



**Implementación de un banco de pruebas para la verificación del funcionamiento del sistema de encendido por magnetos de las aeronaves de la compañía Aerokashurco Cía. Ltda.**

Gaibor Guevara, Denisse Mabel

Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Tecnología en Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica

Monografía Previo a la obtención del título de Tecnóloga en Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica

Ing. Guerrero Rodríguez, Lucía Eliana

18 de agosto del 2023

Latacunga

## Reporte de Verificación de Contenido



Plagiarism report

Monografía\_Trabajo de Titulación\_DE...

### Scan details

Scan time:  
August 23th, 2023 at 13:39 UTC

Total Pages:  
33

Total Words:  
8110

### Plagiarism Detection



8.5%

Types of plagiarism		Words
Identical	2.3%	189
Minor Changes	2.1%	168
Paraphrased	4.1%	329
Omitted Words	0%	0

### AI Content Detection

N/A

Text coverage

- AI text
- Human text

### Plagiarism Results: (19)

[26/4 controladores logicos programables | electrici...](#) 3%

<https://kiliantafu03.wixsite.com/electricidad/26-4>

top of page Esta página web se diseñó con la plataforma .com . Crea tu página web hoy.Comi...

[MANUAL ENTRENAMIENTO MOTOR RECIPROCO \[Aut...](#) 2.4%

<https://kupdf.net/download/manual-entrenamiento-motor-r...>

Categories Top Downloads Login Register Upload Search Categories Top Downloads Login R...

[MANUAL ENTRENAMIENTO MOTOR RECIPROCO \[Aut...](#) 2.4%

<https://pdfcoffee.com/manual-entrenamiento-motor-recipro...>

Guest

Email: [email protected] Login Register English Deutsch Español Français Português Hom...

Firma:

Ing. Guerrero Rodríguez, Lucía Eliana  
C.C: 0501878649



Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica

### Certificación

Certifico que la monografía: **“Implementación de un banco de pruebas para la verificación del funcionamiento del sistema de encendido por magnetos de las aeronaves de la compañía Aerokashurco Cía. Ltda.”** fue realizada por la señorita **Gaibor Guevara, Denisse Mabel**, la misma que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se la sustente públicamente.

Latacunga, 18 de agosto del 2023

Firma:

**Ing. Guerrero Rodríguez, Lucía Eliana**

C. C.0501878649



**Departamento de Eléctrica y Electrónica**

**Carrera de Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica**

**Responsabilidad de Autoría**

Yo, **Gaibor Guevara, Denisse Mabel**, con cédula de ciudadanía n° 050405241-6, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **Implementación de un banco de pruebas para la verificación del funcionamiento del sistema de encendido por magnetos de las aeronaves de la compañía Aerokashurco Cía. Ltda.** 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, 18 de agosto del 2023**

Firma

**Gaibor Guevara, Denisse Mabel**

C.C.: 050405241-6



Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Electrónica Mención Instrumentación Y Aviónica

### Autorización de Publicación

Yo **Gaibor Guevara, Denisse Mabel** con cédula de ciudadanía n° 050405241-6, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **Implementación de un banco de pruebas para la verificación del funcionamiento del sistema de encendido por magnetos de las aeronaves de la compañía Aerokashurco Cía. Ltda.** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Latacunga, 18 de agosto del 2023

Firma

**Gaibor Guevara, Denisse Mabel**

C.C.: 050405241-6

### **Dedicatoria**

El presente trabajo de titulación lo dedico a mi familia, en especial a mi mamá, Rosa Guevara que con sus atenciones, cariño, paciencia y más que nada siempre ha sido testigo de cada uno de mis logros y me ha enseñado el valor de superación personal, a mi papá Ciro Gaibor que ha estado pendiente de mí y mis hermanos, a mis hermanos Santiago y Joel, que han llenado mi vida de momentos felices y siempre me han alentado a seguir adelante, infinitamente gracias a mi familia por ser mi apoyo y mi pilar.

A mamita Anita que, aunque ya no esté para celebrar este logro junto a mi familia, siempre estará presente en mis recuerdos y en mi corazón.

**GAIBOR GUEVARA DENISSE MABEL**

## **Agradecimiento**

En primer lugar, agradecer a DIOS por darme salud, paciencia y sabiduría para avanzar en mis logros de vida y seguir luchando cada día para cumplir mis metas y sueños, a mi madre y hermanos que siempre me han alentado a no darme por vencida y a ser mejor persona cada día, a mi padre que ha estado pendiente de mi progreso y a las personas que han llegado a mi vida de maneras extraordinarias y que al igual que mi familia me han alentado a seguir adelante.

Agradezco a mi tutora Ing. Lucía Guerrero por ser parte de este camino, por haberme impartido sus conocimientos en el transcurso de mi carrera universitaria y en el desarrollo de mi proyecto, dedicándome su tiempo y paciencia.

A cada una de las personas que son parte de AEROKASHURCO, al Cap. Homero Álvarez que me abrió las puertas de su organización y confió en mis conocimientos para la implementación de mi proyecto de titulación.

A los docentes de la Unidad de Gestión de Tecnología de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE extensión Latacunga, que impartieron sus conocimientos, con profesionalismo y paciencia que me permitieron formarme profesionalmente y culminar esta etapa de mi vida.

**GAIBOR GUEVARA DENISSE MABEL**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula .....	1
Reporte de Verificación de Contenido.....	2
Certificación .....	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación .....	5
Dedicatoria .....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenido .....	8
Índice de tablas .....	11
Índice de figuras .....	12
Resumen.....	14
Abstract .....	15
Capítulo I: Introducción.....	16
Antecedentes.....	16
Planteamiento del Problema.....	16
Justificación .....	17
Objetivos.....	17
<i>Objetivo General</i> .....	17
<i>Objetivos Específicos</i> .....	17
Alcance .....	18
Capítulo II: Marco Teórico .....	19
Generalidades.....	19
Magneto .....	19
Tipos de magnetos.....	21
Bendix .....	22

Slick.....	23
Arnés de Encendido.....	24
Motor Eléctrico .....	25
Clasificación .....	26
<i>Motores de corriente continua</i> .....	26
<i>Motores de corriente alterna</i> .....	26
Partes importantes de un motor eléctrico .....	27
<i>Estator</i> .....	27
<i>Rotor</i> .....	28
<i>Bobina</i> .....	29
<i>Carcasa</i> .....	30
<i>Caja de Conexiones</i> .....	30
<i>Cojinetes</i> .....	31
Cojinetes de rodamiento.....	32
Placa de características.....	33
Variador de Frecuencia HNC HV390-1R5G-2 .....	36
Contactador .....	37
<i>Partes del contactor</i> .....	38
Selector de tres posiciones .....	39
Arranque directo de motor trifásico.....	39
Capítulo III: Desarrollo del Tema.....	41
Descripción del Sistema .....	41
Simulación en el software de CADeSIMU .....	41

<b>Desarrollo de los diagramas en el software CAdESIMU .....</b>	<b>41</b>
<i>Diagrama del circuito de fuerza .....</i>	<i>41</i>
<i>Diagrama del circuito de control.....</i>	<i>43</i>
<b>Diseño Estructural.....</b>	<b>48</b>
<b>Fabricación del Acople .....</b>	<b>49</b>
<b>Montaje de los elementos eléctricos y electrónicos en el tablero de control .....</b>	<b>50</b>
<i>Implementación del transmisor de energía.....</i>	<i>53</i>
<b>Montaje del transmisor de energía y señalética.....</b>	<b>54</b>
<b>Comprobación y Análisis del Banco de Pruebas.....</b>	<b>55</b>
<b>Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>57</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>57</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>58</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>59</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>62</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> <i>Características técnicas de la Placa de un motor Eléctrico (Norma Americana)</i> .....	35
<b>Tabla 2</b> <i>Características técnicas de la Placa de un motor Eléctrico (Norma Europea)</i> .....	36
<b>Tabla 3</b> <i>Variador de frecuencia HNC HV390-R75G-1</i> .....	37
<b>Tabla 4</b> <i>Elementos utilizados en el simulador de CAdESIMU</i> .....	42
<b>Tabla 5</b> <i>Frecuencia versus Revoluciones por Minuto (RPM)</i> .....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Diagrama de encendido por magnetos</i> .....	20
<b>Figura 2</b> <i>Partes de un Magneto</i> .....	21
<b>Figura 3</b> <i>Acoplamiento impulsor</i> .....	22
<b>Figura 4</b> <i>Magneto Bendix</i> .....	23
<b>Figura 5</b> <i>Magneto Slick</i> .....	24
<b>Figura 6</b> <i>Arnés de Encendido</i> .....	25
<b>Figura 7</b> <i>Motor eléctrico</i> .....	26
<b>Figura 8</b> <i>Estator del motor Eléctrico</i> .....	28
<b>Figura 9</b> <i>Rotor del motor Eléctrico</i> .....	29
<b>Figura 10</b> <i>Bobinado de un motor eléctrico</i> .....	30
<b>Figura 11</b> <i>Caja de conexión del motor</i> .....	30
<b>Figura 12</b> <i>Cojinetes de deslizamiento del motor</i> .....	32
<b>Figura 13</b> <i>Cojinetes de rodamiento del motor</i> .....	33
<b>Figura 14</b> <i>Placa de característica del motor</i> .....	34
<b>Figura 15</b> <i>Variador de frecuencia</i> .....	37
<b>Figura 16</b> <i>Contactor eléctrico</i> .....	38
<b>Figura 17</b> <i>Partes principales del contactor</i> .....	38
<b>Figura 18</b> <i>Selector de tres posiciones</i> .....	39
<b>Figura 19</b> <i>Esquema del Arranque directo de un motor trifásico</i> .....	40
<b>Figura 20</b> <i>Diseño del circuito para el control de velocidad del motor</i> .....	43
<b>Figura 21</b> <i>Diseño del circuito de control para la selección del sentido de giro del motor</i> .....	44
<b>Figura 22</b> <i>Diagrama del Circuito de Fuerza</i> .....	45
<b>Figura 23</b> <i>Simulación del circuito de fuerza y control del motor</i> .....	46
<b>Figura 24</b> <i>Diseño de distribución de componentes en el tablero con mediciones</i> .....	48
<b>Figura 25</b> <i>Diseño de distribución de componentes en el tablero con mediciones</i> .....	49
<b>Figura 26</b> <i>Acople del magneto hacia el motor</i> .....	50
<b>Figura 27</b> <i>Placa de datos del Motor</i> .....	52

