabajo: es de un conductor de sección más gruesa y de mayor número de espiras
- Bobina secundaria o de arranque: es de un conductor de sección más delgado y de menor número de espiras, con grados de desplazamiento gracias a su condensador.
- Interruptor centrífugo: desconecta la bobina de arranque al llegar entre el 70% a 80% de rpm nominal

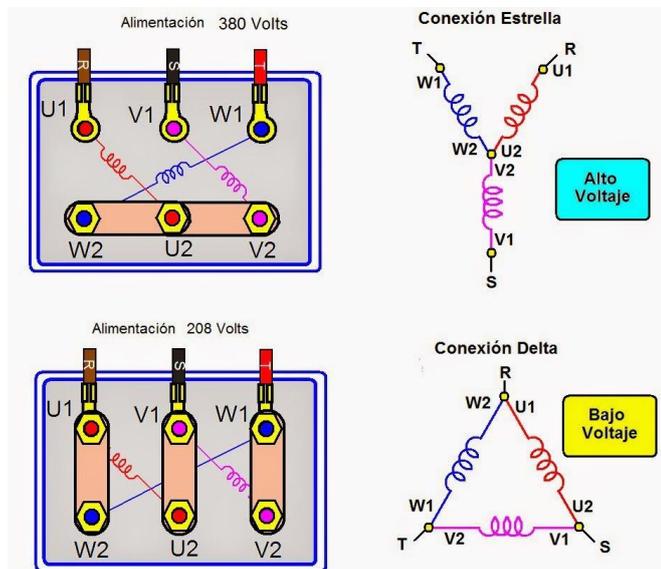
b) Motores trifásicos.

Se le conoce así debido a que su fuente de alimentación es de energía eléctrica trifásica, (corriente alterna trifásica se compone de tres fases, que están desfasadas  $120^\circ$  una respecto de una de la otra.). en resumen, el motor trifásico requiere de tres fases de corriente alterna para poder funcionar.

El motor trifásico es muy utilizado, esto se debe a que son de un tamaño más reducido en comparación del motor trifásico y consumen menos corriente que los motores monofásicos. Su uso se ha extendido más en instalaciones industriales o comerciales. En la siguiente imagen tenemos los tipos de conexión

**Figura 9**

*Motores eléctricos de 6 terminales*



*Nota.* Paco (2014)

- la placa de identificación

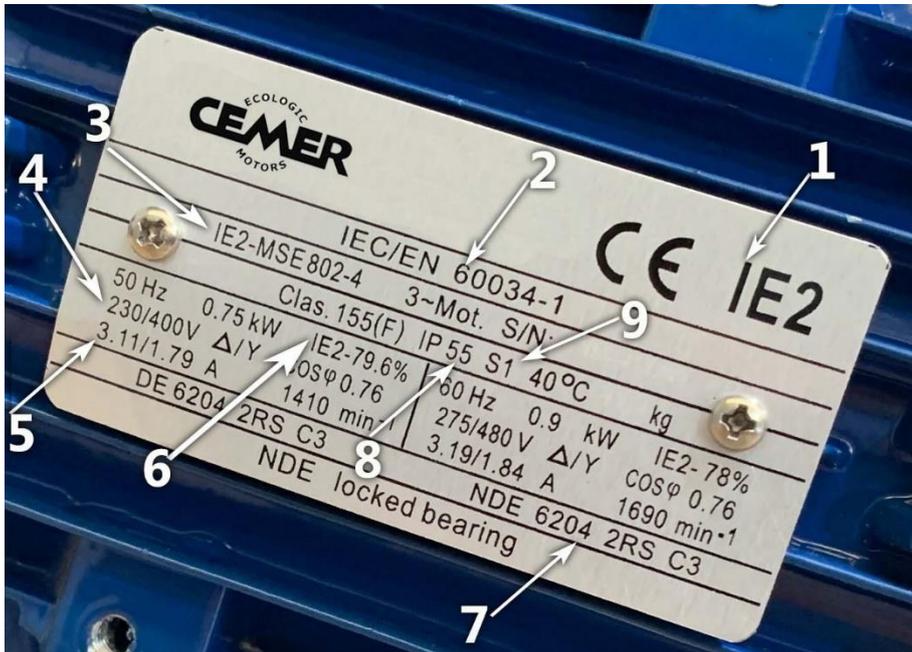
Son generalmente placas pequeñas que se rotulan en motores eléctricos, y se utilizan para la identificación de sus características, especificaciones técnicas y demás datos que se tiene que tener en cuenta a la hora de reemplazar un motor por uno nuevo, la placa de especificaciones de un motor viene a ser como el DNI de un motor en el cual encantamos datos y especificaciones que lo rigen, puestas por el fabricante.

Respecto a la normativa internacional, “La normativa IEC 60034-30:2008 establece que los motores eléctricos en la Unión Europea deben estar identificados correctamente con una placa que detalle las características de los mismos” (Azahar Equipos S.L, 2021).

En la siguiente imagen tenemos un ejemplo de una placa de identificación, donde se detalla las características.

**Figura 10**

placa de datos de motor de marca Cemer



*Nota.* en la figura se aprecia un modelo de placa de características de motor existiendo muchas en el mercado. Fuente: Azahar Equipos S.L (2021)

Acontinuacion veremos algunos de los principales datos que suelen ser registrados en la placa:

1. logo y clase de eficiencia IE2
2. numero de serie
3. tipo: clase de eficiencia (IE2)
4. tension nominal en triangulo y estrella
5. intensidad nominal en triangulo y estrella
6. clase de eficiencia IE
7. tipo de rodamientos
8. tipo de proteccion : IP55
9. factor de servicio: S1
10. revoluciones de servicio

11. temperatura de servicio

12. factor de potencia:  $\cos\phi$  0.76

### 2.2.1.2 Contactor.

Es un dispositivo electromecánico, su principal característica es controlar grandes potencias manejado por bajas corrientes. se utiliza en la etapa de potencia

**Figura 11**

*Ilustración simplificada de las partes de un contactor*



*Nota.* Vista del interior de un contactor. Fuente: Ingeniería Mecafenix (2017)

Para explicar su funcionamiento debemos conocer los componentes que lleva en su interior, lleva una bobina fijada a un núcleo de hierro fijo, un núcleo de hierro fijo y otro móvil, un muelle de retorno, y contactos (borneras). Al alimentar la bobina con tensión esta genera un campo electromagnético que atrae al núcleo de hierro móvil hacia el núcleo de hierro fijo juntando los contactos de cada núcleo de hierro que van normalmente abiertos y pasando a posición normalmente cerrada, una vez que se desenergiza la bobina esta retorna a su posición inicial separando los núcleos y bornes por el empuje del muelle de retorno pasando a posición normalmente abierta.

La organización normalizadora IEC 947-4-1 define por su uso 4 categorías en contactores:

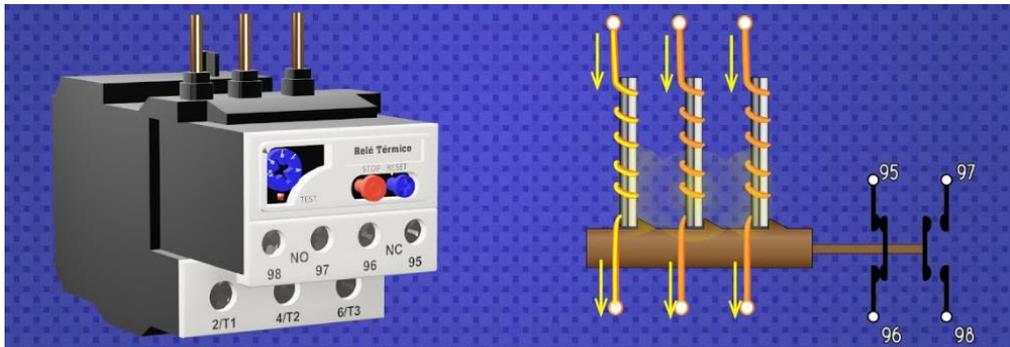
- AC-1 esta categoría incluye a todos los dispositivos que tengan un factor de potencia sea igual a 0.95 o mayor, por ejemplo; luminarias y calefacción.
- AC-2 esta categoría se emplean motores eléctricos que su corriente nominal no supere 2.5 veces de la intensidad nominal, en resumen, se emplea en motores donde su colector sea de anillos rozantes.
- AC-3 Es el más común y empleado donde el factor de potencia es 0.85, usado en motores jaula de ardilla, este contactor tiene la característica de soportar de 5 a 7 veces la corriente nominal del motor.
- AC-4 También se emplea de la misma forma que el AC3, solo que este es de una categoría muy superior, donde el funcionamiento de parada brusco o de funcionamiento intermitente.

