



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

**Implementación de un banco de pruebas para motores trifásicos de 220 VAC  
y 24 VDC para prueba de sensores en el taller de mantenimiento de la empresa  
Agua Mineral San Felipe.**

Zamora Tenorio, Mario Fabricio

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Electromecánica

Ing. Parreño Olmos, José Alfredo

3 de febrero del 2022

Latacunga



## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

### CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA

#### CERTIFICACIÓN

Certifico que la Monografía de titulación **“Implementación de un banco de pruebas para motores trifásicos de 220 VAC y 24 VDC para prueba de sensores en el taller de mantenimiento de la empresa Agua Mineral San”**, fue realizado por el señor **Zamora Tenorio Mario Fabricio**, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad; por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 03 de febrero del 2022.

---

Ing. Parreño Olmos, José Alfredo

C.C.: 0502337181



PROYECTO\_TECNICO\_MARIO ZAMORA\_BAMCO DE PRUEBAS...

Scanned on: 3:39 February 3, 2022 UTC

3.2%  
Overall Similarity Score

12  
Results Found

12875  
Total Words in Text

Identical Words	210
Words with Minor Changes	143
Paraphrased Words	55
Omitted Words	0



Ing. Parreño Olmos, José Alfredo

C.C.: 0502337181



## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

### CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA

#### RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Zamora Tenorio, Mario Fabricio**, con cedula de identidad **N°0503782096**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“Implementación de un banco de pruebas para motores trifásicos de 220 VAC y 24 VDC para prueba de sensores en el taller de mantenimiento de la empresa Agua Mineral San”**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 03 de febrero del 2022

---

Zamora Tenorio, Mario Fabricio

C.C.: 0503782096



## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

### CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA

#### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Zamora Tenorio, Mario Fabricio** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE publicar la monografía: **“Implementación de un banco de pruebas para motores trifásicos de 220 VAC y 24 VDC para prueba de sensores en el taller de mantenimiento de la empresa Agua Mineral San”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 03 de febrero del 2022.

---

Zamora Tenorio, Mario Fabricio

C.C.: 0503782096

## **Dedicatoria**

Una meta es un sueño con fecha de entrega. Napoleón Hill.

El presente trabajo de titulación va dedicado en primer lugar a mi papá que desde el cielo me guía y me bendice, a mi mamá que, con su infinito amor, paciencia ha sabido guiarme y hacer de mi un hombre humilde y lleno de valores.

**Zamora Tenorio, Mario Fabricio**

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por haberme dado la vida y la dicha de tener una familia, a mi Abuelita Rogelia que ha sido mi pilar fundamental en toda mi vida que con paciencia y con todo su amor supo guiarme por un buen camino.

A mi madre Pilar que, con todo su esfuerzo, amor y dedicación me regalo la mejor educación y me enseñó el verdadero significado de la responsabilidad, a mis abuelos Paternos por siempre estar en cada paso que doy brindándome todo su apoyo incondicional.

A mi Tío Patricio, que con toda la paciencia me educó y me enseñó el valor más importante de la vida que es el respeto a los demás y sobre todo que con humildad y dedicación se puede lograr todo lo que uno se propone. A mi tío Javier que siempre fue una mano amiga con la que pude contar incondicionalmente en cada paso que daba y me brindaba sus sabios consejos.

A mi hermana, primos y tíos que con su infinito amor y consejos me han ayudado a ser mejor persona y corregir mis errores.

Un agradecimiento profundo al Ing. Hernán Taco que me abrió las puertas de la Empresa Fuentes San Felipe, por su constante apoyo y facilidades prestadas para realizar mi trabajo de titulación.

Mi afecto y gratitud a mis maestros en especial a mi asesor el Ing. José Parreño, que ha sido mi gran maestro y apoyo fundamental en todo este proceso que con su infinita paciencia y sobre toda responsabilidad me guió constantemente a la culminación de mi trabajo.

**Zamora Tenorio, Mario Fabricio**

**Tabla de contenidos**

Carátula.....	1
Certificación.....	2
Reporte de verificación de contenido.....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Tabla de contenidos.....	8
Índice de tablas.....	11
Índice de figuras.....	12
Resumen.....	14
Abstract.....	15
Tema.....	16
Antecedentes.....	16
Planteamiento del problema.....	18
Justificación.....	20
Objetivos.....	20
<i>Objetivo General.....</i>	<i>20</i>
<i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>21</i>
<i>Alcance.....</i>	<i>21</i>
Marco teórico.....	22
Mantenimiento electromecánico.....	22
Tipos de mantenimiento.....	22
Mantenimiento de motores eléctricos.....	23
Banco de pruebas.....	24
Máquinas eléctricas.....	25

<i>Tipos de máquinas eléctricas.....</i>	<b>26</b>
<i>Motor eléctrico trifásico.....</i>	<b>27</b>
<i>Componentes de un motor eléctrico trifásico (MET).....</i>	<b>29</b>
<i>Principio de funcionamiento del motor trifásico.....</i>	<b>31</b>
<b>Tipos de arranque de los motores de inducción.....</b>	<b>32</b>
<i>Arranque sin carga y/o en vacío.....</i>	<b>33</b>
<i>Arranque a plena carga tensión reducida Estrella - triangulo.....</i>	<b>33</b>
<i>Arranque directo con carga.....</i>	<b>33</b>
<b>Desarrollo del tema .....</b>	<b>34</b>
<b>Criterio de selección.....</b>	<b>34</b>
<b>Diseño estructural del banco de pruebas .....</b>	<b>35</b>
<b>Construcción estructural del banco de pruebas .....</b>	<b>37</b>
<b>Diseño de los tableros eléctricos y electrónicos.....</b>	<b>44</b>
<i>Diseño del tablero de pruebas de Motores Eléctricos.....</i>	<b>44</b>
<i>Diseño del tablero de control de LOGO RC230 y la fuente VCD.....</i>	<b>47</b>
<i>Diseño del tablero del Controlador de temperatura.....</i>	<b>48</b>
<b>Implementación de los tableros eléctricos .....</b>	<b>50</b>
<i>Implementación del tablero de pruebas de Motores Eléctricos.....</i>	<b>54</b>
<i>Implementación del tablero de control del Logo RC230 y la fuente VCD.....</i>	<b>57</b>
<i>Implementación del tablero de controlador de temperatura .....</i>	<b>58</b>
<b>Señalética de Tableros .....</b>	<b>59</b>
<b>Pruebas de Funcionamiento .....</b>	<b>63</b>
<i>Pruebas de funcionamiento del módulo de motor trifásico .....</i>	<b>63</b>

<i>Pruebas de funcionamiento del módulo de relé programable y fuente de voltaje de 24VDC. ....</i>	<b>64</b>
<i>Pruebas de funcionamiento del módulo de controlador de temperatura.....</i>	<b>66</b>
<b>Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>70</b>
<b>Conclusiones: .....</b>	<b>70</b>
<b>Recomendaciones: .....</b>	<b>71</b>
<b>Glosario de término.....</b>	<b>72</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>74</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>76</b>

**Índice de tablas**

<b>Tabla 1.</b> <i>Materiales mecánicos para el banco de pruebas</i> .....	37
<b>Tabla 2.</b> <i>Características técnicas del motor crítico</i> .....	45
<b>Tabla 3.</b> <i>Materiales eléctricos para el banco de prueba</i> .....	50
<b>Tabla 4.</b> <i>Señalética informativa</i> .....	59
<b>Tabla 5.</b> <i>Señalética de advertencia</i> .....	62
<b>Tabla 6.</b> <i>Sensores de temperatura que admite el controlador Toky</i> .....	66

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Banco de pruebas de motores De Lorenzo.....	25
<b>Figura 2.</b> Conversión de energía de las máquinas eléctricas.....	26
<b>Figura 3.</b> Clasificación de las máquinas eléctricas rotativas.....	27
<b>Figura 4.</b> Corriente alterna trifásica.....	28
<b>Figura 5.</b> Componentes de un motor trifásico.....	31
<b>Figura 6.</b> Campos electromagnéticos de tipo rotante.....	32
<b>Figura 7.</b> Esquema estructural banco de pruebas.....	36
<b>Figura 8.</b> Corte de tubos.....	39
<b>Figura 9.</b> Armado y soldadura de tubos.....	39
<b>Figura 10.</b> Armado de estructura del banco.....	40
<b>Figura 11.</b> Proceso de soldadura a nivel.....	40
<b>Figura 12.</b> Estructura armada y lijada.....	41
<b>Figura 13.</b> Colocación de tool en la estructura.....	42
<b>Figura 14.</b> Colocación de base y llantas del banco.....	42
<b>Figura 15.</b> Pintado de estructura de banco.....	43
<b>Figura 16.</b> Colocación de tableros eléctricos.....	44
<b>Figura 17.</b> Motor crítico 1.5 HP.....	45
<b>Figura 18.</b> Diagrama esquemático del tablero de motor trifásico.....	47
<b>Figura 19.</b> Diagrama del relé programable LOGO y Fuente VDC.....	48
<b>Figura 20.</b> Esquema de tablero del controlador de temperatura.....	49
<b>Figura 21.</b> Interruptor trifásico y monofásico para energizar los tableros eléctricos.....	55
<b>Figura 22.</b> Voltímetro AC.....	55
<b>Figura 23.</b> Amperímetro AC.....	56
<b>Figura 24.</b> Tablero de pruebas de Motores Eléctricos.....	56
<b>Figura 25.</b> Tablero de relé programable LOGO Siemens.....	57

<b>Figura 26.</b> <i>Tablero armado de controlador de temperatura</i> .....	58
<b>Figura 27.</b> <i>Pruebas de funcionamiento del Motor trifásico de 1.5 HP</i> .....	63
<b>Figura 28.</b> <i>Programa LOGO para arranque directo de un motor trifásico</i> .....	65
<b>Figura 29.</b> <i>Arranque directo de un motor trifásico controlado con relé LOGO</i> .....	65
<b>Figura 30.</b> <i>Configuración de terminales del controlador de temperatura</i> .....	67
<b>Figura 31.</b> <i>Revisión de un sensor Pt100 en el controlador de temperatura</i> .....	677

## Resumen

La empresa de Agua mineral San Felipe creada en 1928 por Alberto Sánchez Cañas quien descubrió la primera fuente de agua de la zona, cuenta con varios departamentos, laboratorios, talleres equipados, los cuales son adecuados para realizar tareas de inspección y mantenimiento de sus componentes. En vista de las necesidades y dificultades que posee el personal técnico para realizar una tarea tan fundamental como la prueba de los motores trifásicos, de corriente directa y sensores, se propone la implementación un banco de pruebas, en el taller de la empresa y con ello facilitar los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo. El presente proyecto permitirá que el personal técnico realice el chequeo a los motores trifásicos, mediante la verificación de voltajes y corrientes de consumo e inversión de giro, así como la verificación manual de ruidos, vibraciones y temperatura. El banco de pruebas posee un módulo con una fuente de voltaje de 24VDC para la verificación de motores y sensores que requieren este tipo de alimentación y un relé programable LOGO que puede ser utilizado para simular secuencias y señales de control. Por último, el banco de pruebas posee un módulo con un controlador de temperatura para sensores Pt100, que puede ser utilizado para la comprobación de varios tipos de sensores y para la medición de temperatura hasta 200°C. El banco de pruebas permitirá al personal técnico realizar tareas de mantenimiento de manera eficiente, técnica, segura y en el menor tiempo posible.