<b>Figura 28</b> <i>Conexión y montaje de los componentes de acuerdo al circuito de control y potencia simulado en CAdSIMU.</i> .....	52
<b>Figura 29</b> <i>Fabricación del transmisor de energía.</i> .....	53
<b>Figura 30</b> <i>Construcción de caja de aislamiento o protección</i> .....	54
<b>Figura 31</b> <i>Montaje del comprobador de energía y señalética</i> .....	54
<b>Figura 32</b> <i>Funcionamiento del banco de pruebas.</i> .....	56

## Resumen

El presente proyecto de titulación describe la implementación de un banco de pruebas para la verificación del funcionamiento del sistema de encendido por magnetos. Este proyecto nació de la necesidad de la reducción del tiempo en el mantenimiento, ante un reporte en vuelo por parte del Piloto al mando e incluso en el mantenimiento de los magnetos que se realiza cada 500 horas, según el programa de mantenimiento de la empresa, elevando así el mantenimiento de las aeronaves, dando cumplimiento a los altos estándares de calidad y seguridad. El magneto es parte importante para el funcionamiento del sistema de encendido del motor, este es un pequeño generador, que al entrar en funcionamiento es capaz de generar hasta 25 mil voltios desde 1200rpm a 1700rpm, dando así la suficiente chispa (Alta intensidad), que enciende la mezcla combustible/aire que ingresa al cilindro del motor, para ello se realizó un transmisor de energía que simula a las bujías dentro del motor, así no solo se comprueba el funcionamiento del magneto sino que también el conductor de energía (arnés) desde el magneto hacia la bujía, mediante el variador de frecuencia HNC HV390-1R5G-2, variando la velocidad del motor, aproximándose así a los parámetros de encendido del motor de la aeronave.

*Palabras Claves:* Magneto, Motor Eléctrico Trifásico, Aerokashurco

### **Abstract**

This degree project describes the implementation of a test bench for the verification of the operation of the magneto ignition system. the verification of the operation of the magneto ignition system. This project was born from the need to reduce maintenance time in the event of an in-flight report by the pilot and even in the maintenance of the magnetos that is performed every 500 hours, according to the maintenance program of the company, thus increasing the maintenance of the aircraft, complying with the high standards of quality and safety. The magneto is an important part for the operation of the engine ignition system, this is a small generator, which when operating is capable of generating up to 25 thousand volts from 1200rpm to 1700rpm, thus giving enough spark (high intensity), which ignites the fuel/air mixture that enters the engine cylinder, For this purpose, an energy transmitter that simulates the spark plugs inside the engine was made, so not only the operation of the magneto is checked but also the energy conductor (harness) from the magneto to the spark plug, by means of the HNC HV390-1R5G-2 frequency inverter, varying the engine speed, thus approaching the ignition parameters of the aircraft engine.

*Key words:* Magneto, Three Phase Electric Engine, Aerokashurco

## **Capítulo I**

### **Introducción**

#### **Antecedentes**

Desde sus inicios, la aviación ha sido parte de la evolución del transporte de pasajeros, siendo una de las industrias más seguras a nivel mundial, sabiendo que la misma siempre está en constante evolución.

En el Ecuador, así como el resto del mundo, la aviación ha crecido a pasos pequeños. En nuestro país la industria aeronáutica se encuentra en vías de desarrollo, los técnicos de mantenimientos se dedican a buscar el bienestar de cada una de las aeronaves, por lo que deben ser productivos y eficientes, ya que las operaciones realizadas en algunas provincias de nuestro país son realmente desgastantes para las aeronaves por lo que los contratiempos con las mismas deben ser rápidamente solucionadas siendo el caso del sistema de encendido por magnetos.

Al tener un reporte de magnetos por parte del piloto y al dar aviso a los técnicos de una baja en las RPM del motor, los profesionales de mantenimiento se efectúan múltiples pasos, uno de ellos y el más importante es la sincronización del kit de distribuidor de engranajes que une todos los componentes que componen la estructura del magneto, requiriendo de precisión y tiempo, provocando en varias ocasiones retrasos de vuelos tanto de ingreso como de salida.

Tomando en cuenta estos y otros factores, se llegó a la conclusión que en la compañía Aerokashurco CIA. LTDA, es conveniente la implementación de un banco de pruebas para el sistema de magnetos.

#### **Planteamiento del Problema**

La aviación menor en nuestro país se efectúa en gran medida en la región amazónica, donde algunas terminales aéreas ubicadas en sectores estratégicos, dan servicio a comunidades donde las conexiones por vías terrestres son escasas.

Al ser sectores alejados de las grandes ciudades, existe la necesidad de que los habitantes puedan salir de manera oportuna y de acuerdo a sus necesidades a efectuar la

comercialización de productos internos de la zona mediante transporte aéreo. Por lo tanto, las aeronaves como medio de transporte, requieren que estén disponibles, acorde a las necesidades de las comunidades, provocando que los ciclos de encendido y apagados del motor sean relativamente cortos, ocasionando el desgaste de los componentes del motor entre ellos los magnetos. Por lo que surge la necesidad de un accionar rápido de los técnicos ante un problema en los mismos.

Para evitar demoras en el mantenimiento y mejorar el accionar de los técnicos se considera importante la implementación de un banco de pruebas para la comprobación de los magnetos, mejorando de esta manera el servicio de transporte aéreo a las comunidades.

### **Justificación**

La implementación de un banco de pruebas para la comprobación del correcto funcionamiento de los magnetos, permitirá que los técnicos de las aeronaves logren realizar un mantenimiento efectivo y seguro del mismo, proporcionando un servicio rápido y eficiente a las comunidades del interior de la selva amazónica.

El banco de pruebas no solo servirá como soporte para el mantenimiento de los magnetos, sino que también podrá ser utilizada como una herramienta didáctica para la enseñanza del funcionamiento del magneto.

Es así que, al implementar este sistema de verificación del funcionamiento de los magnetos, se logrará contribuir con un servicio rápido y oportuno en las operaciones aéreas de la compañía Aerokashurco CIA. LTDA.

### **Objetivos**

#### ***Objetivo General***

Implementar un banco de pruebas para la verificación del funcionamiento del sistema de encendido por magnetos de las aeronaves de la compañía Aerokashurco CIA. LTDA.

#### ***Objetivos Específicos***

- Investigar el funcionamiento de los magnetos que son utilizados en las aeronaves de la Compañía Aerokashurco CIA. LTDA

- Recopilar información técnica de cada uno de los elementos que se usarán en la construcción del banco de pruebas para la comprobación del funcionamiento de los magnetos.
- Construir un banco de pruebas para la comprobación del funcionamiento de magnetos de las aeronaves de la Compañía Aerokashurco CIA. LTDA

**Alcance**

El desarrollo del proyecto técnico, será realizado en las instalaciones de la compañía Aerokashurco CIA. LTDA.

En la construcción del banco de pruebas se involucra el estudio técnico de los elementos que permitirán la comprobación del funcionamiento de los magnetos de las aeronaves de la empresa.

## Capítulo II

### Marco Teórico

#### Generalidades

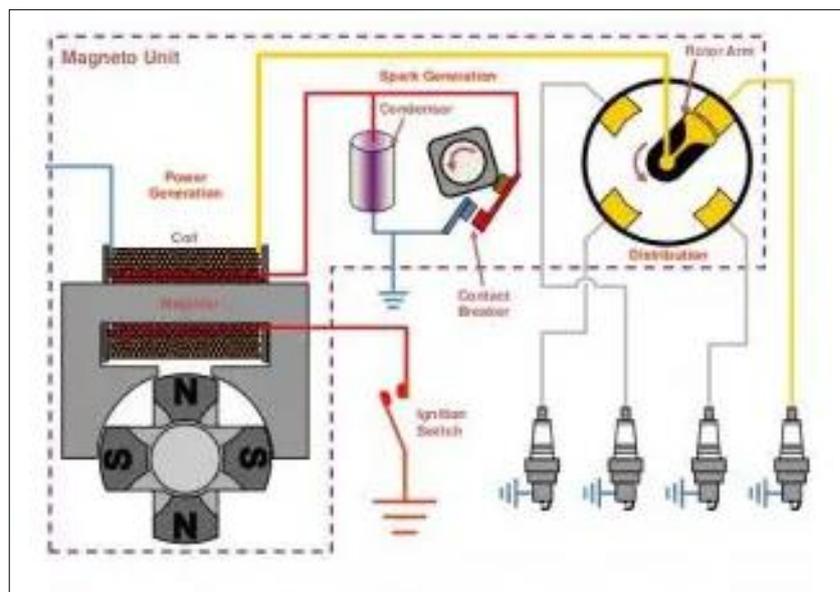
En aviación menor, son comúnmente utilizadas aeronaves de hasta 5.700 kg, teniendo modelos como las aeronaves Cessna 182 (ver Anexos A) y Britten Noma (ver Anexos B), estas aeronaves tienen instalados motores de seis cilindros colocados uno en frente del otro. Los fabricantes como Lycoming y Continental, utilizan en los motores una combustión que puede ser modificada a carburador mediante un STC, por lo que el sistema de encendido de magnetos es similar. Existen distintos tipos de magnetos, pero su función y el total de su composición es el mismo.