### ***2.2.1.3 Relé térmico.***

Este es un dispositivo electromecánico que se encarga de proteger de las sobrecargas y recalentamiento de un motor, esto debido a que cuentan con una perilla de regulación donde se puede regular el rango de la corriente con que trabajara el motor, si la corriente que consume el motor es mayor al rango regulado en la perrilla, este desactivara el paso de corriente por medio de un contactor hacia el motor. Este solo trabaja en la etapa de control por lo que siempre ira acompañado de un contactor que trabajara en la etapa de potencia y desactivara el paso de altas corrientes, cuenta con contactos auxiliares y dos botones uno de test y otro de reset.

**Figura 12**

*Relé térmico*



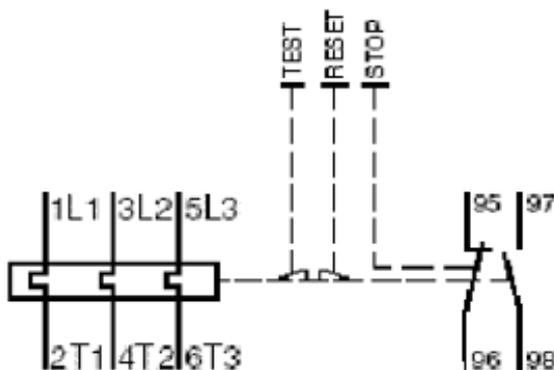
*Nota.* Vista de partes y funcionamiento. Fuente: Mecatrónico (2022)

El relé térmico protege al motor y garantiza:

- Evita que se sobrecarguen prolongando la vida útil de los motores.
- Evita que trabajen en un estado de sobrecalentamiento, por encima de su temperatura normal de trabajo.
- Evita grandes gastos al tener que reemplazar por un motor nuevo y tiempos perdidos al tener una maquina inoperativa.
- Después de que el relé térmico se haya desactivado por una sobrecarga garantiza una mejor seguridad a los equipos al volver a poner los en marcha puesto que se tendrá que revisar cual fue la causa de la falla

**Figura 13**

*Esquema de relé térmico*



*Nota.* Villajulca (2012)

Un relé térmico se utiliza para proteger a motores eléctricos de sobrecargas. durante el arranque no debe activarse cuando se produzca la corriente pico es decir cuando la corriente se eleva solo por fracciones de segundos y solo debe activarse cuando la corriente excede el tiempo de disparo, es decir cuando se produce una sobrecarga de corriente de tiempo prolongado o cuando la duración del arranque del motor es muy prolongada.

Un relé térmico es insensible a cambios de la temperatura entre los rangos de  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

#### **2.2.1.4 Guardamotor.**

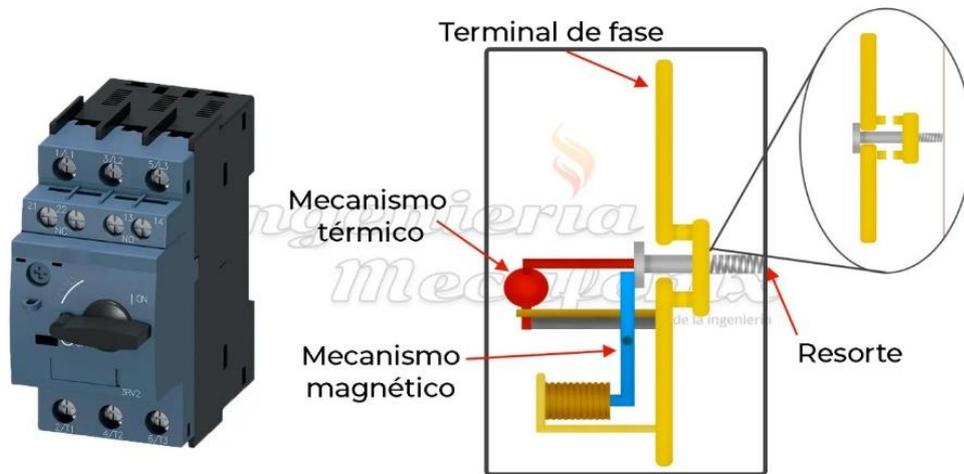
El guardamotor es la combinación de un relé térmico y un interruptor termomagnético su principal función para la cual fue diseñado es de proteger a los motores eléctricos, su trabajo es detectar sobrecargas y desactivarlo cuando este pase la curva de disparo, al igual que el relé térmico cuenta con una perilla en la cual se puede regular al rango de corriente de trabajo del motor y si sobrepasa esta corriente de trabajo este se desactivará automáticamente.

El guardamotor al ser la combinación de 2 dispositivos eléctricos, para un arranque directo puede trabajar directo con el motor sin la necesidad de un contactor, es decir red eléctrica, guardamotor y motor. Esto quiere decir que trabaja en 2 etapas (control y potencia)

También se desactiva por falla de fase. Esto quiere decir que cuando una de las 3 fases de alimentación del motor falla este se desactivara y apagara el motor.

**Figura 14**

*Guardamotor y su funcionamiento*



*Nota.* Partes del guardamotor. Fuente: Ingeniería Mecafenix (2017)

Su principal función es proteger a motores trifásicos, pero también puede proteger a motores monofásicos haciendo un arreglo de conexión para hacer que por todas las placas bimetálicas del guardamotor circulen la misma corriente.

### **Funcionamiento del guardamotor**

El guardamotor cuenta con 2 protecciones, de mecanismo magnético y de mecanismo térmico. al tener una bobina en su interior y una protección térmica ya que cuenta bimetales en su interior.

#### **Protección de mecanismo térmico:**

- en el interior del relé térmico cuenta con láminas bimetálicas en cada fase que actúan cuando sobre estas pasan una corriente mayor a las que estas laminas pueden soportar, las altas corrientes hacen calentar el bimetal haciendo que estas se empiecen a deformarse y despegarse los contactos que conectan a estas cortando el paso de corriente y desactivando mecánicamente el guardamotor.

- El guarda motor es capaz de soportar los picos de corriente de arranque que se produce al arrancar un motor eléctrico que puede ser 5 a 7 veces mayor la intensidad nominal del motor.
- Cuenta con una perilla que permite regular la corriente nominal a la que se dispara y produce el corte

### **Protección de mecanismo magnético**

- Cuenta con una bobina por cada fase que al producirse un corto circuito genera un campo electromagnético instantáneo que desactiva mecánicamente el guardamotor.
- El campo electromagnético generado por el corto circuito desactiva en milisegundos el guardamotor evitando así malograr el motor eléctrico.

#### ***2.2.1.5 Interruptor termomagnético.***

El interruptor termomagnético es el dispositivo de protección más común y más usado en instalaciones eléctricas, esto debido a su bajo costo en comparación a otros dispositivos y a su simplicidad para volver a activarse.

**Figura 15**

*Interruptor termomagnético*



*Nota.* En la figura se aprecia la forma física de un interruptor termomagnético. Fuente: Emacs (2021)

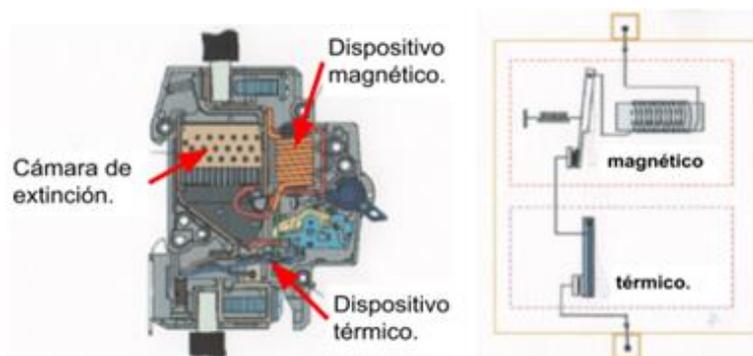
Se activa automáticamente cuando se produce un corto circuito, debido a que cuenta con un bobina que al producirse un corto circuito activa la protección magnética y este se desactiva automáticamente.

Vienen de diferentes capacidades, de acuerdo a la corriente nominal que pueden soportar Al igual que el guardamotor cuenta con un mecanismo protección magnética y térmica.