Palabras clave:

- **MANTENIMIENTO DE MOTORES TRIFÁSICOS**
- **COMPROBACIÓN DE SENSORES**
- **BANCO DE PRUEBAS**

### **Abstract**

The San Felipe Mineral Water Company, created in 1928 by Alberto Sánchez Cañas, who discovered the first water source in the area, has several departments, laboratories and equipped workshops, which are suitable for inspection and maintenance of its components. In view of the needs and difficulties that the technical personnel have to perform such a fundamental task as the testing of three-phase motors, direct current and sensors, it is proposed to implement a test bench in the company's workshop and thus facilitate preventive and corrective maintenance work. This project will allow the technical personnel to check the three-phase motors by verifying the voltages and currents of consumption and rotation inversion, as well as the manual verification of noises, vibrations and temperature. The test bench has a module with a 24VDC voltage source for the verification of motors and sensors that require this type of power supply and a programmable LOGO relay that can be used to simulate sequences and control signals. Finally, the test bench has a module with a temperature controller for Pt100 sensors, which can be used for testing various types of sensors and for temperature measurement up to 200°C. The test bench will allow technical personnel to perform maintenance tasks efficiently, technically, safely and in the shortest possible time.

Keywords:

- **MAINTENANCE OF THREE-PHASE MOTORS**
- **SENSOR TESTING**
- **TEST BENCH**

## Capítulo I

### 1. Tema

Implementación de un banco de pruebas para motores trifásicos de 220 VAC y 24 VDC para prueba de sensores en el taller de mantenimiento de la empresa Agua Mineral San Felipe.

#### 1.1 Antecedentes

La empresa de Agua mineral San Felipe creada en 1928 por Alberto Sánchez Cañas quien descubrió la primera fuente de agua cuando realizaba sus paseos por el campo al pie del volcán Cotopaxi, en el barrio San Felipe, ubicado al noroccidente del cantón Latacunga. Con ideas visionarias adquiere terrenos y empieza a envasar el agua en botellas de vidrio café, etiquetando mediante papel y corcho, una por una, empleando una máquina sencilla para su comercialización, que a su vez realizaba la entrega de botellas cerca y lejos de la ciudad e incluso enviaba jvas en sacos de yute. Por medio del ferrocarril del Ecuador llegó hasta la ciudad de Guayaquil y muchas zonas del país. (Agua San Felipe, 2018)

Este fue un gran proyecto ideado por Alberto Sánchez Cañas ha perdurado por más de 90 años en el Ecuador y dicha agua es muy apetecida por las familias Latacungueñas.

Agua San Felipe se ha constituido en una empresa legalmente constituida y dirigida por Bertha Sánchez como su actual gerente, que ha continuado con el legado familiar; primero su abuelo, después su progenitor y actualmente ella, quién lidera con éxito un modelo de negocio sustentable, líder en el mercado nacional llegando a convertirse como la única empresa de agua mineral 100% ecuatoriana. (Agua San Felipe, 2018)

La empresa de Agua mineral San Felipe cuenta con varios departamentos, laboratorios y talleres, los cuales son adecuados para realizar tareas de inspección y mantenimiento menor de sus componentes. En convenio con la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, han permitido que los estudiantes de la carrera de tecnología en Electromecánica puedan adquirir mayores conocimientos mediante prácticas en sus instalaciones, lo cual ayuda en el desarrollo de los futuros técnicos de mantenimiento Electromecánico de esta prestigiosa Universidad y la vez ha permitido presentar propuestas de mejora en la empresa.

En la tesina de Rodríguez (2014), "Diseño y construcción de un banco de pruebas para caracterización de motores eléctricos monofásicos", anota que inicialmente se trabajó con el cliente para determinar sus necesidades en cuanto al banco de pruebas y los tipos de motores que se deseaba implementar, se realizó el análisis del sistema y su posterior síntesis. Se realizó el dimensionamiento de actuadores y sensores. El resultado fue un banco de pruebas modular, ergonómico y seguro, en el cual se logró reducir el ruido por vibración y se logró la operación de motores eléctricos en posición horizontal y vertical.

En la tesis de grado de Cubillo (2013), "Implementación de un banco de pruebas para caracterización de máquinas eléctricas mediante un freno electrodinámico", indica que para el diseño de su banco de pruebas, es importante la medición de la eficiencia de las máquinas eléctricas, por lo que realiza mediciones de torsión, potencia de entrada y potencia de salida, en base a un software desarrollado en Labview. El resultado fue un banco de pruebas que obtiene datos muy exactos y precisos, pero anota que se presentaron problemas por la complejidad de los sensores, considerando que este un banco de pruebas de aplicación para laboratorios de investigación.

En el Trabajo de grado de Cabezas y Lozano (2014), “Montaje de un banco de prueba para arranque de motores”, se desarrolla un banco de prueba para motores trifásicos, con diferentes tipos de arranques y voltajes, corriente, revoluciones y temperatura. Emplea contactores con sus respectivas protecciones. El resultado es un banco de pruebas para uso en la institución educativa.

En vista de las necesidades y dificultades que posee el personal técnico para realizar una tarea tan fundamental como la prueba de los motores trifásicos y de VDC y sus sensores, se propone la idea de implementar un banco de pruebas para motores trifásicos de 220 VCA y 24 VDC y para sensores en el taller de mantenimiento de la empresa Agua Mineral San Felipe, y con ello facilitar los trabajos de mantenimiento cuando sean requeridos.

## **1.2 Planteamiento del problema**

Realizada una investigación en los talleres de la empresa de Agua mineral San Felipe, se determinó la necesidad de contar con un banco de pruebas para motores trifásicos de 220 VCA y 24 VDC y sensores, en vista de que en la actualidad, se pierde mucho tiempo en las áreas de mantenimiento, ya que en muchos casos se debe enviar los motores al servicio técnico por la falta de un banco de pruebas adecuado, en ocasiones el envío resulta inútil porque los motores se encuentran en buen estado.

Con respecto a sensores, el personal técnico tiene poca experiencia respecto al funcionamiento y comprobación de los mismos por lo que no se arriesgan a realizar pruebas, en la mayoría de los casos, sensores en buen estado son dados de baja debido a que no se dispone de un circuito de prueba.

Estos inconvenientes generan gastos y pérdidas innecesarias a la empresa San Felipe, además de bajas en la producción debido a paros de la maquinaria, por falta de

una gestión adecuada para la detección de fallas en los sistemas eléctricos que poseen motores y sensores.

Por lo tanto, un banco de pruebas, será de gran ayuda para el personal técnico quienes son los encargados de realizar los trabajos de mantenimiento, ya que habitualmente lo hacen de forma inapropiada poniendo en riesgo su integridad física y la de los equipos como tal.

Determinando que varias empresas de esta índole en sus talleres de mantenimiento a nivel nacional e internacional realizan trabajos similares en los motores trifásicos de 220 VCA y 24 VDC y sensores disponen de este tipo de bancos de prueba para efectuar diferentes tareas de mantenimiento en el área de motores y los esfuerzos que realiza el personal técnico de mantenimiento de la empresa de Agua mineral San Felipe, al realizar los trabajos de mantenimiento son riesgosos por no contar con un banco de pruebas para determinar la condición de los mismos.

Al no disponer de este banco de pruebas en el taller de mantenimiento se pone en peligro la integridad del personal y las instalaciones, lo cual causa inconvenientes a empresa con su producto final. Cabe señalar que en la actualidad las causas principales de incidentes se han suscitado por la ejecución de trabajos en lugares inadecuados, por no efectuar pruebas previas y por el uso de equipos inapropiados. Es por ende que se necesita de este banco para de esta forma consolidar el conocimiento acerca de trabajos de mantenimiento y dotar a la empresa de un material eficaz de prueba práctica.

Con el fin de conseguir este objetivo, es necesario implementar un banco de pruebas para motores trifásicos de 220 VCA y 24 VDC y sensores en el taller de mantenimiento de la empresa de agua mineral San Felipe, la cual será de vital importancia para los diferentes trabajos mantenimiento obteniendo así un buen

desempeño laboral, seguridad al momento de realizar dichos trabajos y optimizando tiempo, además de generar mejor imagen institucional.

### **1.3 Justificación**

Teniendo en cuenta que la empresa Agua mineral San Felipe se ha convertido en la empresa pionera de agua mineral 100% ecuatoriana y siendo el agua volcánica de altísima calidad no solo por la tecnología de punta que utilizan para su embotellamiento, sino por su total pureza, se presenta la iniciativa de la implementación de un banco de pruebas para motores trifásicos y sensores en el taller de mantenimiento de mencionada empresa, que será de uso para el personal técnico que realiza los trabajos de mantenimiento y servirá como elemento de prueba y comprobación.

El desarrollo del presente proyecto ayudará al personal técnico que labora en la empresa de agua mineral, tanto en forma teórica como práctica ya que les permitirá tener un conocimiento más claro y preciso con respecto a pruebas y mantenimiento, de esta forma el personal técnico tendrá un mejor desenvolvimiento en sus operaciones y posteriormente en su desarrollo profesional.