#### Magneto

Un magneto es un electroimán sellado, separado del sistema eléctrico del avión, esto quiere decir que es autónomo, utiliza la energía mecánica del motor para su funcionamiento, proporcionando la suficiente corriente que es transmitido desde el magneto hacia las bujías, mediante un arnés, provocando la chispa que enciende la mezcla de combustible/aire que ingresa a los cilindros del motor.

## Figura 1

Diagrama de encendido por magnetos



*Nota.* La figura, representa el encendido por magnetos, que empieza desde la generación de energía eléctrica desde el magneto hacia las bujías. Tomado de *Peter, J.* (23 de abril de 2015). *Slideshare.* Obtenido de *Slideshare:* <https://www.slideshare.net/jesscar/piston-engines-ignition>

La función de este sistema de encendido del motor, proporciona una chispa eléctrica, para encender la mezcla de aire y combustible que se juntan en los cilindros del motor. Este sistema es separado y no integra el sistema eléctrico del avión, el sistema suministra corriente eléctrica sin la dependencia de una fuente externa de corriente.

Como se detalla en manuales, el magneto es un generador de corriente de alto voltaje que alimenta el sistema de ignición, está diseñado principalmente por una bobina, uno o dos platinos (dependiendo el tipo de magneto), un condensador y un rotor.

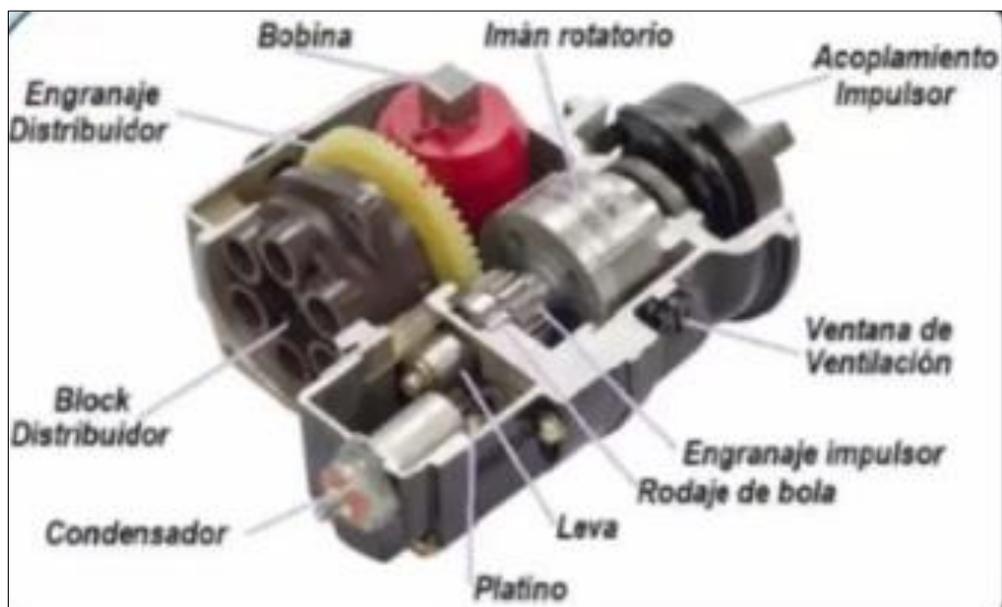
El magneto está constituido por dos circuitos, un primario y un secundario, el circuito primario, consiste de un platino que al abrir interrumpe el flujo de corriente, induciendo a la bobina, un terminal es conectado a tierra de la bobina y el otro al platino. El circuito primario se completa únicamente si el terminal del platino que se conecta a tierra, hace contacto con el siguiente terminal o un punto del platino es conectado tierra, este circuito se conecta

mediante el condensador que está conectado en paralelo al platino, para evitar la formación de arcos eléctricos.

El circuito eléctrico secundario induce un alto voltaje en la bobina secundaria, que es dirigida al distribuidor, el cual está formado por dos secciones: la primera parte que es rotativa (rotor distribuidor) y la sección estacionaria (block distribuidor). La sección rotativa está formada de un material aislante, su forma es la de un disco dentado, con un conductor empotrado.

## Figura 2

*Partes de un Magneto*



*Nota.* La figura representa las partes que conforman el magneto. Tomado de *Job, Training.* (11 de Julio de 2023). *Sistemas de las aeronaves Cessna y Briten Norman. Curso Sistemas de las aeronaves Cessna y Britten Norman. Shell, Pastaza, Ecuador.*

## Tipos de magnetos

Los magnetos están clasificados por:

- Magneto convencional
- Magneto con acoplamiento impulsor.
- Magneto con interruptor de retardo

El acoplamiento impulsor tiene como propósito hacer que el magneto gire, este ayuda a la optimización de la chispa para el arranque, además de que retarda la chispa de manera espontánea para el arranque del motor.

### Figura 3

*Acoplamiento impulsor*



*Nota.* En la figura se muestra el sistema de acoplamiento impulsor, que ayuda al arranque del motor mediante el cigüeñal del mismo. Tomado de *Job, T. (11 de Julio de 2023).*

*Sistemas de las aeronaves Cessna y Briten Norman. Curso Sistemas de las aeronaves Cessna y Britten Norman. Shell, Pastaza, Ecuador.*

Estos también pueden ser clasificados de acuerdo al fabricante, existen a nivel de la aviación dos fabricantes los cuales son conocidos como Teledyne Continental (Bendix) y Champions (Slick), ver Anexo C.

### **Bendix**

Bendix construido por Teledyne Continental (TCM), es un magneto con mayor tamaño que su competencia Slick, pueden acoplarse por impulso o usar un conjunto de contacto de interruptor de retardo. Esta serie Bendix Magneto alcanza voltajes más altos para permitir una mayor altitud de vuelo. (QAA, 2021)

**Figura 4***Magneto Bendix*

*Nota.* La figura indica un magneto construido por TCM. Tomado de QAA. (17 del 05 de 2021). QAA. Obtenido de QUALITY AIRCRAFT ACCESORIES:<https://www.qaa.com/bendix-magnetos>

**Slick**

El magneto Champions Slick están diseñados para que las piezas mecánicas se desgasten a un ritmo equilibrado, su diseño es más pequeño y liviano que el magneto Bendix fabricado por Continental, Un Slick Magneto típico producirá más de 20 000 V a velocidad normal y aunque simple en apariencia externa y construcción, el magneto es un complejo electromecánico dispositivo. El tamaño y la forma del conjunto del cabezal del imán giratorio, selección de material magnético, diseño de laminación de polos, el diseño de la bobina y el diseño del condensador son todos igualmente importantes en determinar la eficiencia del dispositivo. Eléctricamente, el magneto es un circuito balanceado.

(AEROSPACE, CHAMPION, 2021)



**Figura 6***Arnés de Encendido*

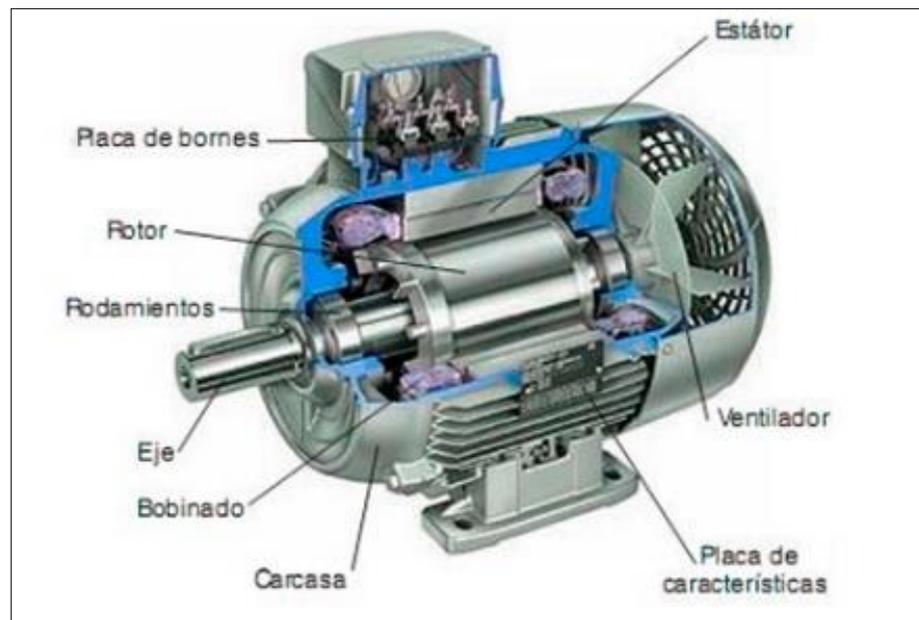
*Nota.* La figura representa un Arnés de encendido que va desde el bloque de distribuidor del magneto hacia las bujías del motor. Tomado de *Spruce Aircraft*. (Julio 15 de 2023). *Aircraft Spruce*. <https://www.aircraftspruce.com/catalog/eppages/kellyharness.php?clickkey=118519>

**Motor Eléctrico**

Un motor eléctrico es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica por medio de la acción de campos magnéticos. (Burgues, 2023)

## Figura 7

### Motor eléctrico



*Nota.* En la figura se muestran las partes que componen un motor eléctrico. Tomado de

*Fichas, A. (28 de 05 de 2021). ABC Fichas. Obtenido de ABC Fichas:*

*<https://www.abcfichas.com/las-partes-de-un-motor/partes-de-un-motor-electrico/>*

### Clasificación

Los motores eléctricos están clasificados de acuerdo al tipo de corriente de alimentación, se clasifican en motores de corriente continua y de corriente alterna y se clasifican en:

#### **Motores de corriente continua**

- a) Excitación independiente
- b) Autoexcitación
  - i Shunt o de derivación
  - ii Compound/ Compuesta

#### **Motores de corriente alterna**

- a) Motor de inducción
- b) Rotor de jaula de ardilla

- c) Motor de inducción monofásico
- d) Motor asíncrono o de inducción trifásica
- e) Motor lineal
- f) Motor síncrono
  - i Motor de reluctancia
  - ii Motor de histéresis

Los motores de corriente alterna asíncronos, tanto monofásicos como trifásicos, son los que tienen una aplicación más generalizada gracias a su facilidad de utilización, poco mantenimiento y bajo coste de fabricación (Mheducation, 2014-2022).