- Mecanismo de protección magnética: cuenta con una bobina que al producirse un corto circuito crea un campo electromagnético que desactiva el termomagnético
- Mecanismo de protección térmica: está compuesta de láminas bimetálicas que al calentarse se deforman cortando el paso de la corriente eléctrica. A diferencia del guardamotor y relé térmico, el interruptor termomagnético no cuenta con una perilla de regulación de corriente nominal. La protección térmica es fija no es regulable.

**Figura 16**

*Interruptor termomagnético*



*Nota.* En la imagen se muestra un interruptor termomagnético desde interior y por bloque de su funcionamiento. Fuente: Emacs (2021)

Se emplea en instalaciones eléctricas y domesticas como en industriales, con el fin de proteger y prolongar la vida útil de estas. Antiguamente para proteger las instalaciones eléctricas se usaban plomos como fusibles, pero esto quedo en la obsolescencia gracias los interruptores termomagnéticos por su practicidad al tener que restablecer el paso de la corriente eléctrica, ya que no hay que cambiar ni reemplazar nada, solo hay que encontrar y corregir la causa por la que el interruptor termomagnético se a disparado y subir la palanca de accionamiento.

#### ***2.2.1.6 Interruptor diferencial.***

El interruptor diferencial se emplea más en instalaciones domésticas y no tanto cuando se trata de instalaciones industriales específicamente de motores. Este interruptor se activa cuando hay fugas de corriente, se emplea más para proteger a las personas de electrocuciones puesto que este corta la corriente cuando hay una fuga a tierra o una electrocución.

Se clasifican por el tiempo de disparo y por la capacidad de corriente de disparo que pueden soportar, por su corriente de sensibilidad siendo la más común 30 mA. Pueden ser trifásicos como monofásicos

**Figura 17**

*Interruptor diferencial*

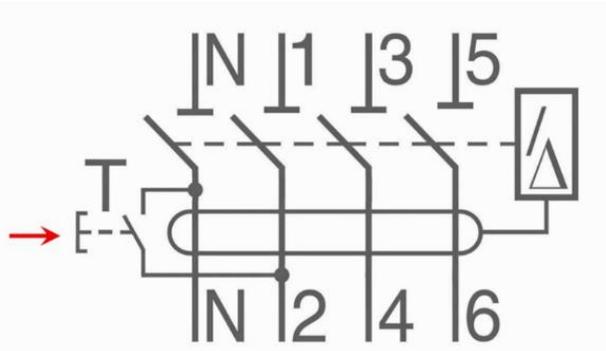


*Nota.* Vaello (2016)

- El interruptor diferencial cuenta con un núcleo toroidal en el que cuenta con una bobina de fase, una bobina de neutro, por estas 2 deben recorrer la misma intensidad de corriente.
- El interruptor diferencial detecta que la misma corriente que sale por la bobina de fase, debe de ser la misma que retorne por la bobina de neutro, cuando el interruptor diferencial detecta que no es la misma corriente que ingresa con la que sale, este activara el electroimán que lleva en su interior haciendo que baje la palanca de accionamiento y des energizando el circuito.
- Este se corta la energía eléctrica cuando detecta una fuga de corriente hacia tierra o una fuga de corriente producto de una electrocución.
- Para volver a activarlo solo hay que subir la palanca de accionamiento, la energía eléctrica no se restablecerá así se suba la palanca de accionamiento mientras no se corrija la falla y/o la fuga de corriente.

**Figura 18**

*Funcionamiento del botón test en interruptores diferenciales*



*Nota.* En la figura se muestra el símbolo de representación de un interruptor diferencial trifásico.

Fuente: Schneider Electric España (2012)

Los interruptores diferenciales tienen un botón de testeo, el cual se debe accionar trimestralmente para comprobar su buen funcionamiento y que este brinde la protección para la que está siendo empleada y garantice el buen funcionamiento del interruptor.

### **2.2.2 Conductores eléctricos.**

Todo aquel material que tiene la propiedad de conducir la energía eléctrica se le conoce como conductor eléctrico, su estructura atómica favorece el paso de la corriente eléctrica. Algunos de estos conductores tienen la propiedad de conducir la totalidad de la energía eléctrica al no poner resistencia a su paso, mientras que otros oponen resistencia a su paso y no la conducen con fluides reciben el nombre de materiales semiconductores.

Los materiales conductores que permiten el paso de la energía eléctrica con fluides son procesados y usados en la fabricación de cables eléctricos.

#### **2.2.2.1 Cable eléctrico.**

Los cables eléctricos son fabricados con materiales conductores de electricidad, con la finalidad de realizar instalaciones eléctricas.

El mejor metal conductor de energía eléctrica es el oro, pero debido a su alto precio resulta inviable la fabricación de cables eléctricos de oro, pero este si es usado en la industria electrónica y fabricación de computadoras y procesadores por su alta transmisión de datos a altas velocidades.

El otro metal más usado para la fabricación de cables eléctricos es el cobre por su alta conductividad después del oro y debido a su bajo precio en comparación del oro y su fácil accesibilidad, se emplea en toda instalación eléctrica tanto domesticas como también industriales.

El siguiente material más usado es el aluminio, este tiene un grado de conductividad por debajo del cobre, pero este solo se emplea para ser usados en altos voltajes, es decir se emplea en líneas de transmisión de media y alta tensión, pero este se usa con aleaciones de cobre, zinc, magnesio, manganeso, silicio, entre otros primando más en su composición el aluminio haciéndolo más resistente y adquiriendo mejores propiedades.

#### ***2.2.2.2 Tipos de aislantes para cables eléctricos.***

El aislante es la capa protectora que recubre el conductor eléctrico y se caracteriza de acuerdo a su aplicación o las condiciones a las que se verá expuesta; se utiliza para protegerlos del contacto entre los mismos cables o para proteger a las personas de corto circuitos, a las instalaciones, equipos, etc.

Algunos cables tienen diferentes tipos de aislamiento dependiendo de sus aplicaciones y algunos cables no llevan aislantes como por ejemplo el cable que se usa para alta tensión empleado en líneas de transmisión, o el cable que se usa para líneas de transmisión submarinas que lleva varios recubrimientos más conocidos

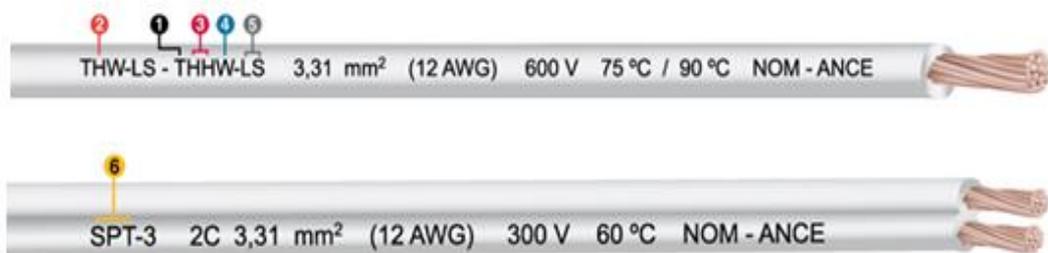
como enchaquetados, el que se emplea para transmisión de datos el cable utp, entre otros tipos más de aislamientos que existen y sus diferentes aplicaciones

Los aislantes más comunes que se emplean en las instalaciones eléctricas domesticas o industriales tienen unas abreviaturas las cuales describen sus características y propiedades, estas son grabados en la superficie del aislante, y son las que mencionamos a continuación:

- T: esto quiere decir que tiene un aislamiento termoplástico.
- X: nos dice que se trata de un aislamiento de polímero sintético barnizado.
- H: es un aislante resistente hasta 75° C
- HH: es un aislante resistente hasta 90°C
- W: es un aislante resistente al agua y la humedad
- UF: de uso exclusivo para subterráneos
- LS: este aislante tiene una baja emisión de gases contaminantes y humos
- N: es un aislante que tiene una cubierta de nylon

**Figura 19**

*Tipos de aislamiento*



*Nota.* Gordillo (2022)

### **2.2.2.3 Calibre.**

El espesor, diámetro de los alambres eléctricos y cables se suelen clasificar de acuerdo al sistema en el que vienen de fábrica, si hablamos del sistema AWG

(American Wire Gauge), decimos que un conductor es de calibre N° AWG, y si hablamos del sistema métrico decimal decimos que un conductor tiene una sección de N° mm<sup>2</sup>, actualmente en el mercado podemos encontrar de las dos clasificaciones. En la siguiente tabla podemos apreciar las equivalencias entre estas dos clasificaciones que también es válido.