De esta manera el personal técnico podrá realizar el mantenimiento a los motores trifásicos y sus sensores de una mejor manera para poner en práctica todo el conocimiento adquirido durante el lapso laboral y así puedan demostrar sus habilidades y lograr que su trabajo se desarrolle efectiva y eficientemente.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo General**

Implementar un banco de pruebas para motores trifásicos de 220 VCA y 24 VDC y sensores en la empresa de agua mineral San Felipe para verificación de trabajos en el taller de mantenimiento.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Recolectar información técnica necesaria de los distintos motores trifásicos de 220 VAC y 24 VDC aplicables para el desarrollo del proyecto.
- Implementar un banco de pruebas para motores trifásicos de 220 VAC y 24 VDC y sensores del taller de mantenimiento de la empresa de agua mineral San Felipe.
- Realizar pruebas de funcionamiento del banco de pruebas en los motores trifásicos de 220 VCA y 24 VDC y sensores del taller de mantenimiento de la empresa de agua mineral San Felipe.

### **1.4.3 Alcance**

Este trabajo de investigación pretende ofrecer beneficios a todas las personas involucradas en las áreas de mantenimiento, quienes ejecutan sus labores de forma ordenada y precisa optimizando tiempo junto con los recursos. Los talleres y su personal de mantenimiento de la empresa de Agua mineral San Felipe podrá continuar con sus trabajos de mantenimiento en las diferentes áreas las cuales se encuentran certificadas. El presente proyecto tendrá como alcance la entrega del banco de pruebas con tres módulos para la revisión de motores trifásicos 220VAC, 24VDC y sensores, totalmente operativo.

## Capítulo II

### 2. Marco teórico

#### a. Mantenimiento electromecánico

El mantenimiento es un procedimiento cuyo fin es mantener a un bien determinado en buen estado en el transcurso del tiempo, para evitar que sea afectado por los agentes externos e internos que intervienen durante su operación. Su función es primordial al tratarse de maquinaria y equipos que son utilizados para la producción de bienes o servicios. En áreas críticas, donde los costos de producción están íntimamente relacionados con el tiempo de operatividad de la maquinaria, se exige la aplicación de protocolos y un alto grado de sofisticación en las tareas de mantenimiento (Mantenimiento.win, 2021).

El mantenimiento electromecánico, al combinar dos disciplinas rigurosas, exige una gran cantidad de mediciones, comprobaciones, reemplazos, ajustes y reparaciones para que una unidad cumpla sus funciones. Esta actividad requiere de tiempo, personal calificado en las áreas eléctrica, mecánica y afines, repuestos y en muchos casos, que se detenga la producción, por lo que debe ser apropiadamente planificada, para reducir costos y pérdidas de producción.

#### b. Tipos de mantenimiento

En las operaciones de mantenimiento se pueden distinguir los siguientes tipos:  
(Asociación Española para la Calidad AEC, 2019)

- a. **Mantenimiento correctivo:** corrige los defectos o averías observados.
- b. **Mantenimiento correctivo inmediato:** se realiza inmediatamente de percibir la avería y defecto.

- c. **Mantenimiento correctivo diferido:** al producirse la avería o defecto, se produce un paro de la instalación o equipamiento de que se trate, para posteriormente afrontar la reparación, solicitándose los medios para ese fin.
- d. **Mantenimiento preventivo:** destinado a garantizar la fiabilidad de equipos antes de que pueda producirse un accidente o avería, evita las paradas no planificadas. A la vez se clasifica en:
  - 1. **Mantenimiento programado:** programa de revisiones, por tiempo de funcionamiento, kilometraje, etc.
  - 2. **Mantenimiento predictivo:** que realiza las intervenciones prediciendo el momento que el equipo quedara fuera de servicio.
  - 3. **Mantenimiento de oportunidad:** se aprovecha las paradas o periodos de no uso de los equipos.
- e. **Mantenimiento de actualización:** cuyo propósito es compensar la obsolescencia tecnológica.
- f. **Mantenimiento centrado en la fiabilidad:** método sistemático de determinación de las tareas de mantenimiento respectivas y de las frecuencias asociadas, en función de la probabilidad de fallo y de sus consecuencias.

### c. Mantenimiento de motores eléctricos

Los motores eléctricos son partes esenciales de la maquinaria industrial, accionan equipos como cortadoras, compresores, ventiladores, calefactores, bombas y automóviles. Los motores eléctricos se deterioran por su uso y muchas veces por el abuso en su trabajo. Sus partes eléctricas y mecánicas requieren mantenimiento debido al desgaste y a la presencia de humedad y suciedad. Las bobinas y escobillas requieren mantenimiento periódico de limpieza, ajuste y reemplazo en el caso de las escobillas. Los rodamientos, ejes, carcazas y demás componentes mecánicos se desgastan y

requieren limpieza, lubricación y ajuste periódico. Existen varios consejos que se deben seguir al realizar el mantenimiento de un motor eléctrico: (Refacciones industriales, 2021)

- a. Revisar visualmente cada parte del motor, permite identificar indicios de sobrecalentamiento, identificar olores o ruidos extraños.
- b. Detectar vibraciones que se encuentren fuera de los rangos normales de operación.
- c. Funcionamiento de los rodamientos, estos están sujetos a muchas fuerzas mecánicas, ruidos extraños pueden ser provocados por la falta de lubricación y limpieza, pueden provocar sobrecalentamiento de la carcasa.
- d. Limpiar y lubricar periódicamente, el polvo y otros contaminantes pueden obstruir la circulación del aire, esto provoca el aumento de la temperatura del motor y por lo tanto hay más desgaste.
- e. Probar el bobinado del motor, para ello hay que desmontarlo, verificar si existe recalentamiento, fallas de aislamiento y si es necesario rebobinar el motor.

#### **d. Banco de pruebas**

Los bancos de prueba se utilizan en la investigación y desarrollo, así como para la inspección final en línea, existen bancos de prueba para la inspección de motores eléctricos, hidráulicos y mecánicos. Estos se basan en sistemas directos simples, robustos y automatizados que permiten un acoplamiento rápido, tanto mecánico como eléctrico, personalizado para cubrir las necesidades del usuario en cuanto pruebas y mediciones necesarias para medir el performance del motor que se pone a prueba (VULKAN Energías renovables, 2018).

Un banco de pruebas permite identificar las características técnicas de los dispositivos que se analizan, se puede utilizar para mejorar la eficiencia de los mismo y para la ejecución de mantenimiento predictivo de motores y generadores. Las máquinas

bajo prueba pueden ser expuestas a distintas variables eléctricas y mecánicas para determinar su comportamiento, con o sin carga, distintos valores de excitación y perturbaciones. El banco de pruebas debe incluir instrumentos de medición de variables eléctricas y mecánicas.

El banco de pruebas debe ser modular y debería permitir la conexión hacia otros bancos de pruebas, debe ser flexible para incrementar nuevos dispositivos e instrumentos de acuerdo a las necesidades del usuario. La Figura 1, presenta algunos modelos de bancos de pruebas.

### **Figura 1.**

*Banco de pruebas de motores De Lorenzo*



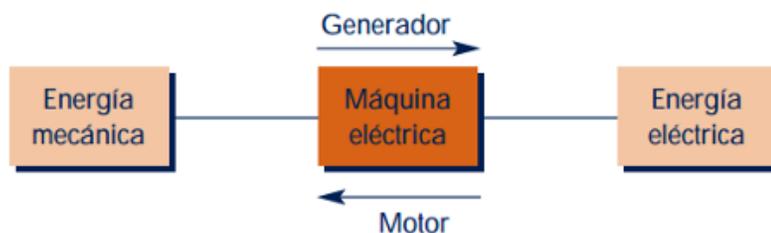
*Nota.* Tomado de (De Lorenzo, 2022)

### **e. Máquinas eléctricas**

Una máquina eléctrica es un dispositivo capaz de generar, aprovechar o transformar la energía eléctrica en otro tipo de energía. La Figura 2, presenta un bosquejo de la conversión que realizan las máquinas eléctricas.

**Figura 2.**

*Conversión de energía de las máquinas eléctricas*



*Nota.* Tomado de (Cabanas, 1998)

### ***i. Tipos de máquinas eléctricas***

Las máquinas eléctricas pueden clasificarse como rotativas y fijas. La máquina eléctrica rotativa, puede trabajar en ambos sentidos como motor y como generador (Cabanas, 1998).

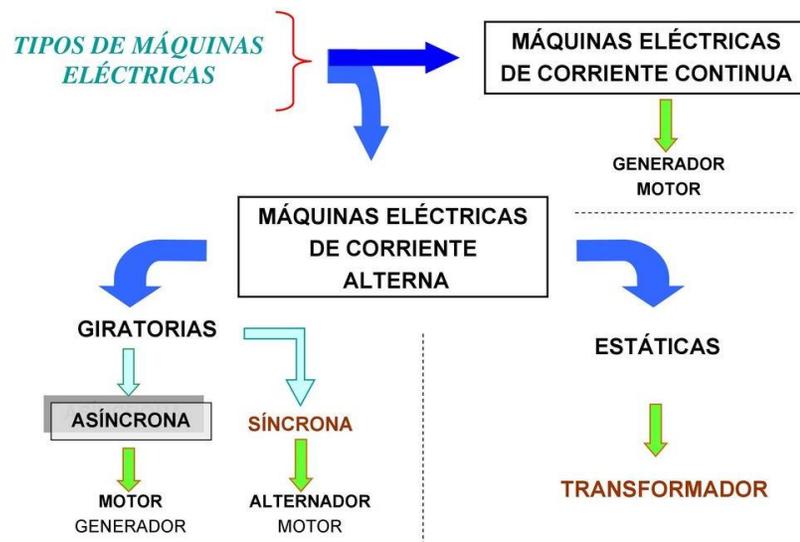
- **Generador:** Transforma cualquier clase de energía, normalmente mecánica, en eléctrica. Los generadores eléctricos a su vez se clasifican en generadores de corriente continua (DC) y de corriente alterna (AC). Se diferencian por la forma en que entregan su fuerza electromotriz inducida. El generador AC lo hace a través de un colector doble de anillos rozantes, cada uno conectado a un terminal de la bobina del rotor; mientras que el generador DC lo hace a través de un conmutador partido a la mitad y en cada una de ellas están conectados los terminales de la bobina. (Tecnológico de California, 2016)
- **Motores:** Convierte la energía eléctrica que reciben en energía mecánica. Los motores pueden ser de corriente continua (DC) o alterna (AC). Los motores DC necesitan escobillas y un colector para poder ingresar la corriente eléctrica al rotor y delgas en el colector para que siempre entre y salga la corriente en la misma dirección por las espiras; por su parte, los motores AC se clasifican en monofásicos

y trifásicos, siendo el gran descubrimiento de Nikola Tesla son más sencillos y de amplia aplicación en la industria.