La velocidad de sincronismo de los motores eléctricos de corriente alterna viene definida por la expresión:

$$n = \frac{60f}{p}$$

Donde n es el número de revoluciones por minuto, f la frecuencia de la red y p el número de polos del motor.

### **Partes importantes de un motor eléctrico**

Las partes que componen a un motor eléctrico son las siguientes:

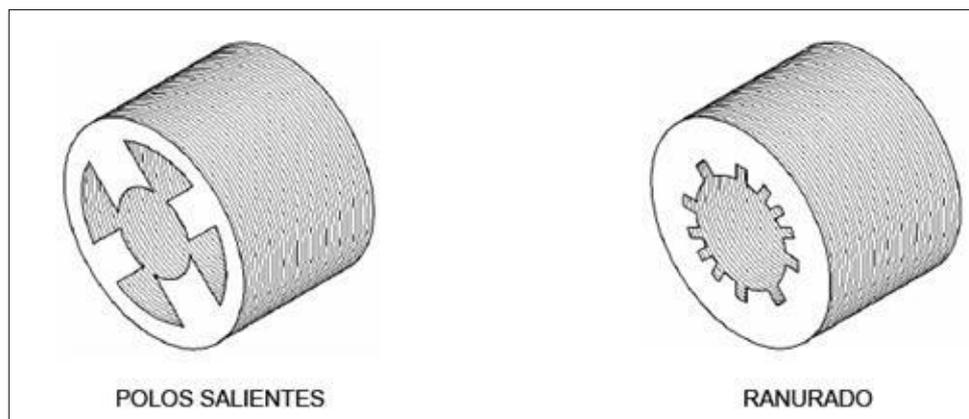
#### ***Estator***

Constituye la parte mecánicamente fija del motor. En él se encuentra el sistema inductor. Está formado por el devanado principal (inductor), el núcleo magnético, la carcasa, el aislamiento y la caja de conexiones (Martín, 2014), además se clasifican en:

- a) Estator de polos salientes
- b) Estator ranurado

**Figura 8**

*Estató del motor eléctrico*



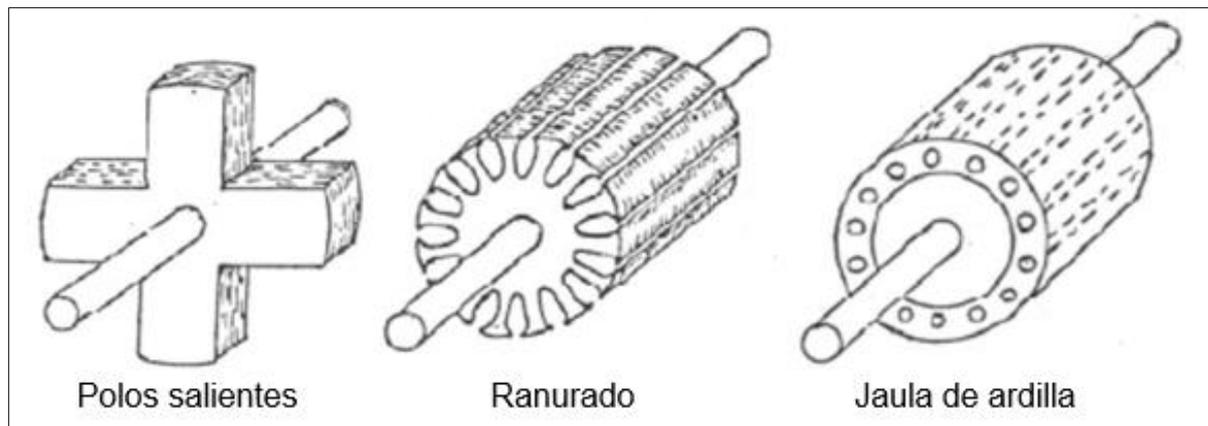
*Nota.* La figura representa los dos tipos de estató de un motor eléctrico. Tomado de *Tirado, S.* (2012, Abril 24). *Monografías*. Retrieved from *Monografías*:

<https://www.monografias.com/trabajos93/motores-electricos/motores-electricos2>

**Rotor**

Constituye la parte móvil del motor. Se define como el componente de transferencia mecánica, debido a que ejecuta la conversión de energía eléctrica a mecánica. Son elementos de láminas de acero al silicio que forman un paquete, y son de tres tipos. (Chen, 2014)

- a) Rotor ranurado
- b) Rotor de polos salientes
- c) Rotor jaula de ardilla

**Figura 9***Rotor del motor Eléctrico*

*Nota.* La figura representa los tipos de rotores que se encuentran en un motor eléctrico.

Tomado de *Chen, T. (2014, Noviembre 18). blogspot. Retrieved from blogspot:*

*<http://fleridamotores.blogspot.com/2014/11/motores-electricos-un-motor-electrico.html>*

***Bobina***

La bobina es parte fundamental del motor, esta se encuentra en la parte interna. Los dos devanados se diferencian entre sí física y eléctricamente. El devanado de trabajo está constituido de un conductor grueso y tiene más espiras que el devanado de arranque, este generalmente se encuentra en la parte superior de las ranuras del estator, y el de trabajo se encuentra en la parte inferior. (Ventura, 2013)

**Figura 10**

*Bobinado de un motor eléctrico*



*Nota.* La figura representa el bobinado de un motor eléctrico. Tomado de *Ventura, E. E.*

*(2013, Junio 07). slideshare. Retrieved from slideshare:*

*<https://es.slideshare.net/10estalin/bobinado-del-motor-trifasico>*

**Carcasa**

Es una parte importante del motor que provee protección y cubre al rotor y estator, el material utilizado para su fabricación depende el tipo del motor, diseño y aplicación. Así la carcasa puede ser: (AREATECNOLOGIA, 2015)

- a) Totalmente cerrada
- b) Abierta
- c) A prueba de goteo
- d) A prueba de explosiones
- e) De tipo sumergible

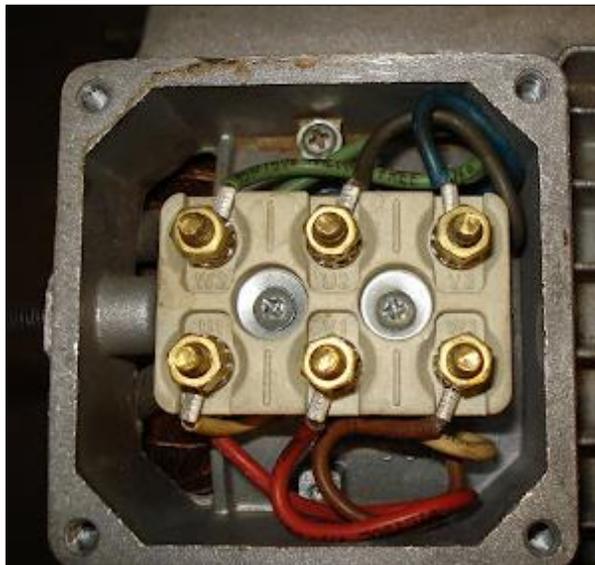
**Caja de Conexiones.**

Es un conjunto de componentes que se ensamblan mutuamente, generalmente en la mayoría de los casos, los motores eléctricos llevan una caja de conexiones. Este es un elemento que provee de protección a los conductores que alimentan al motor. (Alejandro,

2008)

### Figura 11

*Caja de conexión del motor*



*Nota.* La figura representa la caja de conexiones de un motor eléctrico. Tomado de Alejandro. (2008, Mayo 9). *blogspot*. Retrieved from *blogspot*: <https://electricidad-viatger.blogspot.com/2008/05/los-motores-elctricos-en-corriente.html>

### **Cojinetes.**

El cojinete es un elemento usado para permitir un movimiento giratorio y transmitir la potencia entre las partes de la máquina. Los rodamientos permiten el movimiento referente entre anillos internos y externos que se mueven en direcciones opuestas y están separados por elementos rodantes. Estos actúan con base en el principio de la película de aceite, esto es, que existe entre el eje y la superficie de apoyo. (Industrial, 2023)

Las principales funciones de los cojinetes en un motor eléctrico, se redactan a continuación:

- Apoya y coloca el rotor
- Transfiere las cargas desde el eje del motor
- Minimiza la fricción
- Permite la operación tanto en altas o bajas velocidades

**Figura 12**

*Cojinetes de deslizamiento del motor*



*Nota.* La figura representa los cojinetes de deslizamiento del motor eléctrico. Tomado de *Compañía Levantina de Reductores*. (2018, Enero 31). CLR. Retrieved from CLR: <https://clr.es/blog/es/cojinetes-de-friccion/>

**Cojinetes de rodamiento.** Está formado por dos anillos rodante creando un movimiento de rodadura. Son usados principalmente en lugar de los cojinetes de deslizamiento por varias razones. **(Compañía Levantina de Reductores, 2018)**

- a) Menor coeficiente de fricción, especialmente en el arranque.
- b) Son compactos en su diseño
- c) Alta precisión de operación
- d) Menor desgaste que los cojinetes de tipo deslizante.
- e) Se reemplazan fácilmente gracias a sus tamaños estándares