**Tabla 1**

*Tabla de equivalencias entre mm<sup>2</sup> y AWG*

Sección en mm <sup>2</sup>	Calibre AWG
1.00	18
1.50	16
2.50	14
4.00	12
6.00	10
10	8
16	6
25	4
70	2/0
120	4/0

*Nota.* En la tabla se puede apreciar las equivalencias entre los conductores eléctricos. Fuente: Electrotec (2023)

En la siguiente figura veremos la capacidad de corriente que soportan los cables eléctricos a diferentes temperaturas, así esta forma será más útil seleccionar el calibre dependiendo el tipo de carga a aplicar.

**Figura 20**

*Amperaje soportado por los cables.*

Amperaje que soportan los cables de cobre					
Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C	60°C	
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT	
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado			Medida / calibre del cable	Amperaje soportado
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20 AWG	2 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A	18 AWG	10 A
10 AWG	30 A	30 A	30 A	16 AWG	13 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A	14 AWG	18 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A		
4 AWG	70 A	85 A	95 A		
3 AWG	85 A	100 A	115 A		
2 AWG	95 A	115 A	130 A		
1 AWG	110 A	130 A	145 A		
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A		
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A		

*Nota.* En la figura podemos apreciar la capacidad de corriente que soportan los cables a diferentes grados de temperatura. Fuente: Másvoltaje (2017)

### 2.2.3 Bobinas de disparo.

Estos dispositivos electromagnéticos se utilizan en combinación de interruptores automáticos de caja moldeables ya que se instalan en su interior, su función es desactivar el interruptor automático generando un campo electromagnético al presionar un botón que es una parada de emergencia

Su función principal es desenergizar el circuito eléctrico en una emergencia

**Figura 21**

*Bobina de disparo*



*Nota.* En la figura se muestra una bobina de disparo. Fuente: SyZ Cominza (2024)

## **CAPÍTULO III**

### **CONTRIBUCIONES Y PROGRESO DE LA EXPERIENCIA**

#### **3.1. Contribuciones empleando los fundamentos teóricos obtenidos en la formación académica.**

Siendo Bachiller en ingeniería mecánica eléctrica poseo una sólida formación en los principios fundamentales de la electricidad, el magnetismo, la mecánica y la electrónica, lo que me permite realizar valiosos aportes en el cálculo de dispositivos electromecánicos para el arranque de motores eléctricos. En este capítulo se detallan algunos de los primordiales aportes que pude realizar en este campo.

##### **3.1.1. Selección y dimensionamiento de dispositivos electromecánicos:**

a) Análisis de las características del motor.

Los bachilleres podemos analizar las características del motor eléctrico, como su potencia, par, velocidad y tipo de rotor, para seleccionar adecuadamente los dispositivos electromecánicos necesarios para su arranque.

b) Cálculo de corrientes y voltajes.

También podemos calcular las corrientes y voltajes que circularán por los dispositivos electromecánicos durante el arranque del motor, lo que les permite

dimensionar correctamente los componentes y garantizar su correcto funcionamiento.

c) Selección de protecciones.

Así también podemos seleccionar las protecciones adecuadas para los dispositivos electromecánicos, como relés térmicos y magnéticos, para proteger el motor y los componentes del circuito contra posibles daños durante el arranque y la operación normal.

### **3.1.2 Diseño y optimización de circuitos de arranque.**

a) Análisis de diferentes métodos de arranque.

Además, hemos podido analizar diferentes métodos de arranque de motores eléctricos, como arranque directo, arranque con resistencia externa, arranque con autotransformador y arranque suave, para seleccionar el método más adecuado para cada aplicación específica.

b) Diseño de circuitos de control.

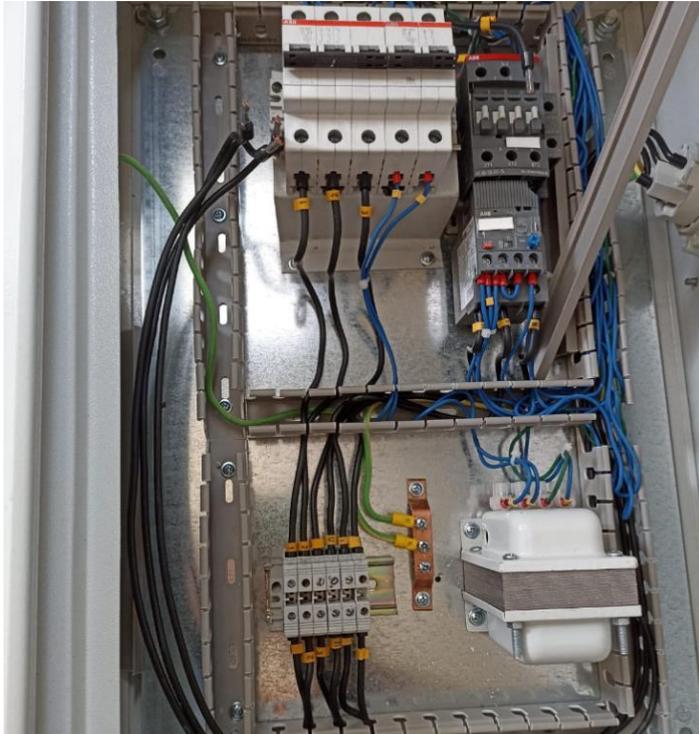
Como bachiller en ingeniería mecánica eléctrica pude diseñar circuitos de control para los dispositivos electromecánicos del arrancador, utilizando diagramas eléctricos y software de simulación, para garantizar una secuencia de arranque adecuada y segura.

c) Optimización del rendimiento del arranque.

Así mismo se pudo optimizar el rendimiento del arranque del motor eléctrico, minimizando el tiempo de arranque, las corrientes de arranque y las caídas de voltaje, para un mejor rendimiento y un prolongado funcionamiento del motor.

**Figura 22**

*Tablero de arranque de motor eléctrico trifásico 460V*



*Nota.* Tablero para bomba sumergible. (2023)

### **3.1.3 Análisis y solución de problemas en circuitos de motores eléctricos.**

#### **a) Diagnóstico de fallas.**

Trabajando en equipo logramos diagnosticar fallas en los dispositivos electromecánicos, circuitos de control y de potencia, utilizando instrumentos de medición y técnicas de análisis de señales diagramas unifilares, esquemas de conexión de componentes, analizando el funcionamiento de cada uno de los componentes.

#### **b) Solución de problemas.**

También pudimos proponer soluciones a los problemas identificados en los circuitos eléctricos y componentes que lo conforman, así como también en motores

eléctricos, implementando modificaciones en los circuitos de control, reemplazando componentes defectuosos o ajustando los parámetros de operación.

c) Prevención de fallas.

De otro lado se pudo implementar medidas preventivas para evitar fallas en los arrancadores de motores eléctricos, realizando mantenimientos periódicos, programando pruebas de funcionamiento y capacitando al personal operativo.

#### **3.1.4 Desarrollo de nuevas tecnologías de arranque.**

A. Investigación de nuevos métodos de arranque.

Logramos tener opción de investigar nuevos métodos de arranque de motores eléctricos, utilizando tecnologías emergentes como la electrónica de potencia y los controladores programables.

B. Diseño de dispositivos de arranque innovadores.

Con el apoyo de los técnicos logramos diseñar dispositivos de arranque innovadores que sean más eficientes, confiables y económicos que los métodos tradicionales.

C. Implementación de tecnologías de vanguardia.

Como bachiller también pude implementar tecnologías de vanguardia en el campo del arranque de motores eléctricos, como la inteligencia artificial y en un futuro controlar y monitorear datos desde el celular mediante la implementación del internet, optimizando así el rendimiento y la eficiencia de los sistemas de arranque.