- Transformador: Modifica alguna de las características de la energía eléctrica (normalmente, tensión, intensidad de corriente o potencia)

**Figura 3.**

*Clasificación de las máquinas eléctricas rotativas*



*Nota.* Tomado de (Docplayer.es, 2016)

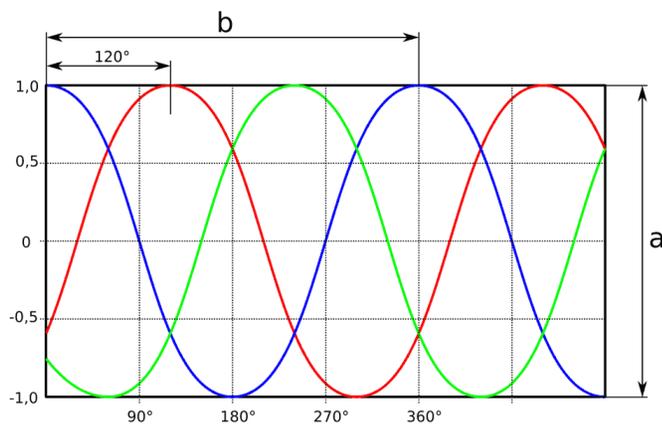
### ***ii. Motor eléctrico trifásico***

El motor trifásico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Funcionan a través de una fuente de potencia trifásica. Son impulsados por tres corrientes alternas de la misma frecuencia, los cuales alcanzan sus valores máximos de forma alternada. Poseen una potencia de hasta 300KW y velocidades entre 900 y 3600 RPM. Para alimentación utilizan líneas de 3 conductores, pero para operación se utilizan líneas de 4 hilos, que son las 3 fases y el neutro. La energía eléctrica trifásica es el método más

común utilizado por las redes eléctricas en todo el mundo debido a que transfieren más potencia y es muy usado en el sector industrial.

**Figura 4.**

*Corriente alterna trifásica*



*Nota.* Tomado de (Area Tecnología, 2017)

Es importante mencionar todos los equipos que son impulsados por motores eléctricos trifásicos, a continuación, se listan algunas de sus aplicaciones más comunes:

- Compresores
- Bombas: elevadoras de agua, para piscinas, de desagote portátiles, de desagote fijas, de pozo profundo.
- Ascensores hidráulicos o eléctricos
- Escaleras mecánicas
- Acondicionadores de aire: equipos centrales, equipos individuales
- Ventilación
- Rampas
- Portones automáticos

Como se puede apreciar, estas aplicaciones comprenden distintos ámbitos, como pueden ser: edificios de propiedad horizontal, industrias, hospitales, servicios, etc.

### ***iii. Componentes de un motor eléctrico trifásico (MET)***

Un motor trifásico está compuesto por diversas partes mecánicas y eléctricas que se describen a continuación.

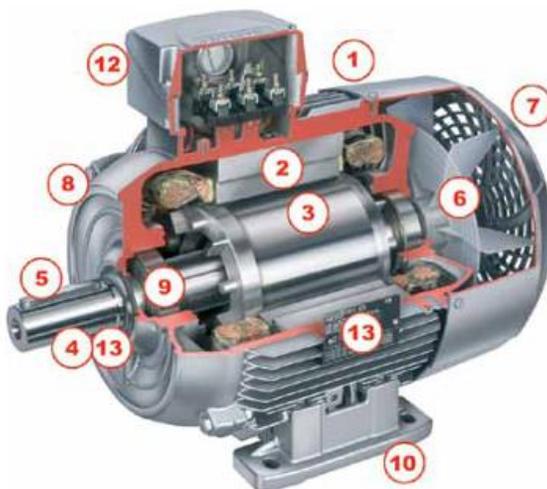
- **Carcasa.** Contiene a todos los componentes del motor eléctrico: estator, rotor, eje, etcétera.
- **Estator.** Es un bloque de chapas de acero especial ranuradas para alojar los bobinados.
- **Rotor.** Junto al propio ventilador, son las partes giratorias del MET. Existen dos tipos constructivos basados en el mismo principio de funcionamiento: bobinados y en cortocircuito o jaula de ardilla. A continuación, solo se verá este último porque es el más comúnmente empleado.
- **Eje.** Soportado por los rodamientos alojados en las tapas, es el elemento sobre el cual se encuentran fijados el rotor y el ventilador. Por sus extremos, se acopla al equipo al cual debe impulsar.
- **Chavetero.** Ubicado en el extremo del eje, aloja la chaveta, que es un elemento destinado a mejorar la fijación del acople entre el motor propiamente dicho y el equipo impulsado.
- **Ventilador.** Montado sobre el eje, fuera de la carcasa, genera el aire para la refrigeración.
- **Cubre ventilador.** Se utiliza para proteger el ventilador mecánicamente y evitar contactos directos con él.

- **Tapas.** Son dos, una anterior y otra posterior. Cierran el estator y alojan los rodamientos del eje. En algunos tipos constructivos, la fijación del MET al equipo impulsado se hace mediante una tapa delantera especialmente diseñada, llamada brida.
- **Rodamientos.** Son dos y se encuentran alojados en cada una de las tapas; son los que sostienen y a su vez permiten el giro del eje. El tipo constructivo varía si el tipo MET funciona en posición horizontal o vertical.
- **Base.** Se utiliza para fijar el motor propiamente dicho a una fundación o base; forma parte de la carcasa.
- **Cáncamo de izaje.** Se provee a partir de una determinada potencia. Está fijado a la carcasa, se utiliza cuando es necesario movilizarlo.
- **Cajas de conexiones.** Se fija a la parte externa de la carcasa y es el lugar donde se conectan los cables de alimentación a los extremos de los bobinados que están en el estator.
- **Chapa característica.** Fijada a la superficie externa de la carcasa, contiene los datos característicos del MET, tales como potencia eléctrica nominal, corriente eléctrica nominal, grado de protección mecánica, etc.
- **Anillos o-rings.** Se sitúan junto a los rodamientos en las tapas y funcionan como sello mecánico para evitar la fuga del lubricante.

La Figura 5, presenta la disposición de los componentes de un motor trifásico.

### Figura 5.

*Componentes de un motor trifásico*



*Nota.* Tomado de (Farina, 2018)

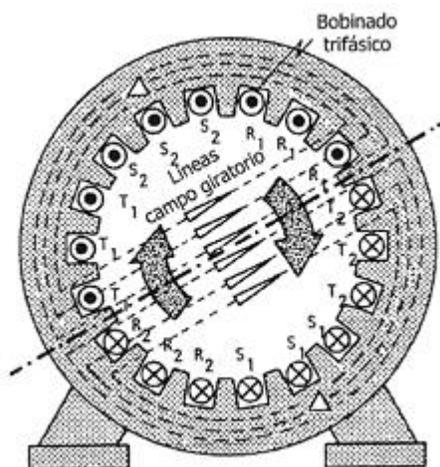
#### ***iv. Principio de funcionamiento del motor trifásico***

El funcionamiento se basa en lo siguiente: en la parte interna del estator, se encuentran agrupadas chapas de acero especial formando un bloque. Estas chapas tienen ranuras en donde se alojan las bobinas, las cuales se conectan a la instalación eléctrica. Cuando circula la corriente eléctrica, se generan campos electromagnéticos del tipo rotante, los cuales interactúan con el rotor y generan la cupla motora que lo hace girar (ver Figura 6).

La cantidad de bobinas depende de la velocidad rotante nominal que tenga el motor trifásico, en general, los que tienen mayor empleo son los de 1.500 y 3.000 revoluciones por minuto, aunque no son los únicos (Sobrevila, 2019).

**Figura 6.**

*Campos electromagnéticos de tipo rotante*



*Nota.* Tomado de (Farina, 2018)

#### **f. Tipos de arranque de los motores de inducción.**

Los motores de inducción asíncrona pueden ser arrancados o puesto en marcha bajo diferentes situaciones que los hace muy prácticos para su uso generalizado.

Existen varios tipos de arranques que pueden ser puestos en práctica para analizar y entender sus ventajas.

Uno de los factores críticos que se presenta durante la puesta en marcha en un motor, es la demanda de la corriente necesaria para romper la inercia del estado estático, e iniciar la transformación de energía eléctrica a energía mecánica. Esta corriente requerida puede ser 5 a 7 veces superior a la corriente nominal de consumo, dependiendo de la potencia del motor y de la carga, además puede provocar una caída de tensión que afecte al funcionamiento de los demás receptores.

Por este fenómeno que se presenta en el arranque de motores, fue necesario desarrollar varios tipos de puesta en marcha con el objetivo de minimizar el impacto de las caídas de tensión y demanda de corrientes elevadas. Entre los más comunes

tenemos arranque en vacío, directo, a plena carga, tipo estrella triangulo, en el caso de motores pequeños.

***i. Arranque sin carga y/o en vacío.***

El arranque sin carga o en vacío, se realiza en el motor asíncrono sin carga en el eje. Presenta un deslizamiento pequeño, por lo que la corriente para salir de la inercia en el rotor es pequeña hasta llegar a velocidad nominal (Cortez & Guevara, 2014). Esta es la característica de arranque de motores en un banco de prueba, sin carga.

***ii. Arranque a plena carga tensión reducida Estrella - triangulo.***

Es un arranque típicamente con carga mecánica en el eje, cuyo valor en corriente es igual al nominal o a plena carga. El arranque estrella-triangulo se base en el arranque del motor con un voltaje menor al nominal, que se consigue al configurar a los bobinados trifásicos en estrella, para reducir un tercio del torque y de corriente de arranque, por unos segundos hasta que tenga un 75% de la velocidad nominal.

Posteriormente se cambia a conexión en triángulo, hasta que la velocidad del motor se estabiliza. Con esta aplicación se reduce la tensión en un 57%, el par de arranque cae a un 33% y la corriente de arranque se reduce a dos veces la corriente nominal (Cortez & Guevara, 2014).