### Figura 13

*Cojinetes de rodamiento del motor*



*Nota.* La figura representa los cojinetes de tipo rodamiento del motor eléctrico. Tomado de *Industrial, H.* (7 de 7 de 2023). *HVH industrial.* Obtenido de *HVH industrial:*

*<https://hvhindustrial.com/es/blog/tipos-y-caracter%C3%ADsticas-de-cojinetes-de-los-motores-el%C3%A9ctricos>*

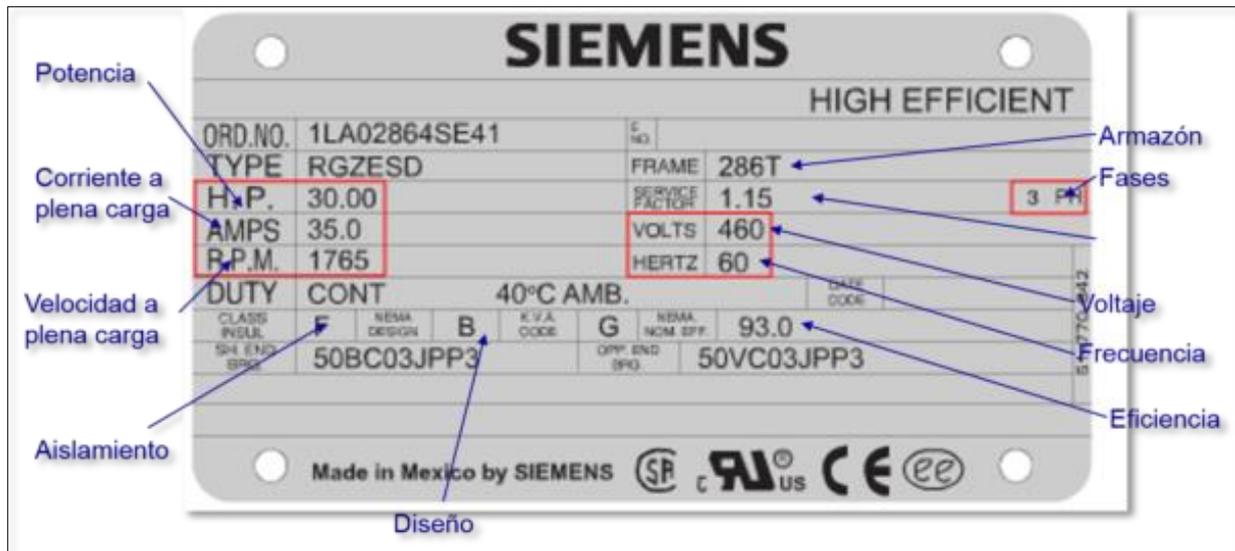
#### **Placa de características.**

Cada motor debe llevar una placa de características en un lugar de fácil acceso visual, y firmemente sujeta al motor con remaches del mismo material que las placas. La placa de datos debe ser de acero inoxidable para soportar cualquier condición, esta no debe ser cubierta por la pintura del motor, la información debe ser grabada en el metal de las placas de tal manera que pueda ser leída, aunque se pierda la pintura e impresiones de la superficie.

La información o datos deben ser los mínimos que debe llevar la placa de datos y placas auxiliares, de cualquier tipo de motor de corriente alterna, en forma durable y en un sitio visible. En la tabla 1, se detalla los datos de la placa de características del motor eléctrico en norma americana y en la tabla 2 en norma europea, además en la Figura 14, se presenta un ejemplo de una placa del motor. (Villajulca, 2012)

Figura 14

Placa de característica del motor



Nota. La figura representa la placa característica de un motor eléctrico. Tomado de Gonzaga & Rodriguez Cia. Ltda. (18 de enero de 2021). Obtenido de <https://electricoindustrial.com.ec/2021/01/18/caracteristicas-constructivas-y-tipo-de-arranque-para-los-motores-electricos-trifasicos/>

**Tabla 1**

*Características técnicas de la Placa de un motor Eléctrico (Norma Americana)*

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
3 ~Mot.	Significa que es un motor trifásico de corriente alterna.
IP 55	Protección mecánica, protección al polvo y al agua.
IM B5	Forma constructiva.
IEC/EN	Norma Europea
50 Hz	Indica la frecuencia o ciclos por segundo de funcionamiento.
230/400 V $\Delta$	La primera cifra indica que se debe conectar en triángulo en redes de 230 V y la segunda cifra indica la conexión en estrella del motor en redes de 400 V.
1.5 Kw	Potencia mecánica o útil desarrollada en el eje.
5,9/3,4 A $\Delta Y$	Consumo [A] absorbido por el motor en triángulo la primera cifra y en estrella la segunda.
Cos $\phi$ 0,81	Factor de potencia
1420/min	Revoluciones por minuto, es decir, la velocidad a la que gira el eje del motor.
220-240/380-420 V $\Delta Y$	Las primeras cifras es la conexión en triángulo y las segundas cifras la conexión en estrella.
6.1-6.1/3.5-3.5 A $\Delta Y$	Son los amperajes consumidos con respecto a las conexiones anteriores, las primeras cifras en conexión triángulo y las segundas cifras el consumo en la conexión estrella.

*Nota.* Esta tabla muestra las especificaciones técnicas de la placa del motor indicado en la

Figura 14 de acuerdo a la Norma Americana NEMA.

**Tabla 2**

*Características técnicas de la Placa de un motor Eléctrico (Norma Europea)*

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
3 ~Mot.	Significa que es un motor trifásico de corriente alterna.
IP 55	Protección mecánica, protección al polvo y al agua.
IM B5	Forma constructiva.
IEC/EN 60034	Norma Europea.
60 Hz	Indica la frecuencia o ciclos por segundo de funcionamiento.
460 V Y	Indica la conexión en estrella del motor en redes de 460 V.
1,75 Kw	Potencia mecánica o útil desarrollada en el eje.
3,3 A Y	Consumo [A] absorbido por el motor en estrella.
Cos $\phi$ 0,82	Factor de potencia
1720/min	Revoluciones por minuto, velocidad a la que gira el eje del motor.
440-480 V Y	Conexión en estrella.
3.4-3.4 A Y	Es el consumo [A] con respecto a la conexión estrella.

*Nota.* Esta tabla muestra las especificaciones técnicas de la placa del motor indicado en la figura 14 de acuerdo a la Norma Europea IEC.

### **Variador de Frecuencia HNC HV390-1R5G-2**

Es un variador compacto fácil de usar con entrada bifásica y salida trifásica que se caracteriza por ser ideal para el control de velocidad de los motores eléctricos, que además acepta voltajes de corriente alterna (AC), desde los 120 V hasta los 460V, según el modelo, en la tabla 3 se detalla las características principales del variador de frecuencia. (HCN ELECTRIC, 2017)

## Figura 15

Variador de frecuencia



*Nota.* La figura representa un Variador de Frecuencia HNC HV390-1R5G-2 utilizado para poder controlar la velocidad de un motor eléctrico. Tomado de *HNC ELECTRIC*. (2017, Noviembre 11). *HNC* . Retrieved from *HNC ELECTRIC*:  
[http://www.hncelectric.com/en\\_product\\_show.aspx?id=693](http://www.hncelectric.com/en_product_show.aspx?id=693)

## Tabla 3

Variador de frecuencia HNC HV390-R75G-1

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
5.5Kw	Rango de potencia
7.5hp	Caballos de fuerza
26 <sup>a</sup>	Suministro de corriente máximo
AC 220 +/-15%	Alimentación monofásico y trifásico
220-440 (+- 15%,10%)	Alimentación trifásica
50°C	Temperatura máxima de operación

*Nota.* La tabla representa las características técnicas de un variador de frecuencia *HNC480-5R5G2*.

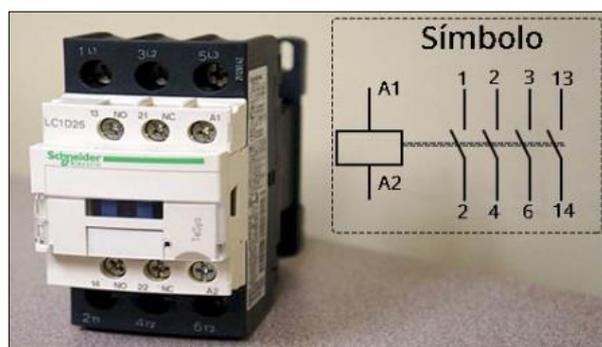
## Contactador

El contactor eléctrico es un dispositivo capaz de permitir o bloquear el paso de la corriente, a través de la apertura o cierre de sus contactos, este dispositivo tiene la

posibilidad de ser activado según su tipo de clasificación. Los contactores pueden ser clasificados por diferentes sistemas, ya sea por su constitución, por su tipo de contactos, por corriente, etc. (Ingeniería Mecafenix, 2017)

### Figura 16

Contactor eléctrico

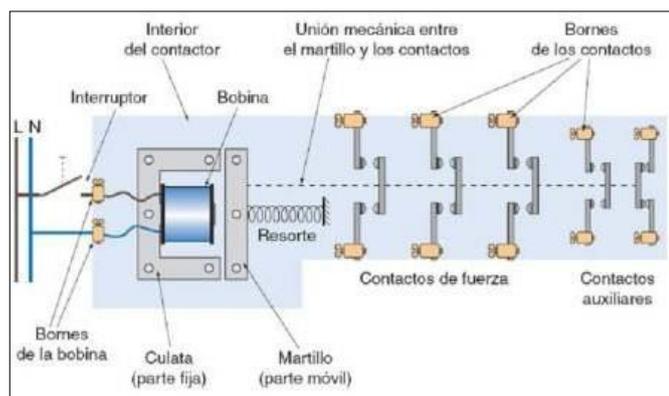


*Nota.* La figura representa el contactor y la simbología usada para su representación en un diagrama eléctrico. Tomado de *Ingeniería Mecafenix*. (29 de Marzo de 2017). Obtenido de <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/contactor-electrico/>

### Partes del contactor

### Figura 17

Partes principales del contactor



*Nota.* La figura representa todos los elementos que forman un contactor. Tomado de *Ingeniería Mecafenix*. (29 de Marzo de 2017). Obtenido de <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/contactor-electrico/>

**Contactos principales.** Los contactos son 1-2, 3-4, 5-6. Su finalidad es abrir y cerrar el circuito de fuerza.

**Contactos auxiliares 13-14 (NO).** Se utilizan en el circuito de mando. Por ello soportan menos intensidad. El contactor tiene contactos auxiliares uno normalmente abierto, pero pueden venir con ellos un cerrado 11-12 (NC).