### **3.2 Desarrollo de experiencias**

#### **3.2.1 Caso Práctico n°1.**

Centrifuga de 15 kg no cuenta con dispositivos de protección

**Figura 23**

*Centrifugadora*



*Nota.* Centrifugadora, hospital de contingencia Moquegua. (2021)

***Datos del motor:***

- Marca : Hans groters krefeld
- Conexión : triangulo
- Tensión : 220 v
- Potencia : 1.15 kw
- Modelo: MR 44/18
- Corriente : 5.9 A
- Cosφ :0.74
- Frecuencia : 60 hz
- Eficiencia : 60%

***3.2.1.1 Cálculo de la potencia de entrada.***

Con el fin de determinar la potencia de entrada usaremos la ecuación 1.

$$P_{ent} = \frac{P_{sal}}{\eta}$$

Reemplazando los datos anteriores tenemos.

$$P_{ent} = \frac{1.15 \text{ kw}}{0.6}$$

$$P_{ent} = 1.92 \text{ kw}$$

### **3.2.1.2 Cálculo de intensidad de entrada.**

Con el fin de determinar la intensidad de entrada usaremos la ecuación

$$I = \frac{P_{ent}}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi}$$

Reemplazando los datos anteriores tenemos.

$$I = \frac{1.92 \text{ kw}}{\sqrt{3} \cdot 220v \cdot 0.74}$$

$$I = 6.81 \text{ Amp}$$

### **3.2.1.3 Cálculo de intensidad de servicio.**

El fs. o intensidad de servicio es la protección de los motores. Cuando el motor está funcionando tiene una potencia nominal y factor de servicio de 1,00, pero si en la placa de identificación aparece un fs de 1,15, quiere decir que este está diseñado para trabajar a un 15 % adicional de la potencia nominal.

Para el cálculo de la intensidad de entrada usaremos la ecuación

$$I_a = I_n \cdot Fs$$

Reemplazando los datos anteriores tenemos y por tabla, tenemos que el factor de servicio es de 1,15

$$I_a = 6,81 \text{ Amp} \cdot 1,15$$

$$I_a = 7,83 \text{ Amp}$$

### 3.2.1.4 Selección de contactor.

Para la selección del contactor adecuado tenemos que considerar la categoría de trabajo debemos de tener en cuenta lo que nos dice la comisión electrotécnica internacional (IEC) 60947-4-1, ver figura 24

Para este caso elegimos el de categoría AC-3 porque la descripción se acercarse a lo requerimos.

Ahora debemos de tener en cuenta la potencia del motor. de los cálculos anteriores tenemos que es:

$$P_{ent} = 1.92 \text{ kw}$$

$$P_{ent} = \frac{1.92 \text{ kw}}{0.746}$$

$$P_{ent} = 2.57 \text{ hp}$$

Buscamos en la tabla N° 1

**Figura 24**

Contadores tripolares TeSys D

Contadores LC1D09 a LC1D150.

220V HP	440V HP	Amperios		Contactos Auxiliares	Tensión Bobina	Referencia TeSys	Precio S/.	Cantidad Indivisible
		AC3	AC1					
3	5.5	9	25	1NA+1NC	24VAC	LC1D09B7	104.00	1
3	5.5	9	25	1NA+1NC	48 VAC	LC1D09E7	104.00	1
3	5.5	9	25	1NA+1NC	110 VAC	LC1D09F7	104.00	1
3	5.5	9	25	1NA+1NC	220 VAC	LC1D09M7	99.50	1
3	5.5	9	25	1NA+1NC	380 VAC	LC1D09Q7	104.00	1
3	5.5	9	25	1NA+1NC	440 VAC	LC1D09R7	104.00	1
4	7.5	12	25	1NA+1NC	24VAC	LC1D12B7	119.00	1
4	7.5	12	25	1NA+1NC	48 VAC	LC1D12E7	119.00	1

Nota. En la figura vemos un extracto del catálogo TeSys D de la sección de contactores. Fuente: schneider electric (2012)

### 3.2.1.5 Selección de relé térmico.

El motor consume una corriente nominal de 6.8 A por lo tanto de debe seleccionar un relé térmico que tenga la regulación entre ese rango, para ello

utilizaremos el catálogo de Schneider, buscamos en la sección de regulación y elegimos el que se encuentre en ese rango, para este caso elegimos el LR12

**Figura 25**

*Contactores tripolares TeSys D*

Regulación (A)	Para montaje Sobre contactor LC1	Referencia para asociación con contactor TeSys	Precio S/.	Cantidad Indivisible
0.25 - 0.40	D09 - D38	<b>LRD03</b>	154.00	1
0.40 - 0.63	D09 - D38	<b>LRD04</b>	154.00	1
0.63 - 1	D09 - D38	<b>LRD05</b>	154.00	1
1 - 1.6	D09 - D38	<b>LRD06</b>	154.00	1
1.6 - 2.5	D09 - D38	<b>LRD07</b>	157.00	1
2.5 - 4	D09 - D38	<b>LRD08</b>	157.00	1
4 - 6	D09 - D38	<b>LRD10</b>	157.00	1
5.5 - 8	D09 - D38	<b>LRD12</b>	157.00	1
7 - 10	D09 - D38	<b>LRD14</b>	157.00	1
9 - 13	D12 - D38	<b>LRD16</b>	157.00	1

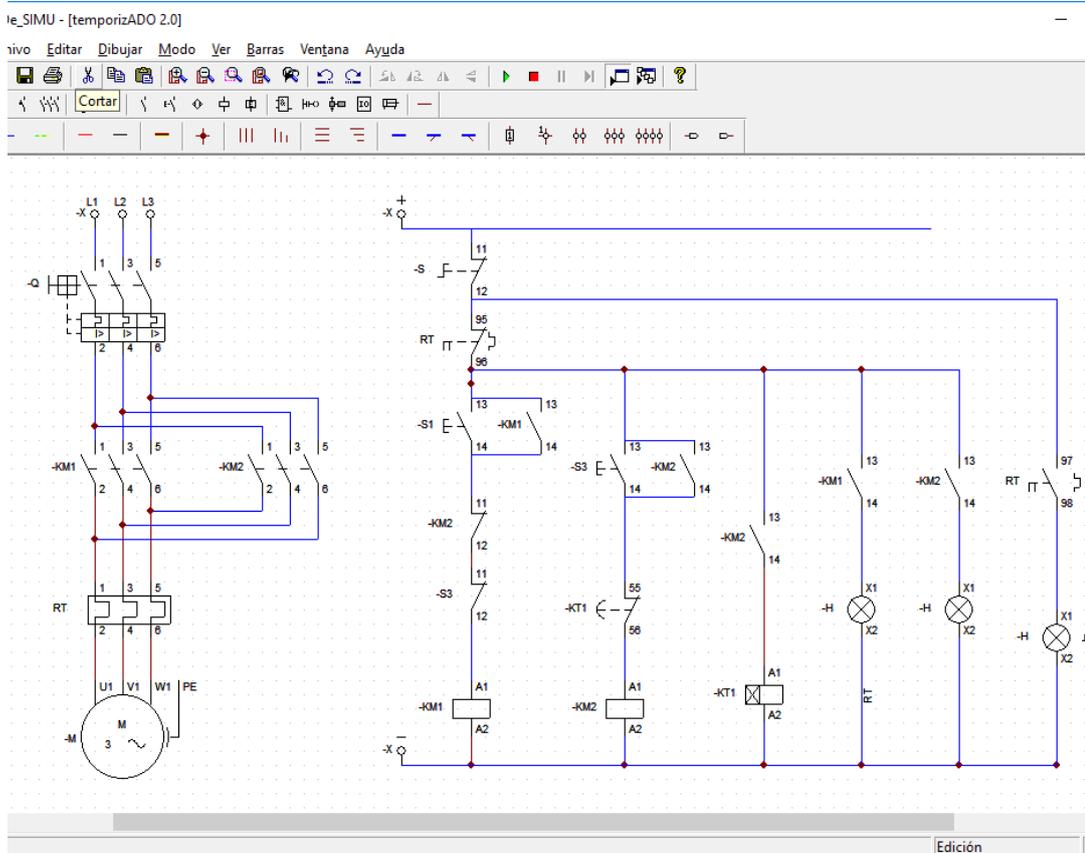
*Nota.* en la figura vemos un extracto del catálogo TeSys D de la sección de relé térmico. Fuente: schneider electric (2012)

### 3.2.2 Caso Práctico N°2.

Se requiere realizar el frenado de la secadora centrifuga por contra corriente, realizar el circuito de fuerza y de mando para su posterior implementacion

**Figura 26**

*CADe\_SIMU*



*Nota.* Aplicación de cade simu para elaboración de tablero de bomba sumergible. (2023)

### 3.2.3 Caso Práctico N°3.

Se tiene bomba de lodo sumergible que se usa para bombear agua y lodo de la presa de relaves hacia el área de drenes. Se desea hacer la compra del tablero de control para esta bomba, especificar los componentes necesarios y su dimensionamiento adicionalmente realizar el circuito de control y de potencia y lo que se requiera para un funcionamiento continuo para la elaboración de tablero de control.