***iii. Arranque directo con carga.***

Se realiza la alimentación directa de la tensión nominal, el motor debe iniciar su trabajo a plena carga. En estas condiciones el bobinado tiende a absorber una cantidad de corriente superior a la nominal (cinco a siete veces), las líneas de alimentación se ven afectadas por el exceso de carga que puede provocar caídas de tensión en la red. La ventaja en este método es que el par de arranque puede llegar a ser 1,5 veces superior al torque nominal, lo cual reduce el tiempo de vida del bobinado.

## Capítulo III

### 3. Desarrollo del tema

En este capítulo se detalla el diseño y construcción de la estructura metálica del banco de prueba, así como el diseño de los diagramas esquemáticos del tablero para pruebas de motores trifásicos, del tablero de control con LOGO 230RC y una fuente de 24 VCD y del tablero del control de temperatura.

Posterior se presenta la implementación de los tres tableros con los dispositivos eléctricos y electrónicos, dimensionados para su correcto funcionamiento. Una vez terminada la implementación se realiza la colocación de la señalética respectiva en cada módulo. Se finaliza con las pruebas de funcionamiento respectivas a través de aplicaciones.

Se realizó el diseño del arranque e inversión de giro del motor trifásico en el programa CADE SIMU, y su respectiva implementación en el tablero de pruebas de motores trifásicos, Un arranque Directo controlado por el Logo 230RC, Prueba de funcionamiento de motores de VCD y sensores, finalmente se realizó una aplicación con el controlador de temperatura y un sensor Pt100.

#### a. Criterio de selección

El diseño e implementación del banco de pruebas sólido, seguro y ergonómico. Se diseñó en base a las necesidades del área de mantenimiento de la empresa San Felipe, para lo cual se consideró la elaboración de tres tableros, de acuerdo la funcionalidad modular requerido, como un tablero para la prueba de motores trifásicos de hasta 1.5 HP, 220 VAC, un tablero con una fuente VCD para el chequeo de motores de corriente directa y sensores, además un relé programable LOGO 230RC para realizar simulaciones secuenciales y señales de control de motores; para el tercer tablero se

seleccionó un controlador de temperatura digital para pruebas de calentamiento de motores, compatible con varios tipos de sensores de temperatura.

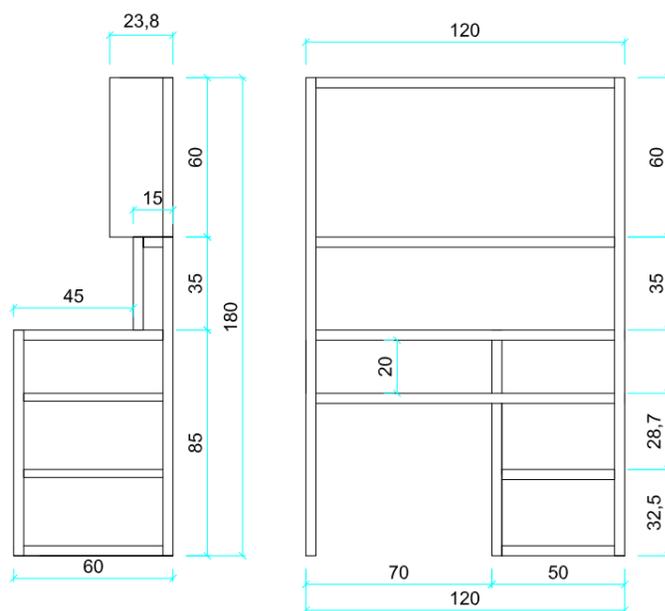
#### **b. Diseño estructural del banco de pruebas**

Para el diseño la estructura del banco de pruebas se utilizó el programa AutoCad, en que se desarrolló el bosquejo, las medidas del banco son: altura 180 cm, ancho de 120 cm, altura estándar de la mesa de trabajo 85 cm, cajonera para manuales 20 cm, soportes para apoyar motores, sensores y equipos electrónicos. Lado derecho 50 cm, al izquierdo con un ancho de 70 cm y una altura del primer soporte de 32,5 cm; el siguiente con una medida de 28,7 cm, profundidad de 60 cm, soportes de los tableros eléctricos ancho 15 cm, atrás hacia adelante altura de 35 cm y altura tableros eléctricos 60 cm.

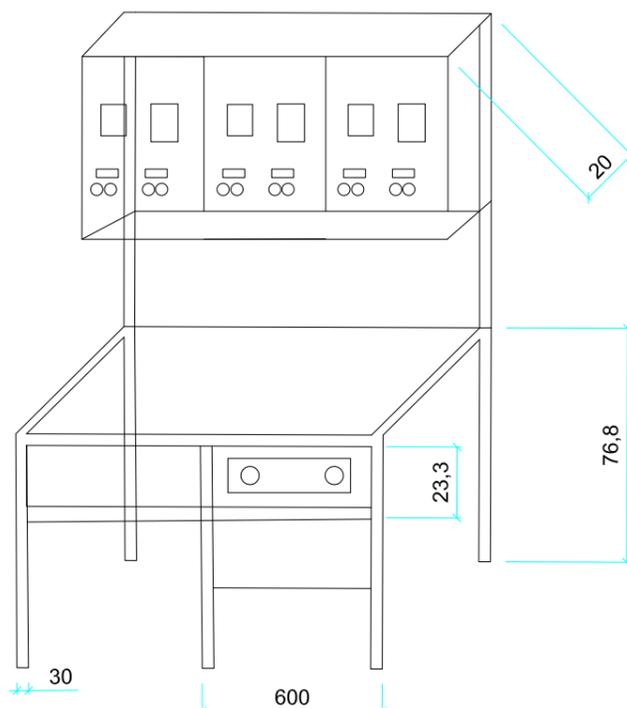
Las dimensiones de los tableros eléctricos son 60 x 40 x 20cm tres soportes de 45 cm de ancho por un espesor de 60cm, con un soporte en 114 cm de ancho en la altura de los tableros eléctricos.

Figura 7.

Esquema estructural banco de pruebas



a. Vistas frontal y lateral



b. Vista en perspectiva

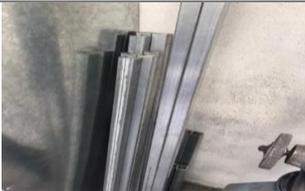
Como se observa en la Figura 7, se obtuvo un diseño en el plano (2D) y en perspectiva (3D) con las características antes mencionadas para ser implementado de forma física por medio de su construcción metal mecánica.

### c. Construcción estructural del banco de pruebas

Para la construcción del banco de pruebas se utilizaron los materiales que se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1.**

*Materiales mecánicos para el banco de pruebas*

<b>Material</b>	<b>Especificaciones Técnicas</b>	<b>Imagen</b>
<b>Tubo cuadrado galvanizado</b>	1-1/4" x 1,5mm.	
<b>Tool galvanizado</b>	0.9 mm	
<b>Disco de corte</b>	14"	
<b>Remaches</b>	3/16" x 1/2"	

Material	Especificaciones Técnicas	Imagen
Tubo emt	1"	
Abrazadera		
Tornillos autoperforantes	1/2"	
Prensa tope		

**Interpretación:** Se procedió a medir el tubo y posteriormente a cortar en las medidas señaladas en el plano de construcción. De la misma forma se cortó el tool. Se tomó en consideración, las medidas de seguridad y salud ocupacional como son, el uso de equipos de protección personal (EPP), zapatos con punta de acero, ropa de trabajo, guantes, gafas de protección, equipo de soldadura, las herramientas y equipos apropiados para el efecto. Se utilizó material galvanizado para evitar la oxidación posterior y garantizar la calidad de la estructura metálica.

**Figura 8.**

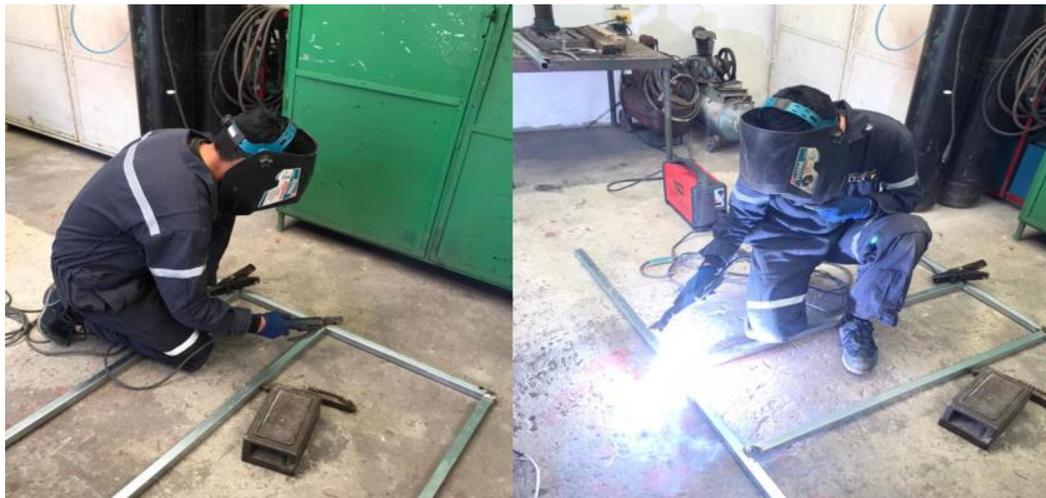
*Corte de tubos*



**Interpretación:** Se procedió a cortar todos los tubos cuadrados que conforman el tablero de acuerdo a las medidas del diseño realizado, para luego proceder a ensamblar cada parte de la mesa y soldar.

**Figura 9.**

*Armado y soldadura de tubos*



**Interpretación:** Para soldar se utilizó la suelda de arco eléctrico y electrodos tipo 6011 que se utiliza para materiales de acero galvanizado.

**Figura 10.**

*Armado de estructura del banco*



**Interpretación:** Se continúa uniendo las secciones, para soldar la parte superior del banco se utilizó una prensa para unir el tubo y levantarlo.

**Figura 11.**

*Proceso de soldadura a nivel*



**Interpretación:** Se procede a verificar las medidas de los ángulos que sean iguales, así mismo con la ayuda del nivel se confirma que los costados de cada lado del banco este a nivel para proceder a soldar fijando su rectitud.

**Figura 12.**

*Estructura armada y lijada*



**Interpretación:** Terminada la estructura se procede a pulir con la amoladora con disco de pulir, esto con el objetivo de dejar lisa la estructura, verificar la calidad de la soldadura y dejarla lista para el trabajo de pintura.