### **Selector de tres posiciones**

El selector está diseñado para desviar o interrumpir la corriente eléctrica mediante un accionamiento manual, está diseñado para ser utilizado en el campo de control en un sistema eléctrico. ( Equipos Eléctricos CORE S.A.)

### **Figura 18**

*Selector de tres posiciones*



*Nota.* La figura muestra un selector de tres posiciones. Tomado de *Equipos Eléctricos CORE S.A. (n.d.). CORE. Retrieved from CORE: <http://eecore.com/Conmutadores.aspx>*

### **Arranque directo de motor trifásico**

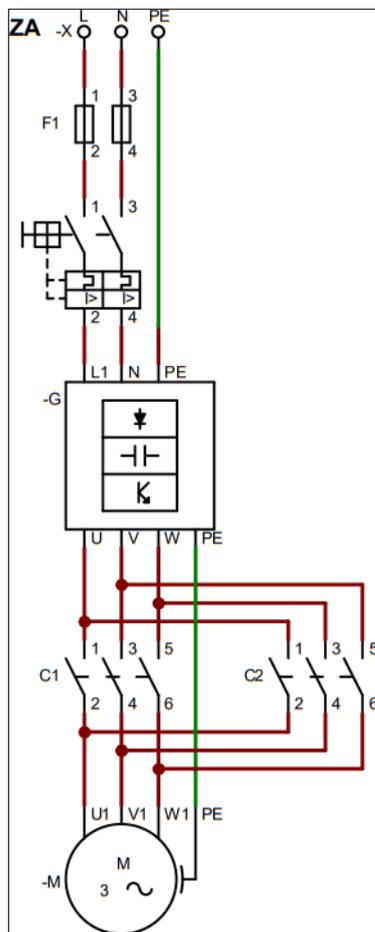
En el arranque directo el motor se conecta directamente a la línea de alimentación, esto provoca una corriente elevada en el momento de salida directa, que activa los circuitos de protección, al arrancar directamente, las bobinas del motor se conectan al instante de la activación de corriente alterna, por medio de un interruptor o contactor. Además, todo el procedimiento se lleva de forma segura utilizando controles eléctricos.

El arranque directo es fácil de implementar, requiere pocos componentes y un motor trifásico. Aunque esto no es beneficioso para la carga, en arranque directo de un motor trifásico de 220 Voltios de 2 hp con una corriente nominal de 5A, al comenzar el arranque

directo consume 3 veces su corriente nominal. (Obregón, 2017)

### Figura 19

*Esquema del Arranque directo de un motor trifásico*



*Nota.* La figura representa la conexión de un arranque directo de un motor trifásico de 3,7 hp, al iniciar en arranque directo consume 3 veces su corriente nominal.

## Capítulo III

### Desarrollo del Tema

#### Descripción del Sistema

La implementación del banco de pruebas para la comprobación de magnetos está formada por un circuito de control; que, mediante la utilización de un breaker, permite el encendido general del sistema, además un selector de tres posiciones que permite seleccionar el sentido de giro del magneto (horario y antihorario), al seleccionar la dirección de giro enciende una luz piloto, activando el contactor para arrancar el motor.

El circuito de fuerza consta de un variador que permite seleccionar la frecuencia de operación, al oprimir el botón RUN (Inicio), el variador proporciona la corriente eléctrica al motor, de esta manera inicia el arranque del motor eléctrico y gira el eje del motor junto al acople, que sujeta al acoplamiento impulsor del magneto. El magneto será colocado en un soporte removible montado en una base movable, y asegurada mediante pernos.

Para comprobar el estado del magneto, el conjunto de acoplamiento de impulsos y el magneto debe girar a un rango de revoluciones de 1400rpm a 1700rpm, este rango de velocidad es el adecuado para realizar la prueba de acuerdo al manual de mantenimiento del magneto, en esta velocidad se genera una chispa eléctrica en cada uno de los terminales del transmisor de energía, caso contrario el magneto o arnés no están operables.

#### Simulación en el software de CADeSIMU

En un navegador de internet se descarga la última versión del software de CADeSIMU, compatible con el sistema operativo Windows, para el desarrollo de la simulación del diagrama se utilizó la versión 4.0.

#### Desarrollo de los diagramas en el software CADeSIMU

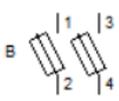
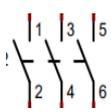
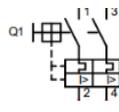
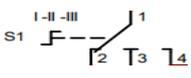
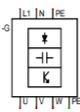
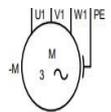
##### *Diagrama del circuito de fuerza*

En el desarrollo del proyecto se optó por el uso del software CADeSIMU, para la simulación del circuito de fuerza se tomó en cuenta la protección del circuito usando un breaker (B), como seguridad de sobrecarga, incluye un interruptor principal (Q1) para la alimentación del circuito, además se utilizó un variador de frecuencia (G, –G) logrando así la

puesta en marcha y variar la velocidad del motor ( $-M$ ), para el control del sentido de giro del motor se colocó dos contactores C1 y C2. En la tabla 4 se especifica los elementos utilizados para la simulación del circuito de fuerza y de control.

**Tabla 4**

*Elementos utilizados en el simulador de CADeSIMU*

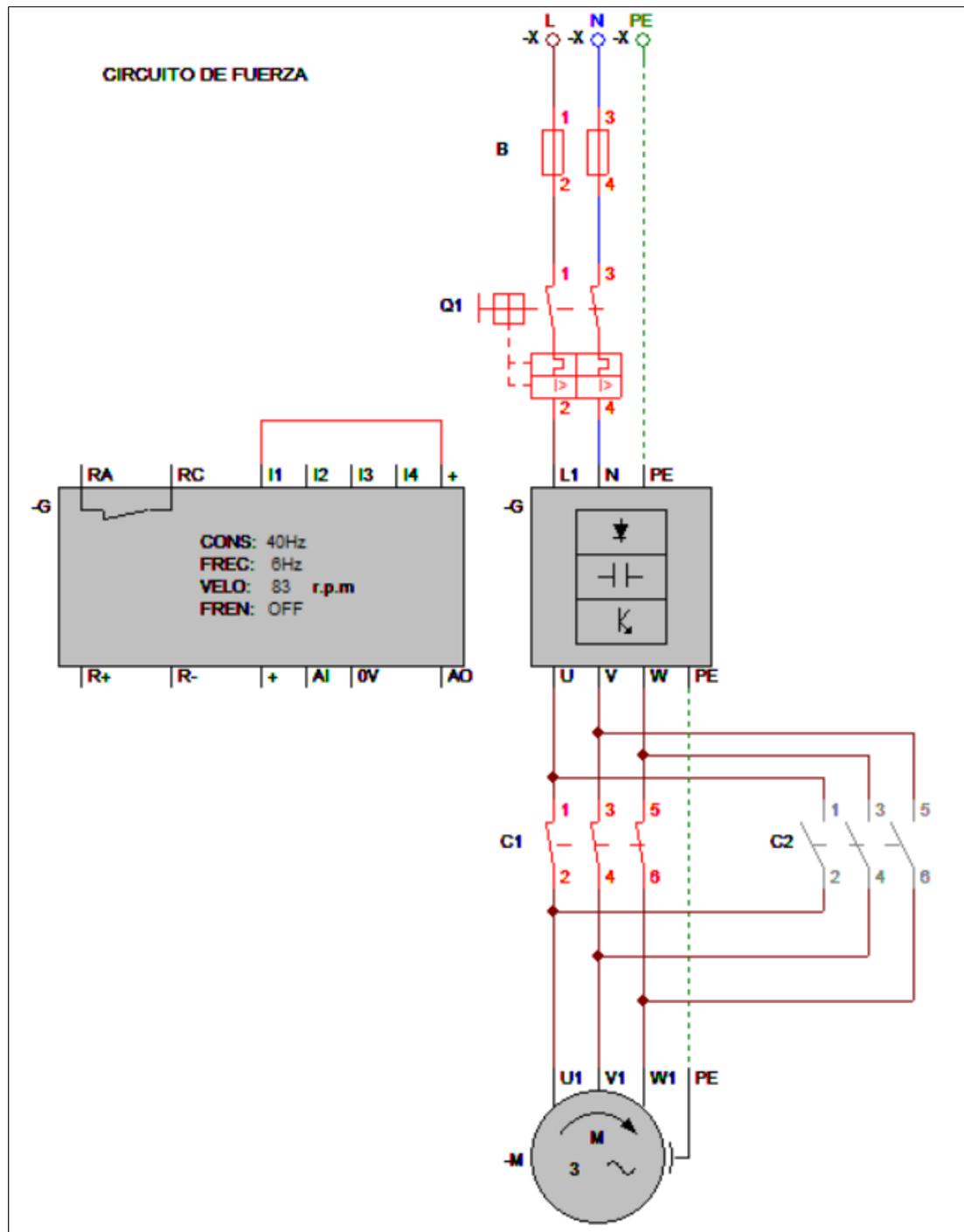
CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
	Alimentación fase
	Alimentación neutra
	Alimentación protección
	Breaker
	Contactador III
	Disyuntor
	Conmutador I-II-III
	Variador de velocidad C.A III
	Motor trifásico
	Luz Piloto

*Nota.* Esta tabla muestra la simbología que se utilizó en el diseño del circuito de fuerza y control de la velocidad del motor.