**Figura 27**

*Electrobomba sumergible*



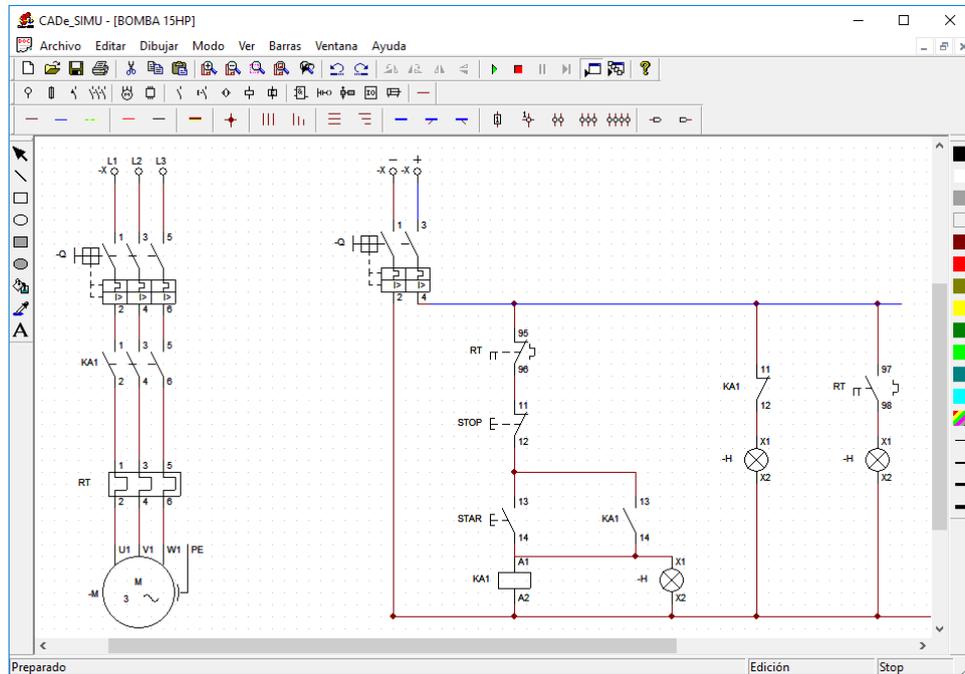
*Nota.* Área de relaves, Quellaveco. bomba sumergible para succionar relaves. (2024)

**Datos de la bomba:**

- MARCA: MADSON
- H.P.: 15
- RPM: 1800
- VOLTAJE: 460
- FASES: 3
- HZ: 60
- S.F :1.15
- CORRIENTE: 20
- PESO: 383
- CAUDAL: 30 M<sup>3</sup>.HR

**Figura 28**

*CADe\_simu*



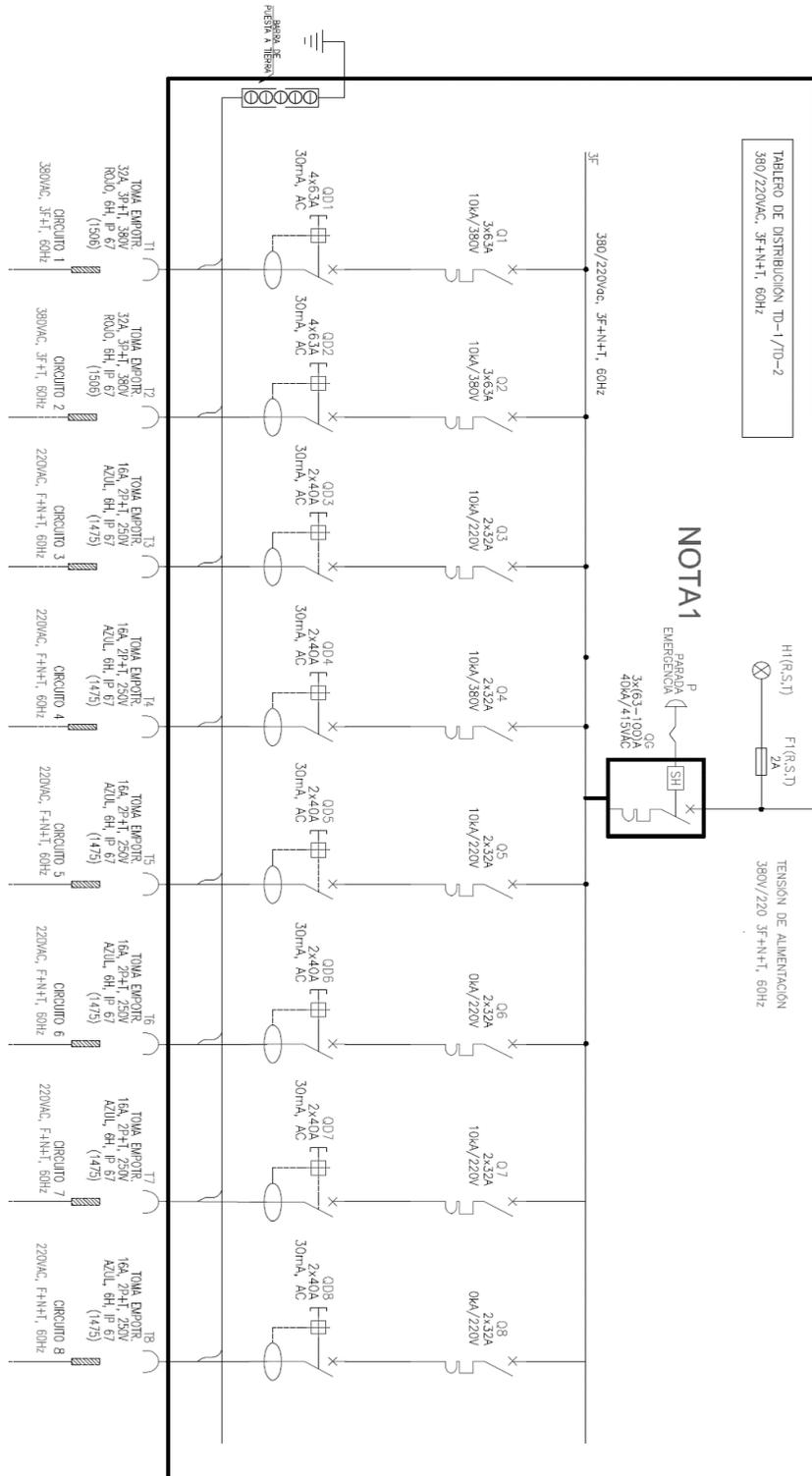
*Nota.* Uso de aplicación cade simu para la elaboración de tablero de control de electrobomba sumergible. (2023)

### 3.2.4 Caso Práctico N°4.

Se requiere adquirir un tablero eléctrico de distribución para el área de geo sintéticos, con las siguientes especificaciones: alimentación trifásica 380 /220VCA 3F+N+T 60Hz, dos salidas trifásicas con toma industrial empotrable, 6 salidas monofásicas con toma industrial empotrable, diseñar el diagrama unifilar, especificar la cantidad de los componentes y la capacidad de estos: Leister 1600 W, Esmeril 850 W, Extrusora 3300 W.

**Figura 39**

*Diagrama unifilar de tablero eléctrico*



*Nota.* Uso de aplicación cade simu para la elaboración de tablero de control de electrobomba sumergible. (2024)

**Figura 30**

*Tablero eléctrico para maquina termofusión 618*



*Nota.* circuito de mando para maquina de termofusion. (2023)

**Figura 31**

*Maquina termofusión 618*



*Nota.* en la figura podemos apreciar una maquina de termofusion sobre ruedas para tuberia hdpe de 6'' a 18''. (2023)

### **3.2.5 Requerimiento de personal.**

El personal requerido para efectuar cálculos de dispositivos electromecánicos para arranque de motores eléctricos depende de la inmensidad del proyecto y la dificultad, Sin embargo, hemos laborado el siguiente personal:

#### ***3.2.5.1 Bachiller mecánico eléctrico.***

Estuve como responsable del diseño general del sistema de arranque del motor, incluyendo la selección de los dispositivos adecuados, el dimensionamiento de los componentes y efectuar los cálculos requeridos. Por lo cual es necesario tener un conocimiento profundo de los principios de la electricidad, los motores eléctricos y los dispositivos de control.