**Figura 13.**

*Colocación de tool en estructura*



**Interpretación:** Se mide y coloca la plancha de tol en la parte posterior de la estructura con tornillos auto perforantes y en los costados con remaches ya que será fijos. En la parte posterior se ubicará los dispositivos eléctricos y electrónicos.

**Figura 14.**

*Colocación de base y llantas del banco*



**Interpretación:** Una vez listo el banco se ejecuta cortes de medidas de las ruedas que serán puestas en las esquinas del banco para tener gran facilidad para mover el banco.

**Figura 15.**

*Pintado de estructura de banco.*



**Interpretación:** Para proteger de agentes corrosivos y dar una apariencia final al banco de pruebas se le realiza el trabajo de pintura.

**Figura 16.**

*Colocación de tableros eléctricos*



**Interpretación:** Se realiza la colocación de los tres tableros eléctricos de acuerdo a la función que cumplirán.

#### **d. Diseño de los tableros eléctricos y electrónicos**

Para el Diseño de los tableros se tomó en cuenta el tipo de pruebas que se realizan durante el mantenimiento eléctrico y electrónico, en el que se consideró un tablero para pruebas de motores trifásicos, un tablero para realizar circuitos secuenciales y control con el LOGO RC230, y una fuente VCD con salidas para alimentar sensores, y otro tablero para el controlador de temperatura.

##### ***i. Diseño del tablero de pruebas de Motores Eléctricos***

Se realizó el dimensionamiento de protecciones y cableado para el circuito de potencia, de acuerdo a las características del motor de mayor potencia que desea probar la empresa en el banco de pruebas.

**Tabla 2.**

Características técnicas del motor crítico

Datos Técnicos	Valor
Potencia HP (746 kW)	1.5 HP
Velocidad	RPM
Frecuencia	60 HZ
Numero de polos	3
Corriente nominal	4.7 A
Voltaje de alimentación	220 VAC
Factor de Potencia	0.85

**Figura 17.***Motor crítico 1.5 HP*

Se presenta el cálculo de protecciones para motores eléctricos de potencia máxima 1.5 HP.

- a. Cable de alimentación del motor.

$$I_c = I_n * 125\%$$

$$I_c = 4.7 * 1.25 = 5.88 \text{ A}$$

Donde,  $I_c$  es la corriente por el conductor e  $I_n$  es la corriente nominal del motor a plena carga.

Se utilizará cable AWG #10

- b. Cálculo de la corriente de protección con breakers.

$$I_p = C * I_n$$

$$I_p = 2 * 4.7 = 9.4 A$$

Donde,  $I_p$  es la corriente de protección,  $C$  es la constante de protección e  $I_n$  es la corriente nominal del motor.

Para el cálculo se toma el valor de  $C = 2$ , porque va a funcionar sin carga.

- c. Protección contra sobrecarga (guarda motor)

$$I_R = I_n * F_s$$

$$I_R = 4.7 * 1.1 = 5.17 A$$

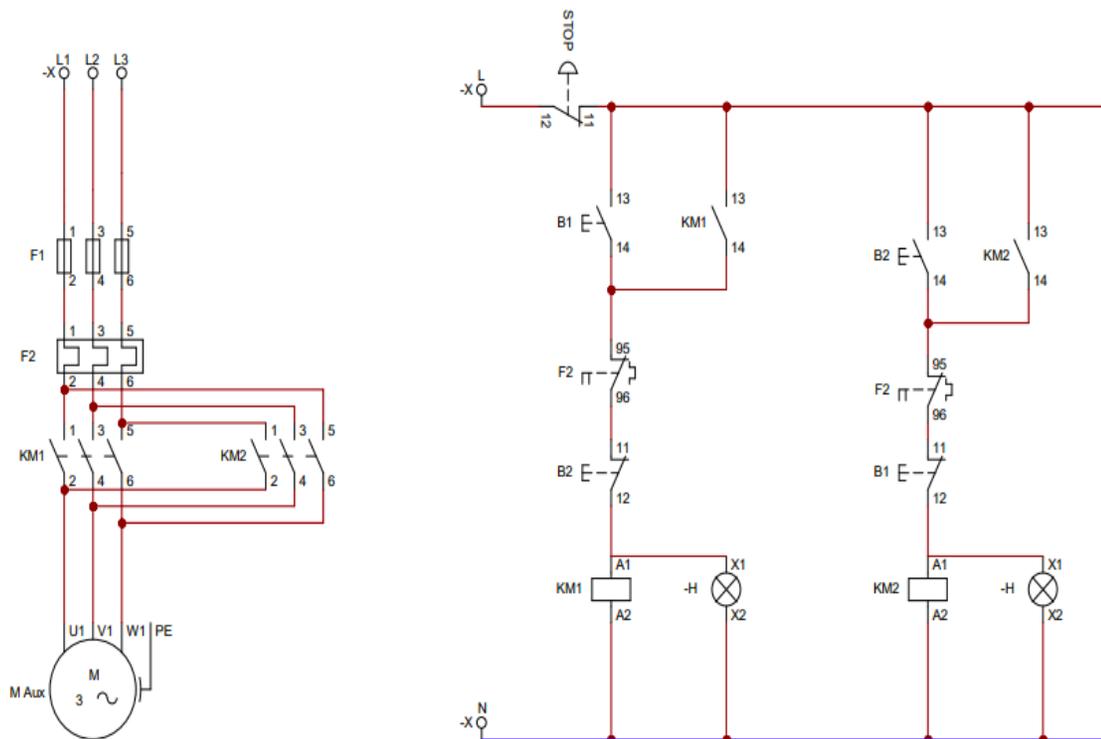
Donde  $I_R$  es la corriente de sobrecarga y  $F_s$  es el factor de servicio = 1.1.

Se utilizará un guardamotor de hasta 10A cuya corriente deberá ser regulada de acuerdo al motor en prueba.

La Figura 18, presenta el diagrama esquemático del circuito de potencia y el circuito de control para el arranque directo del motor trifásico con inversión de giro.

**Figura 18.**

*Diagrama esquemático del tablero de motor trifásico*



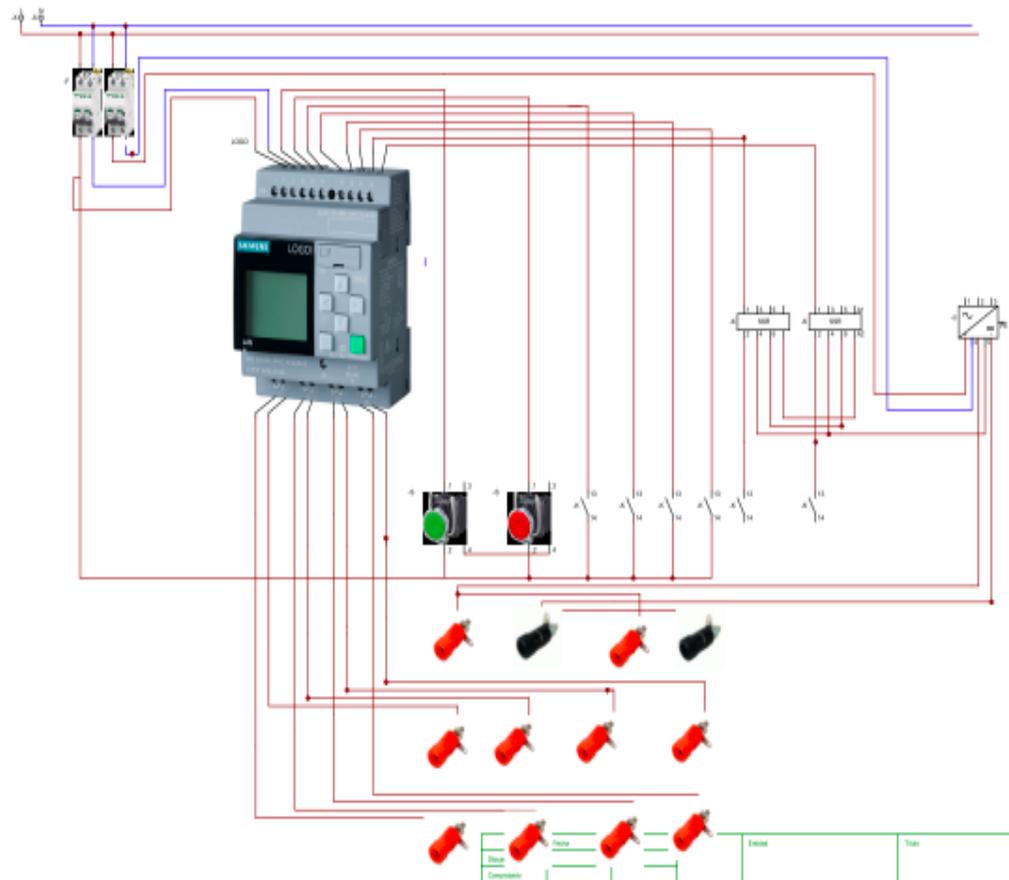
El circuito de control incluye dos pulsadores B1 y B2 NA, cada uno para el accionamiento de un sentido de giro, un pulsador NC para el apagado del motor. Además, posee elementos de protección y dos lámparas piloto, que informan del accionamiento de los contactores de potencia.

### ***ii. Diseño del tablero de control de LOGO RC230 y la fuente VCD***

Se presenta el diseño el circuito para la operación de Logo 230 RC y la alimentación de la fuente VCD, así como las conexiones de las entradas y salidas del Logo que se disponen en forma externa en el tablero para conectar cargas y dispositivos de maniobra en las entradas, así como disponer los bornes de la fuente de alimentación VDC para conectar ya sea motores de VCD o sensores, Figura 19.

**Figura 19.**

*Diagrama del relé programable LOGO y Fuente VDC*



Este módulo incluye circuitos de protección para el relé LOGO y la fuente DC; pulsadores e interruptores para las entradas y jacks banana para las salidas del relé programable. Además, incluye dos pares de jacks rojo y negro para la conexión de la fuente DC (+) y (-); todos estos disponibles en la parte inferior del módulo.

### ***iii. Diseño del tablero del Controlador de temperatura***

Se realiza el diagrama esquemático del controlador de temperatura, en que se colocó un breaker para la alimentación y las conexiones para el sensor de temperatura.

**Figura 20.**

*Esquema de tablero del controlador de temperatura*



El controlador de temperatura funciona con una alimentación de 120VAC. Se agregaron jacks banana para la conexión del sensor de temperatura y un relé que es accionado a través de la salida de la Alarma 1 del controlador.