En la figura 20 se presenta la implementación en CADeSIMU del circuito de fuerza.

Figura 20

Diseño del circuito para el control de velocidad del motor



*Nota.* La figura representa el circuito de fuerza que se implementó, para el control de velocidad del motor mediante el variador de frecuencia.

### **Diagrama del circuito de control**

El circuito de control para el banco de pruebas gestiona el funcionamiento del

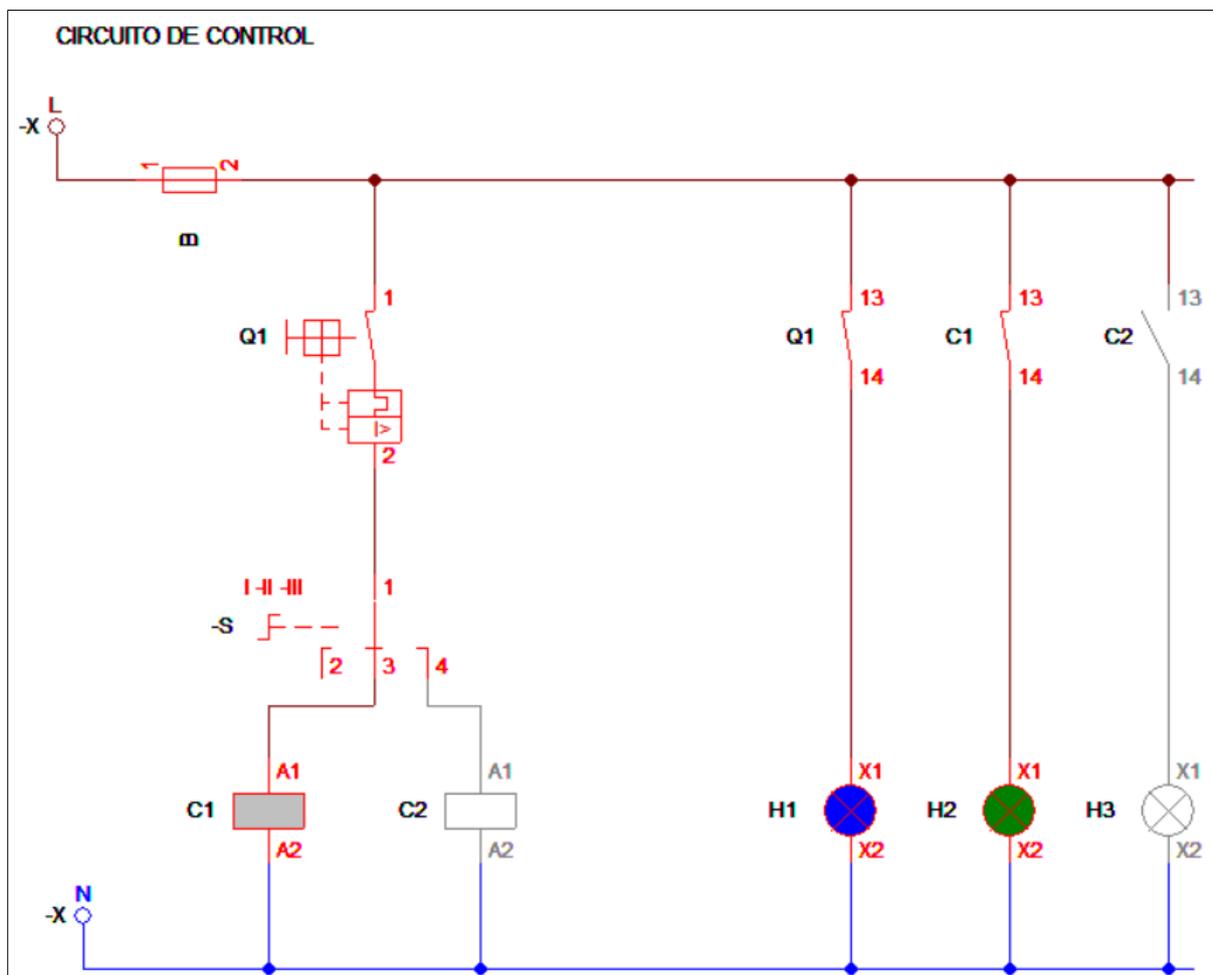
circuito de fuerza Q1. Mediante el selector S1 se selecciona el sentido de giro del motor, permitiendo activar y desactivar al contactor C1 (Sentido Horario) o C2 (Sentido Antihorario). Además, esta operación activa las luces piloto identificadas como:

- H1 (Alimentación)
- H2 (Horario)
- H3 (Antihorario).

En la figura 18 se presenta el circuito de control para el sentido de giro del motor que se encuentra ubicado en el banco de pruebas

### Figura 21

*Diseño del circuito de control para la selección del sentido de giro del motor*



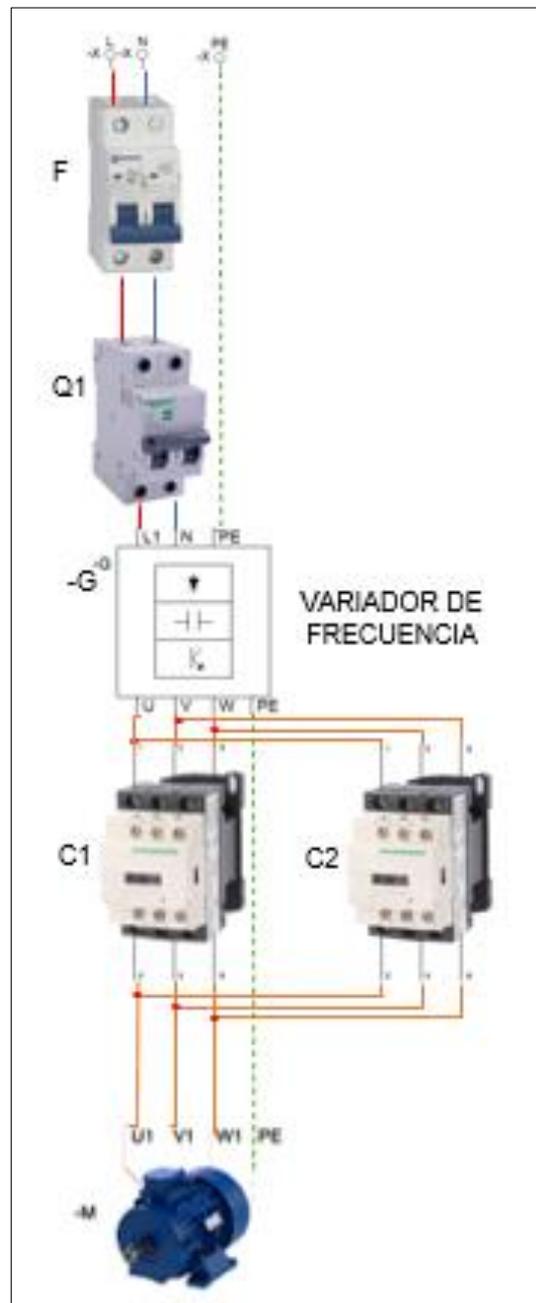
*Nota.* La figura representa el diseño del circuito de control del sentido de giro del motor.

La unión de estos circuitos da como el resultado el funcionamiento completo del

circuito eléctrico empleado para el control y funcionamiento del motor del banco de pruebas, utilizado para el chequeo de la operatividad de los magnetos. En la Figura 22 y la Figura 23 se presenta la simulación tanto del circuito de fuerza como del circuito de control.

### Figura 22

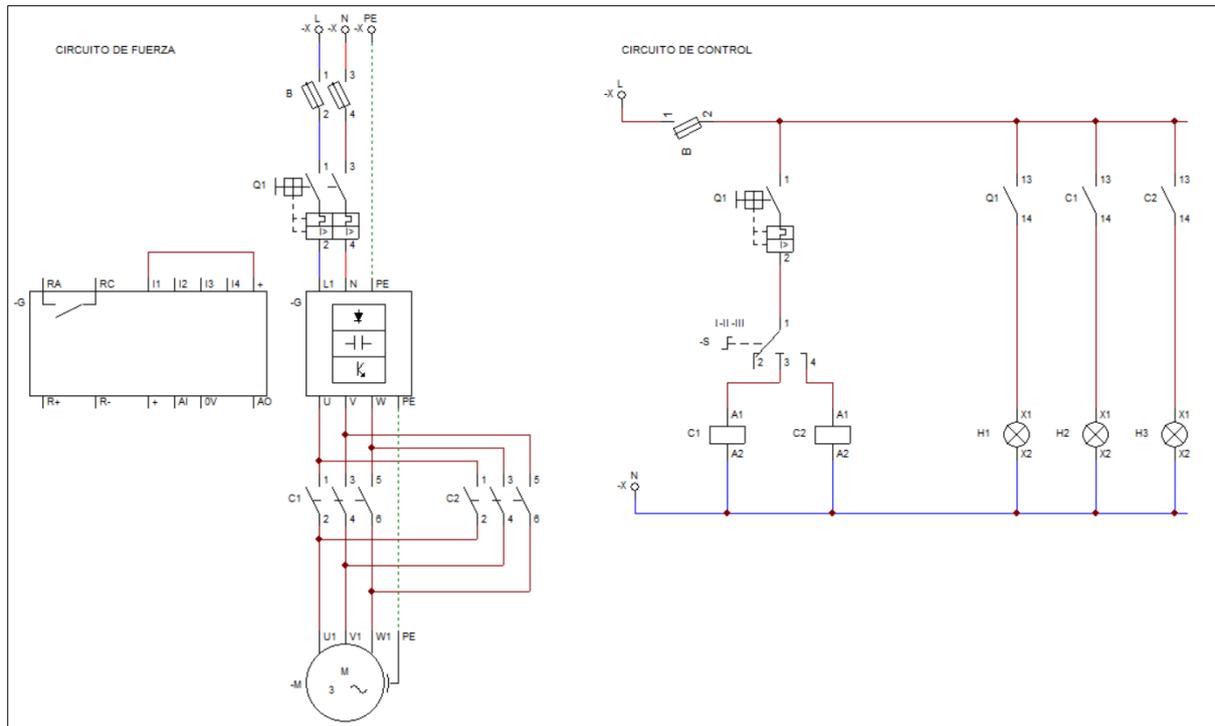
*Diagrama del Circuito de Fuerza*



*Nota.* En la figura se observa el circuito de fuerza, donde se implementa el cambio del sentido de giro del motor

**Figura 23**

Simulación del circuito de fuerza y control del motor



*Nota.* La figura representa la simulación del circuito de control y de fuerza del motor.