#### ***3.2.5.2 Técnico electricista.***

El técnico electricista es responsable del montaje, de la puesta en marcha, operación y de las labores de mantenimiento de todo el sistema eléctrico. Debe tener experiencia práctica con el trabajo eléctrico y estar familiarizado con los códigos y estándares de seguridad aplicables.

### **3.2.6 Herramientas y materiales de trabajo.**

Los instrumentos, materiales y logística requeridos para efectuar los cálculos de dispositivos electromecánicos para el arranque de motores eléctricos varían dependiendo la proporción, cantidad y la dificultad del proyecto. Sin embargo, en general, se recomienda lo siguiente:

#### ***3.2.6.1 Herramientas.***

- **Calculadora.** Una calculadora científica o de ingeniería es esencial para realizar los cálculos necesarios.

- **Computadora.** Una computadora con software de diseño asistido por computadora (CAD) puede ser útil para crear diagramas y modelos del sistema de arranque del motor.
- **Osciloscopio.** Un osciloscopio puede utilizarse para medir las señales eléctricas del sistema de arranque del motor.
- **Multímetro.** Un multímetro se utiliza para medir parámetros eléctricos como tensión eléctrica, intensidad de corriente, resistencia, continuidad de los componentes eléctricos y del motor.
- **Pinzas amperimétricas.** Las pinzas amperimétricas pueden utilizarse para medir la corriente sin necesidad de interrumpir el circuito.
- **Termómetro.** Un termómetro puede utilizarse para medir la temperatura del motor y de los componentes del sistema de arranque.

#### **3.2.6.2 Materiales.**

- **Papel y lápiz.** El papel y el lápiz siguen siendo herramientas valiosas para tomar notas y realizar cálculos simples.
- **Libros de referencia.** Hay muchos libros de referencia disponibles sobre el tema del arranque de motores eléctricos.
- **Códigos y estándares.** Es importante consultar los códigos y estándares locales aplicables al diseño e instalación del sistema de arranque del motor.
- **Diagramas esquemáticos.** Los diagramas esquemáticos son esenciales debido a que gracias a ellos podemos entender el funcionamiento y solucionar fallas de los circuitos eléctricos y de las conexiones del motor.
- **Especificaciones del motor.** Las especificaciones del motor deben consultarse para determinar los requisitos de arranque del motor.

- **Especificaciones del dispositivo.** Las especificaciones del dispositivo deben consultarse para seleccionar los dispositivos adecuados para el sistema de arranque del motor.

### 3.2.7 Presentación de los resultados.

Los resultados esperados luego de efectuar cálculos de dispositivos electromecánicos para arranque de motores eléctricos son los siguientes:

#### 3.2.7.1 Selección de dispositivos adecuados.

Los cálculos ayudarán a seleccionar los dispositivos apropiados para el funcionamiento del circuito eléctrico y de todos sus componentes incluyendo al motor eléctrico.

- **Método de arranque.** Cuando se trata de motores eléctricos de poca potencia opta por un arranque directo, el tipo de arranque más usado es el de estrella- triángulo, por su simplicidad y ser el más económico en comparación de otros dispositivos de arranque.
- **Relés térmicos.** Los relés térmicos se usan para proteger a los motores eléctricos de sobrecargas y se seleccionara de acuerdo a la corriente nominal del motor eléctricos.
- **Fusibles.** Los fusibles se seleccionarán para proteger a los conductores eléctricos y otros componentes del circuito eléctrico de corto circuitos.
- **Contactores.** Se usan por que trabajan en conjunto con los relés térmicos porque estos actúan en la etapa de potencia y se encargan de hacer la desconexión física de la energía eléctrica a los motores.
- **Interruptor termomagnético.** Se encarga de proteger el circuito eléctrico principalmente de corto circuitos

- **Relé de fallo por fase.** se emplean básicamente para proteger a los motores trifásicos de una mala conexión entre sus fases; una mala conexión entre sus fases puede ocasionar que el motor gire en sentido opuesto. Este dispositivo evitara que el motor gire en sentido opuesto.
- **Arrancadores suaves.** Su principal función es que el motor eléctrico arranque a una menor capacidad, evitando los picos de corrientes elevados producidos al arrancar el motor.

### ***3.2.7.2 Dimensionamiento de componentes.***

Los cálculos ayudarán a dimensionar los componentes del sistema de arranque del motor, incluyendo:

- **Cables.** La sección de los cables se determinará basándose en la corriente total que recorrerá la instalación eléctrica, haciendo un cuadro de cargas.
- **Conductos.** El tamaño de los conductos se seleccionará para proteger los cables del daño mecánico y ambiental.
- **Dispositivos de control.** Los dispositivos de control se dimensionarán para manejar la corriente de arranque del motor y las características de la red eléctrica.

### ***3.2.7.3 Optimización del rendimiento del sistema.***

Los cálculos ayudarán a optimizar los recursos a la hora de comprar todos los dispositivos y materiales que se requiera para una instalación eléctrica y mejorar la confiabilidad y estos incluyen:

- **Corriente de arranque.** El circuito eléctrico debe estar diseñado para poder soportar esta corriente de arranque del motor.

- **Tiempo de arranque.** El tiempo de arranque del motor se predecirá para asegurarse de que es adecuado para la aplicación.
- **Par de arranque.** Al arrancar el motor este producirá un alto par de arranque debido a la elevada corriente de arranque, para romper la inercia del motor al estar conectado a un mecanismo de trabajo, el par de arranque ira disminuyendo a medida q el motor alcance sus condiciones normales de trabajo, asegurarse de que es suficiente para la carga.

#### ***3.2.7.4 Protección puesta a tierra.***

La puesta a tierra de motores eléctricos es una medida de seguridad fundamental para proteger tanto a las personas como a los equipos contra descargas eléctricas, cortocircuitos y otros fallos. La puesta a tierra de motores eléctricos es importante por varias razones:

- **Protección contra descargas eléctricas.** Si un motor no está conectado a tierra, una persona que lo toque accidentalmente mientras está energizado puede recibir una descarga eléctrica grave o incluso mortal. La puesta a tierra al tener una muy baja resistencia ayuda a que la electricidad no se quede atrapada en una maquina o artefacto ya que esta baja resistencia hará que la electricidad se descargue en tierra física, esto evitara descargas eléctricas y hasta muertes por electrocución
- **Reducción del ruido eléctrico.** Los motores eléctricos pueden generar ruido eléctrico, que puede interferir con otros equipos electrónicos. La puesta a tierra ayuda a reducir este ruido eléctrico.
- **Cumplimiento de normas.** La puesta a tierra en el Perú es obligatoria para todos los comercios que empleen artefactos electrodomésticos e industrias

y su resistencia no debe exceder de 25 ohm, siendo lo más cercano a 1 ohm lo más optimo. Según el código nacional de electricidad y suministros se puede emplear más de una puesta a tierra y que estas conectadas entre sí no debe exceder los 6 ohm.

**Figura 32**

*Puesta a tierra de motor eléctrico*



*Nota.* en la figura se puede apreciar el proceso terminado de la soldadura exotermica.(2024)

## CONCLUSIONES

- Primera.** En este trabajo de suficiencia se determinó la selección correcta de interruptor termomagnético, interruptor diferencial, relé térmico, contactores para protección de motores eléctricos. Porque esto ayuda a proteger y prolongar el tiempo de vida de los componentes electromecánicos y eléctricos. por un mal dimensionamiento estos puedan deteriorarse y fallar.
- Segunda.** Se debe hacer un buen dimensionamiento eléctrico para que las instalaciones eléctricas y los componentes puedan seguir funcionando con las cargas eléctricas que se va poner en los circuitos el resto de su vida útil. Para ello se debe realizar un cuadro de cargas con las que se van a trabajar para hacer un correcto dimensionamiento. Es por lo antes mencionado se debe hacer un buen dimensionamiento de los conductores eléctricos y de los materiales.
- Tercera.** Cabe resaltar que cuando hago un correcto dimensionamiento puedo ahorrar tanto en el costo total de conductores eléctricos, así como en la parte industrial en circuitos de potencia y de control.
- Cuarta.** Gracias a la ayuda de software ahora es más fácil diseñar circuitos y probarlos, sin la necesidad de comprar todos los componentes eléctricos ir a comprarlos.
- Quinta.** Tener en cuenta la calidad de los materiales importados que pueden ser de muy baja calidad y pueden poner en riesgo la instalación eléctrica existente.