El controlador incluye otras salidas adicionales como una segunda Alarma 2, salida del controlador de temperatura para relé de estado sólido SSR, salida de voltaje 0-10V y de 4-20mA.

### e. Implementación de los tableros eléctricos

Para la implementación de los tableros se utilizaron los siguientes materiales y herramientas:

**Tabla 3.**

*Materiales eléctricos para el banco de prueba*

<b>Material</b>	<b>Especificaciones Técnicas</b>	<b>Diagrama</b>
Riel din	1mt	
Conector macho	4 polos 32A + tierra	
Switch	2 polos 220v	
Fuente de poder	24VDC 10 A	
Conector hembra p/sensor	m12 x 4 pin	

Material	Especificaciones Técnicas	Diagrama
Pulsador plástico	22mm verde NO	
Pulsador plástico	22mm rojo NC	
Luz piloto led rojo	22mm 12-450v	
Luz piloto led verde	22mm 12-450v	
Cable flexible	# 10 AWG	
Cable flexible	# 18 AWG	

Material	Especificaciones Técnicas	Diagrama
Plug banana macho		
Jack banana mediano hembra		
Interruptor	3P 32A 220V Camscon	
Relé térmico		
Canaleta ranurada plástica	40x60	
Relé	24 VDC	

Material	Especificaciones Técnicas	Diagrama
Contactor	Trifásico 30A, 220VAC	
Voltímetro digital		
Amperímetro digital		
Microswitch		
Toma corriente trifásico		
Relé programable Logo Siemens	LOGO! 230RC,mod. Logico,display al/e/s: 115v/230v/rele 8 ed/4 sd, mem. 200 bloques, ampliable modularmente 230V AC/DC.	

Material	Especificaciones Técnicas	Diagrama
Terminal tipo c		
Terminal tipo anillo		
Controlador de temperatura	TE 6-RB 10W-B	

### *i. Implementación del tablero de pruebas de Motores Eléctricos*

Con los materiales y el esquema del diseño del tablero se procedió a su implementación. Para energizar los tres tableros eléctricos se utiliza dos interruptores, un interruptor trifásico para el control de motores eléctricos y el otro monofásico para los dos tableros, Figura 21.

**Figura 21.**

*Interruptor trifásico y monofásico para energizar los tableros eléctricos*



En este tablero se colocó un voltímetro para medir la tensión de línea trifásica y otro para la tensión monofásica que va a los otros tableros, Figura 22.

**Figura 22.**

*Voltímetros AC*



Un Amperímetro que indica la corriente de línea consumida por el del tablero, Figura 23.

**Figura 23.**

*Amperímetro AC*



En este tablero se colocó las protecciones de breaker trifásicos de 32 A para la alimentación de los motores eléctricos, dos pares de breakers de dos polos de 32 amperios para la alimentación de los dos tableros continuos, dos contactores primarios para el arranque e inversión de giro con su guardamotor, dos pulsadores de accionamiento color verde y un pulsador de paro color rojo, con sus respectivas luces piloto, como se observa en la Figura 24.

**Figura 24.**

*Tablero de pruebas de Motores Eléctricos*



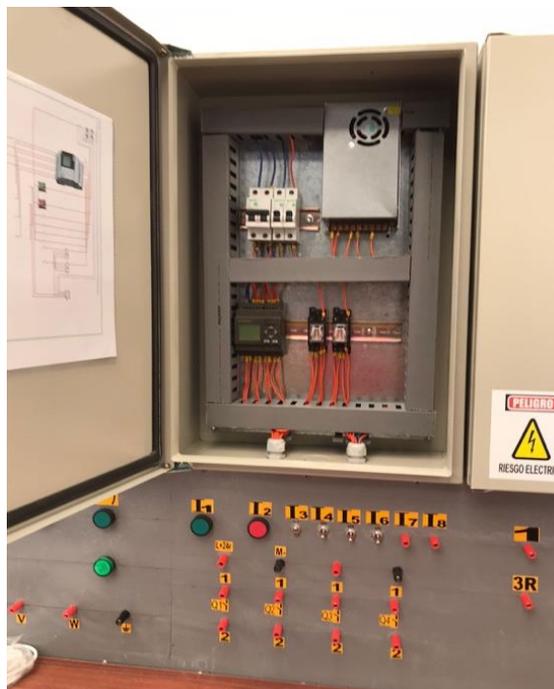
**ii. Implementación del tablero de control del Logo RC230 y la fuente VCD**

Para este tablero se utilizó los siguientes materiales: un breakers monofásico de dos polos de 32A y un breaker de un polo de 10A, un LOGO Siemens, dos relés de 24VDC y una fuente de voltaje de 24VDC con diferentes voltajes de 110V-220V respectivamente.

Para las entradas I1 y I2 se utilizó dos pulsadores un “NO” de color verde para activar el circuito secuencial y un “NC” rojo para detener la puesta en marcha; para las entradas I3 a I6 se utilizó 4 micro switch; para las entradas I7 e I8 dos jack banana hembras color rojo; las salidas Q1 a Q4 se deja en el tablero con jacks banana de color rojo hembras. De la fuente de voltaje se sacó hacia la mesa de trabajo dos jack banana rojos positivos (+) y dos negros, negativos (-). Todos los terminales han sido identificados apropiadamente en la mesa de trabajo, como se observa en la Figura 25.

**Figura 25.**

*Tablero de relé programable LOGO Siemens*



### ***iii. Implementación del tablero de controlador de temperatura***

Se realizó el montaje del controlador de temperatura de acuerdo a las especificaciones técnicas del manual de operación, para su alimentación se utilizó un breaker monofásico de 32 amperios. Para realizar aplicaciones de medición de temperatura se adquirió un sensor de temperatura Pt100, para su conexión, se utilizó 3 jack bananas hembras rojas y un jack banana hembra color negro para tierra.

#### **Figura 26.**

*Tablero armado de controlador de temperatura.*



#### f. Señalética de Tableros

La señalización de instrumentos, terminales y cables, es de mucha importancia para la operación y mantenimiento del banco de pruebas, por lo que han sido identificados en base a normativas eléctricas. En la Tabla 4, se presenta la señalética informativa.

**Tabla 4.**

*Señalética Informativa*

Señalética	Significado
	Arranque directo e inversión de giro
	Control de temperatura

PCL LOGO SIEMENS

Rele LOGO Siemens

Arranque directo



Inversión de giro



Salidas para el motor U, V,  
W



Tierra

**Señalética**

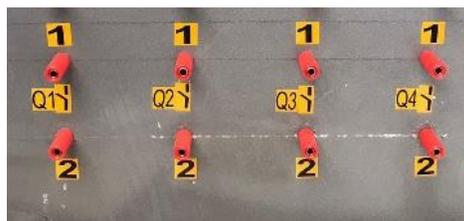
**Significado**



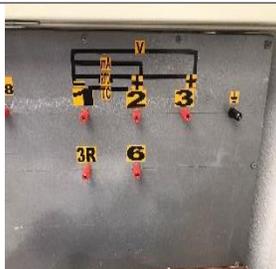
Entradas del relé  
programable



Salidas fuente 24 vdc



Salidas del relé  
programable



Terminales del  
controlador de  
temperatura



Interrupor trifásico



Interrupor monofásico

---

**Señalética**

***Significado***



Voltímetro trifásico

---



Voltímetro monofásico



Amperímetro

---

Los principales riesgos a los que se encuentran expuestos los usuarios del banco de pruebas serán riesgos de electrocución y riesgo mecánico de atrapamiento, el mismo que debe ser expuesto en lugares específicos del módulo, estas señales se presentan en la Tabla 5.

**Tabla 5.***Señalética de advertencia*

Señalética	Significado
	Riesgo eléctrico
	Riesgo de atrapamiento

#### g. Pruebas de Funcionamiento

Una vez implementados los tableros se procedió a realizar la simulación en el programa CADE SIMU de CAD, del arranque directo e inversión de giro pasando por paro de un motor trifásico, con lo cual, el paso final es realizar las pruebas de los módulos del banco de pruebas para verificar su operatividad y proceder con la entrega al usuario.

##### *i. Pruebas de funcionamiento del módulo de motor trifásico*

Durante las pruebas de funcionamiento de éste módulo, se verificó la integridad física de las conexiones, terminales, lámparas de señales y verificación de señalética. Se realizó la verificación de un motor trifásico de 1.5 HP en base al procedimiento establecido en el Manual de operación del banco de pruebas.

Se realizó la conexión del motor trifásico a los terminales U, V y W para chequear, voltajes y corrientes de línea de cada fase. En la Figura 27 se presenta la prueba de motor trifásico de 1.5 HP.

**Figura 27.**

*Pruebas de funcionamiento del Motor trifásico de 1.5 HP*



Los resultados obtenidos con los instrumentos del tablero son los mismos obtenidos con el multímetro con pinza amperimétrica, tanto de voltaje como de corriente, son los siguientes:

$$V_L = 221 V$$

$$I_L = 4.6A$$

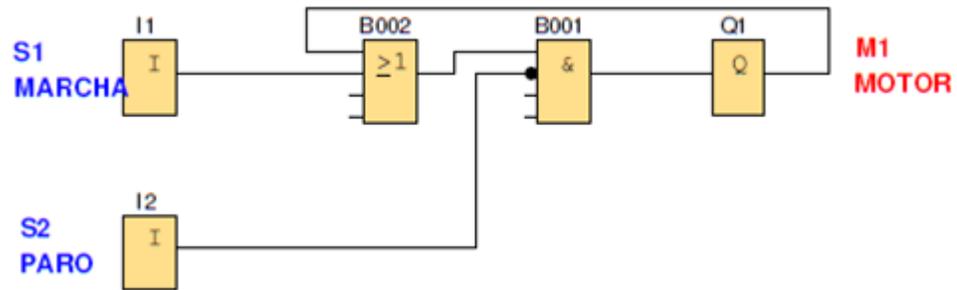
La temperatura de la carcasa es de 35°C, se verifica que no existen vibraciones excesivas, olores extraños, lo cual indica que el motor se encuentra en buen estado.

***ii. Pruebas de funcionamiento del módulo de relé programable y fuente de voltaje de 24VDC.***

Para verificar la operatividad de éste módulo, se realizó un programa básico de arranque directo de un motor DC, como se observa en la Figura 28.

**Figura 28.**

*Programa LOGO para arranque directo de un motor DC*



En la Figura 29, se presenta la conexión del motor DC y se demuestra la operatividad del módulo.

**Figura 29.**

*Arranque directo de un motor DC 24V controlado con relé LOGO*



### **iii. Pruebas de funcionamiento del módulo de controlador de temperatura**

El módulo de controlador de temperatura tiene dos misiones, servir como termómetro digital para la revisión de motores de los módulos anteriores y segundo, servir como módulo de comprobación de sensores de temperatura.

El controlador admite los tipos de sensores de temperatura que se presentan en la Tabla 6.

**Tabla 6.**

*Sensores de temperatura que admite el controlador Toky Serie AI208*

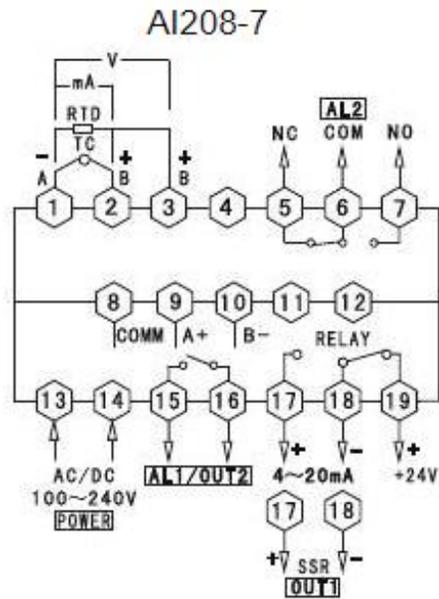
<b>Sensor</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Rango de medición</b>	<b>Resolución</b>
<b>K</b>	<b>K</b>	-50 ~ 1200	1°C
<b>J</b>	<b>J</b>	0 ~ 1200	1°C
<b>E</b>	<b>E</b>	0 ~ 850	1°C
<b>T</b>	<b>T</b>	-50 ~ 800	1°C
<b>PT100</b>	<b>Pt</b>	-200 ~ 600	0.2°C
<b>JPT100</b>	<b>JPt</b>	-200 ~ 500	0.2°C
<b>CU50</b>	<b>CU50</b>	-50 ~ 150	0.2°C

*Nota.* Tomado de (TOKY, 2020)

Para revisar la operatividad del módulo se realizó la prueba de un sensor de temperatura resistivo RTD Pt100, para lo cual se procede a conectar el controlador de acuerdo a lo indicado en la Figura 30.

**Figura 30.**

*Configuración de terminales del controlador de temperatura*



La conexión del sensor de temperatura depende del tipo de sensor, lo cual se debe verificar en el manual del controlador de temperatura. En la Figura 31 se muestra la revisión de un sensor Pt100 en el módulo controlador de temperatura.

**Figura 31.**

*Revisión de un sensor Pt100 en el módulo controlador de temperatura*



La selección del sensor de temperatura se realiza mediante la configuración en el software del controlador a través de los siguientes pasos:

- Mantenga presionado por 3 segundos el botón SET, hasta que el software ingrese al menú de configuración.
- Con las flechas arriba, abajo seleccione la opción InP y presione SET.
- Con las flechas arriba, abajo seleccione el tipo de sensor de prueba y presione SET

para aceptar. A modo de ejemplo para seleccionar un sensor Pt100, se debería seleccionar la opción Pt.

- Mantenga presionado el botón SET por 3 segundos para salir del menú de configuración.
- Verifique que la pantalla presente el valor de temperatura ambiente.

## Capítulo IV

### 4. Conclusiones y recomendaciones

#### 4.1. Conclusiones:

- Se recopiló la información técnica y requerimientos de parte del personal de mantenimiento de la empresa San Felipe, donde se estableció la necesidad de implementar un banco de pruebas que permita comprobar el funcionamiento de motores eléctricos trifásicos de 220VAC de hasta 1.5 HP de potencia, motores eléctricos pequeños de 24 VDC y sensores de temperatura que son continuamente empleados en los procesos de la empresa.
- Se realizó el diseño e implementación del banco de pruebas para motores y sensores en la empresa de agua mineral San Felipe, para lo cual se construyó una estación de trabajo ergonómica, la cual posee tres módulos de trabajo, se realizó el respectivo diseño mecánico y eléctrico, para realizar pruebas de arranque directo e inversión de giro de motores trifásicos el cual cuenta con contactores, pulsadores, relés, instrumentos de medición y luces piloto, con sus respectivas protecciones eléctricas; se utilizó un relé programable LOGO para el desarrollo posterior de pruebas con automatismos; se implementó una fuente de 24 VDC para el chequeo de motores DC y sensores; se implementó un controlador de temperatura programable para el chequeo de sensores de temperatura y que servirá

como auxiliar para la medición de la temperatura de operación de los motores AC y DC.

- Se realizaron las pruebas de funcionamiento del banco de pruebas con motores trifásicos y motores de DC, se hicieron mediciones de voltaje y corriente de línea en operación normal en vacío, además se realizaron pruebas con sensores de temperatura con distintas configuraciones del controlador de temperatura, para el accionamiento de alarmas; en base a los resultados obtenidos se elaboró el Manual de operación del banco de pruebas.

#### **4.2. Recomendaciones:**

- Todos los módulos cuentan con alimentación propia, por ende, con las protecciones debidas contra descargas y cortocircuitos, por lo que se propone cuidar de ellos y utilizarlos respetando las medidas de seguridad relacionadas con el manejo de sistemas electromecánicos.
- Es indispensable que el personal de mantenimiento que vaya a utilizar el banco de pruebas reciba la capacitación suficiente para el manejo de los equipos, para evitar incidentes o accidentes que podrían afectar al operador y al banco de pruebas. Seguir los pasos de conexión y desconexión especificados en el Manual de operación para no averiar ningún equipo.
- Cuando se vaya a utilizar los tableros eléctricos realizar las conexiones con los interruptores de alimentación apagados, para no hacer ninguna descarga a las personas o al tablero, a pesar que estos cuentan con protección.

- Realizar el mantenimiento periódico del banco de pruebas, por lo menos una vez al año, para garantizar su buen funcionamiento, las tareas de mantenimiento deben incluir limpieza de componentes, ajuste de conectores, mantenimiento de contactores, relé programable y controlador de temperatura.

### **Glosario de término**

**Asíncrono:** El término asíncrono se refiere al concepto de que más de una cosa ocurre al mismo tiempo, o múltiples cosas relacionadas ocurren sin esperar a que la previa se haya completado.

**Corriente Alterna:** La corriente alterna (CA) es un tipo de corriente eléctrica, en la que la dirección del flujo de electrones va y viene a intervalos regulares o en ciclos.

**Corriente Continua:** La corriente continua (CC) es la corriente eléctrica que fluye de forma constante en una dirección, como la que fluye en una linterna o en cualquier otro aparato con baterías es corriente continua.

**Compresores:** Un compresor es una máquina, cuyo trabajo consiste en incrementar la presión de un fluido. Al contrario que otro tipo de máquinas, el compresor eleva la presión de fluidos compresibles como el aire y todo tipo de gases.

**Conductores:** Un conductor es un material que, en mayor o menor medida, conduce el calor y la electricidad.

**Monofásicas:** La tensión monofásica es la corriente que viaja por un solo conductor en un sistema de una única fase.

**Generador:** Un generador es una máquina eléctrica rotativa que transforma energía mecánica en energía eléctrica

**Sensores:** Un sensor es un dispositivo electrónico que detecta y responde a algún tipo de entrada del entorno físico y convierte estas señales de salida en una pantalla legible para humanos.

**Trifásicos:** Se trata de una corriente alterna de tres fases distintas, que divide la potencia suministrada en tres.

## Bibliografía

- Agua San Felipe. (12 de Junio de 2018). *San Felipe*. Obtenido de <https://fuentesanfelipe.com/>.E recuperado el 10 de noviembre del 2021
- Area Tecnología. (24 de enero de 2017). *Motor trifásico*. Obtenido de <https://www.areatecnologia.com/electricidad/motor-trifasico.html>
- Asociación Española para la Calidad AEC. (1 de marzo de 2019). *Mantenimiento*. Obtenido de <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/mantenimiento>
- Cabanas, M. F. (1998). *Técnicas para el mantenimiento y diagnóstico de máquinas eléctricas rotativas*. Barcelona: MARCOMBO.
- Cabezas, V., & Lozano, J. (2013). *Montaje de un banco de prueba para arranque de motores*. Soacha: Corporación Universitaria Minuto de Dios.
- Cortez, J., & Guevara, H. (2014). *Diseño e implementación de un banco de prueba didáctico para un motor de inducción trifásico del laboratorio de máquinas eléctricas de la UPS-GYE*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana.
- Cubillo, E. (2013). *Implementación de un banco de pruebas para caracterización de máquinas eléctricas mediante un freno electrodinámico*. Cartago: Tecnológico de Costa Rica.
- De Lorenzo. (10 de enero de 2022). *Banco de pruebas para máquinas eléctricas*. Obtenido de <https://docplayer.es/63083386-Banco-de-pruebas-para-maquinas-electricas-dl-em-test.html>
- Docplayer.es. (17 de septiembre de 2016). *Máquinas eléctricas rotativas*. Obtenido de <https://docplayer.es/18660346-7-maquinas-electricas-rotativas.html>.E recuperado el 11 de diciembre del 2022
- Farina, A. (2018). Motores eléctricos trifásicos: usos, componentes y funcionamiento. *Suplemento Instaladores*, 68-72.

- Mantenimiento.win. (14 de julio de 2021). *Qué es mantenimiento?* Obtenido de <https://mantenimiento.win/>.E recuperado el 5 de eneoo del 2022
- Refacciones industriales. (26 de agosto de 2021). *5 claves para el funcionamiento correcto de motores eléctricos*. Obtenido de <https://brr.mx/5-claves-para-el-correcto-mantenimiento-de-motores-electricos/>
- Roriguez, J. (2014). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para caracterización de motores eléctricos monofásicos*. México DF: Universidad Autónoma de México.
- Sobrevila, M. (2019). *Máquinas eléctricas*. Buenos Aires: Alcina.
- VULKAN Energías renovables. (18 de marzo de 2018). *Bancos de pruebas*. Obtenido de <https://www.vulkan.com/es-es/drivetech/aplicaciones/aplicaciones-especiales/bancos-de-pruebas>

# Anexos