## RECOMENDACIONES

- Primera.** Durante mi jornada laboral, me ha sido muy común encontrar tableros eléctricos en los que sus componentes eléctricos estaban muy sobredimensionados para la poca corriente eléctrica que recorría en sus circuitos.
- Segunda.** Hay que tener en cuenta los diferentes niveles de tensión, tanto en baja media y alta tensión, para caso práctico del presente informe, comentar que se trabajó con voltajes trifásicos de 220, 380 y 460, cabe resaltar la importancia de saber identificar y diferenciar para hacer cambio de voltajes en los bornes de los grupos electrógenos.
- Tercera.** Promover una costumbre cultura de tener limpia y ordenada las áreas de trabajo, incluyendo el taller de mantenimiento y las áreas de mantenimiento en los desplazamientos al sitio.
- Cuarta.** Revisar periódicamente los manuales de usuarios proporcionado por los fabricantes, todos los equipos deben de tener sus manuales y deben ser de libre acceso, así como las especificaciones técnicas de los fabricantes realizando la medición de parámetros eléctricos y comparando los valores obtenidos con valores anteriores.
- Quinta.** Realizar pausas activas, realizando actividades repetidas durante un largo período de tiempo relacionadas con el trabajo en la instalación y en diferentes áreas y condiciones de trabajo.
- Sexta.** Inspeccionar y verificar el estado en que llegan los equipos al lugar de trabajo y dar seguimiento si se encuentran desviaciones y condiciones anómalas.

**Séptima.** Con los avances tecnológicos cada día es más difícil dar soluciones a problemas que industriales, por tal razón hay que estar revisando información y actualizarse para no quedar desfasados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azahar Equipos S.L. (01 de abril de 2021). *¿Que nos dicen los datos de la placa de motor eléctrico?* Recuperado de <https://www.motorelectricoenstock.com/blog/noticias/motor-electrico-en-stock-analiza-los-datos-que-se-pueden-extraer-de-una-placa-de-un-motor-electrico-cemer>
- Coparoman. (20 de septiembre de 2014). *Motores eléctricos trifásicos de 6 terminales.* Recuperado de <https://coparoman.blogspot.com/2014/09/motores-electricos-trifasicos-de-6.html>
- Curiosoando. (25 de octubre de 2019). *Que diferencia la corriente alterna y continua.* Recuperado de <https://curiosoando.com/cual-es-la-diferencia-entre-corriente-alterna-y-continua>
- Electrotec. (12 de julio de 2023). *Cuadro de equivalencia para la medida de cables electricos entre mm2 y AWG.* Recuperado de [https://web.facebook.com/photo.php?fbid=645061840991421&id=100064628324379&set=a.592188209612118&\\_rdc=1&\\_rdr](https://web.facebook.com/photo.php?fbid=645061840991421&id=100064628324379&set=a.592188209612118&_rdc=1&_rdr)
- Electrotecnia. (11 de septiembre de 2014). *Electricidad.* Recuperado de <http://electricidadalejandroorozco.blogspot.com/p/electrotecnia.htm>
- Emacs. (28 de junio de 2021). *¿Cómo funcionan los interruptores termomagnéticos?* Recuperado de <https://emacsstores.com/como-funcionan-los-interruptores-termomagneticos/>
- Fravedsa. (18 de noviembre de 2014). *Tensiones y corrientes de fase y de linea.* Recuperado de <https://ingenieriaelectricafravedsa.blogspot.com/2014/11/tensiones-corrientes-fase-linea.html>

- Gordillo, C. (01 de julio de 2022). *Nomenclatura de cables electricos*. Recuperado de <https://es.scribd.com/presentation/580707829/Nomenclatura-de-cables-electricos>
- Guedez, C. D. (2021). *Puesta en marcha de un variador de frecuencia para bombeo solar*. Recuperado de <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/29402>
- Ingeniería Mecafenix. (29 de marzo de 2017). *¿Que es un contactor eléctrico y como funciona.* Recuperado de <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/control/contactor-electrico/>
- Ingeniería Mecafenix. (29 de marzo de 2017). *Que es un guardamotor y como funciona.* Recuperado de <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/control/guardamotor/>
- Inventable.eu. (s.f.). *Ley ohm*. Recuperado de [https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSIK7KFzsUsX\\_G4sIhdqqApmMISuexmEL9Kb8DXAiQgoZtlSdVwrWvPEPgbzzcP0X3cgQs&usqp=CAU](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSIK7KFzsUsX_G4sIhdqqApmMISuexmEL9Kb8DXAiQgoZtlSdVwrWvPEPgbzzcP0X3cgQs&usqp=CAU)
- Másvoltaje. (enero de 2017). *Que tipos de cables electricos existen*. Recuperado de <https://masvoltaje.com/blog/analisis-de-productos/tipos-de-cables-electricos-que-existen>
- Mecatrónico, N. (08 de marzo de 2022). *Relé térmico partes y funcionamiento*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=O0WmTqiFmMI>
- Melendez, M. (21 de febrero de 2021). *Tecnología eléctrica*. Recuperado de <https://tecnologiaelectricaiut.blogspot.com/2021/02/como-interpretar-los-datos-de-una-placa.html>
- Moquegua Noticias. (3 de octubre de 2020). *Hospital de contingencia moquegua atiende en horario de mañana y tarde*. Recuperado de <https://moqueguanoticias.pe/hospital-de-contingencia-moquegua-atiende-en-horario-de-manana-y-tarde>

- Ney. (06 de agosto de 2019). *Ejercicio movimiento armonico simple*. Recuperado de <https://ney.one/fisica-ii-ejercicio-de-movimiento-armonico-simple-06/>
- Paco. (27 de Noviembre de 2016). *Terminales del motor monofásico fase partida*. Recuperado de <https://coparoman.blogspot.com/2016/11/terminales-del-motor-monofasico-de-fase.html>
- Pérez, S. R. T. (24 de abril de 2014). *Motores Eléctricos (página 2)*. Recuperado de <https://www.monografias.com/trabajos93/motores-electricos/motores-electricos2>
- Promet. (2016). *Promet*. Recuperado de [https://promet.com.pe/\\_old/](https://promet.com.pe/_old/)
- Schneider Electric España. (14 de febrero de 2012). *Funcionamiento del boton test en interruptores diferenciales*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=uSAeVKjaA5c>
- Schneider electric. (2012). *Catalogo acti9 español*. Recuperado Schneider electric industries SAS.
- SyZ Cominza. (s.f.). *Bobina de disparo*. Recuperado de <https://tienda.syzcominsa.pe/descarga-de-subtension-mn-compact-nsx-powerpact-multistandard-easypact-cvs-voltaje-nominal-220-a-240-vac-50-60-hz-208-a-277-vac-60-hz>
- Tirado, S. (12 de abril de 2012). *Motores electricos*. Recuperado de <https://www.monografias.com/trabajos93/motores-electricos/motores-electricos2>
- Universidad Nacional de San Juan. (Mayo de 2020). *Fisica aplicada*. Recuperado de <https://fisica-aplicada.faud.unsj.edu.ar/wp-content/uploads/2020/05/Electricidad-y-magnetismo-20.pdf>
- Vaello, J. R. (2014). *El interruptor automatico*. Recuperado de <https://automatismoidustrial.com/curso-carnet-instalador-baja-tension/a->

instalaciones-de-enlace/3-1-elementos-de-proteccion/3-1-1-el-magnetotermico/

Vaello, J. R. (2016). *El Diferencial*. Recuperado de <https://automatismoidustrial.com/curso-carnet-instalador-baja-tension/a-instalaciones-de-enlace/3-1-elementos-de-proteccion/3-1-el-diferencial/>

Villajulca, J. C. (29 de marzo de 2012). *Dispositivos de mando y pretección de motores*. Recuperado de <https://instrumentacionycontrol.net/el-contactor-el-amigo-de-los-motores/>

Wikipedia. (octubre de 2023). *Corriente alterna*. Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Corriente\\_alterna](https://es.wikipedia.org/wiki/Corriente_alterna)

Zúniga, P. (29 de marzo de 2015). *La principal aplicacion de los circuitos trifasico*. Recuperado de <https://instalacioneselectricasresidenciales.blogspot.com/2013/05/la-principal-aplicacion-de-los.html>