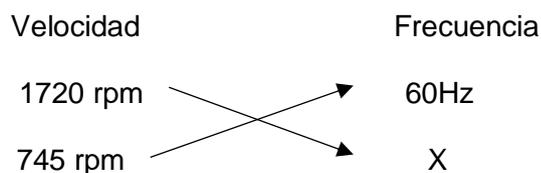
La velocidad del motor (RPM) depende de la frecuencia entregada por el variador, así por ejemplo la frecuencia de 42 Hz equivalente a 1200 rpm, tal como se detalla en la tabla 5.

**Tabla 5***Frecuencia versus Revoluciones por Minuto (RPM)*

FRECUENCIA	VELOCIDAD
2Hz	57 rpm
4Hz	114 rpm
6Hz	172 rpm
8Hz	229 rpm
10Hz	286 rpm
12Hz	344 rpm
14Hz	401 rpm
16Hz	458 rpm
18Hz	516 rpm
20Hz	573 rpm
22Hz	630 rpm
24Hz	688 rpm
26Hz	745 rpm
30Hz	860 rpm
32Hz	917 rpm
34Hz	974 rpm
36Hz	1032 rpm
40Hz	1146 rpm
42Hz	1200 rpm
44Hz	1261 rpm
46Hz	1318 rpm
50Hz	1433 rpm
52Hz	1490 rpm
54Hz	1548 rpm
56Hz	1605 rpm
60Hz	1720 rpm

*Nota.* La tabla representa la frecuencia (Hz) versus la velocidad (rpm).

Los valores de la tabla fundamentan la relación en proporcionalidad con la fórmula de la regla de 3 simple directa, se toma el valor de las rpm del motor (1720 rpm) y la frecuencia máxima a la que trabaja (60Hz), en base a estos valores se determinó la velocidad del motor a determinada frecuencia, por ejemplo, la frecuencia a 745 rpm:



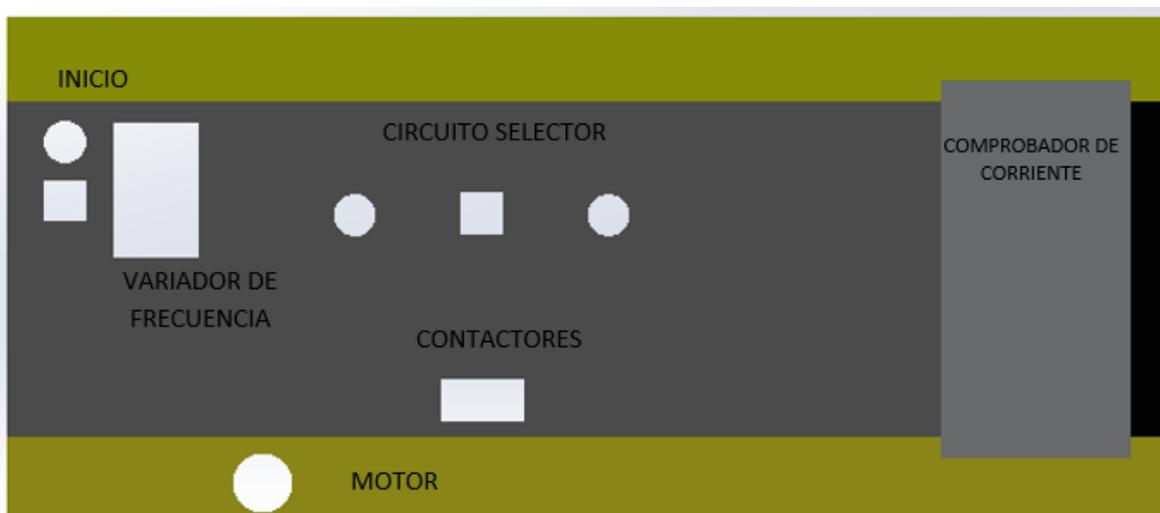
$$X = \frac{745 \text{ rpm} \times 60\text{Hz}}{1720 \text{ rpm}} = \frac{44700 \text{ Hz}}{1720} = 25.98 \text{ Hz} = 26 \text{ Hz}$$

## Diseño Estructural

Para empezar con el diseño estructural se realiza el diseño del tablero de control, la distribución de los componentes en el mismo, considerando las medidas de cada componente y el funcionamiento del mismo, además, se realizó el diseño tanto estructural del banco de pruebas como del acople del motor hacia el magneto, estos diseños fueron realizados en el programa SOLIDWORKS, que es un software que permite realizar diseños en 3D y 2D de acuerdo a nuestras necesidades, ver Anexo D.

### Figura 24

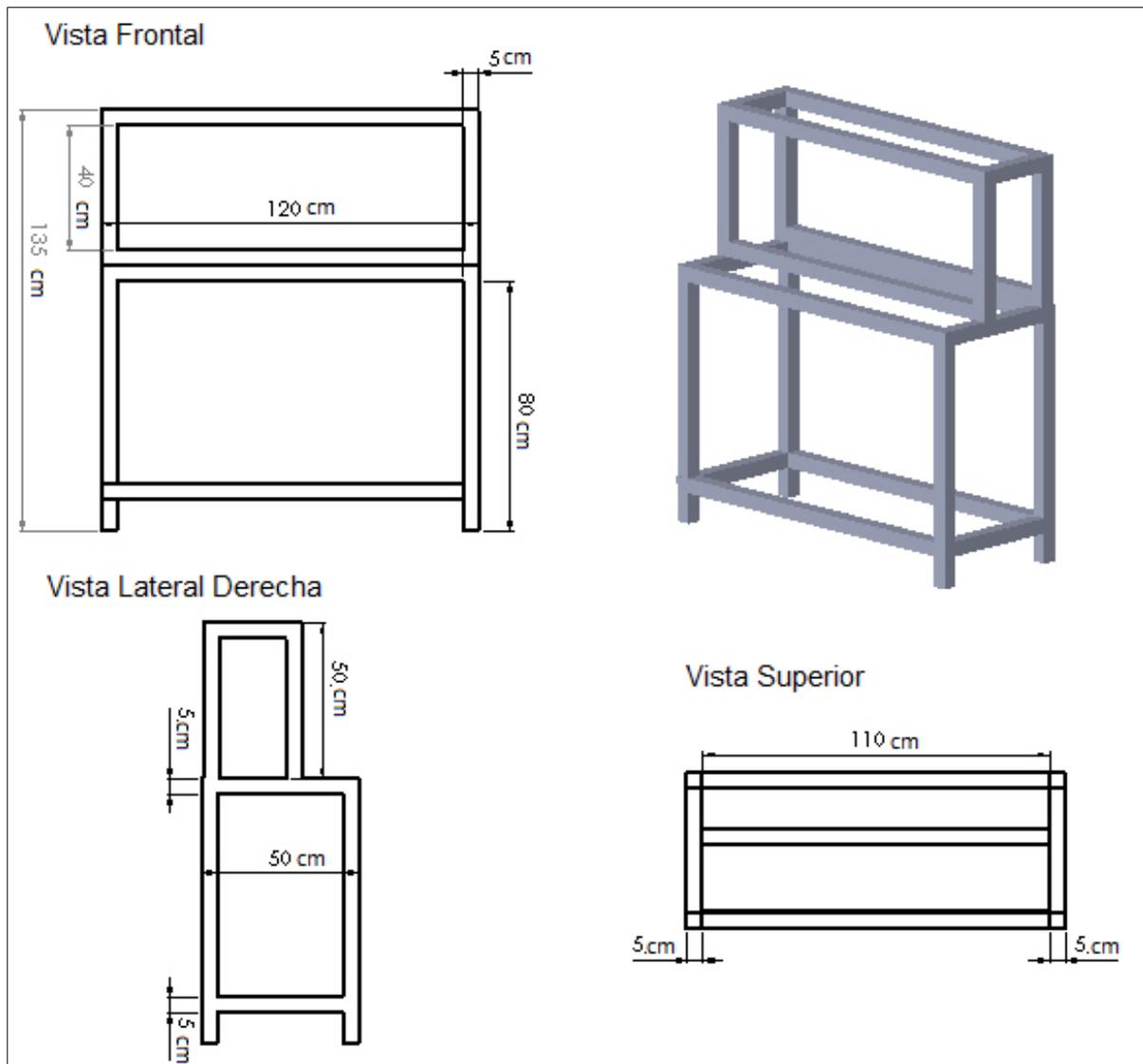
*Diseño de distribución de componentes en el tablero con mediciones.*



*Nota.* En la figura se puede observar el diseño del tablero mediante el software SOLIDWORKS, con las medidas a utilizar y medidas de acuerdo a los componentes a utilizar.

**Figura 25**

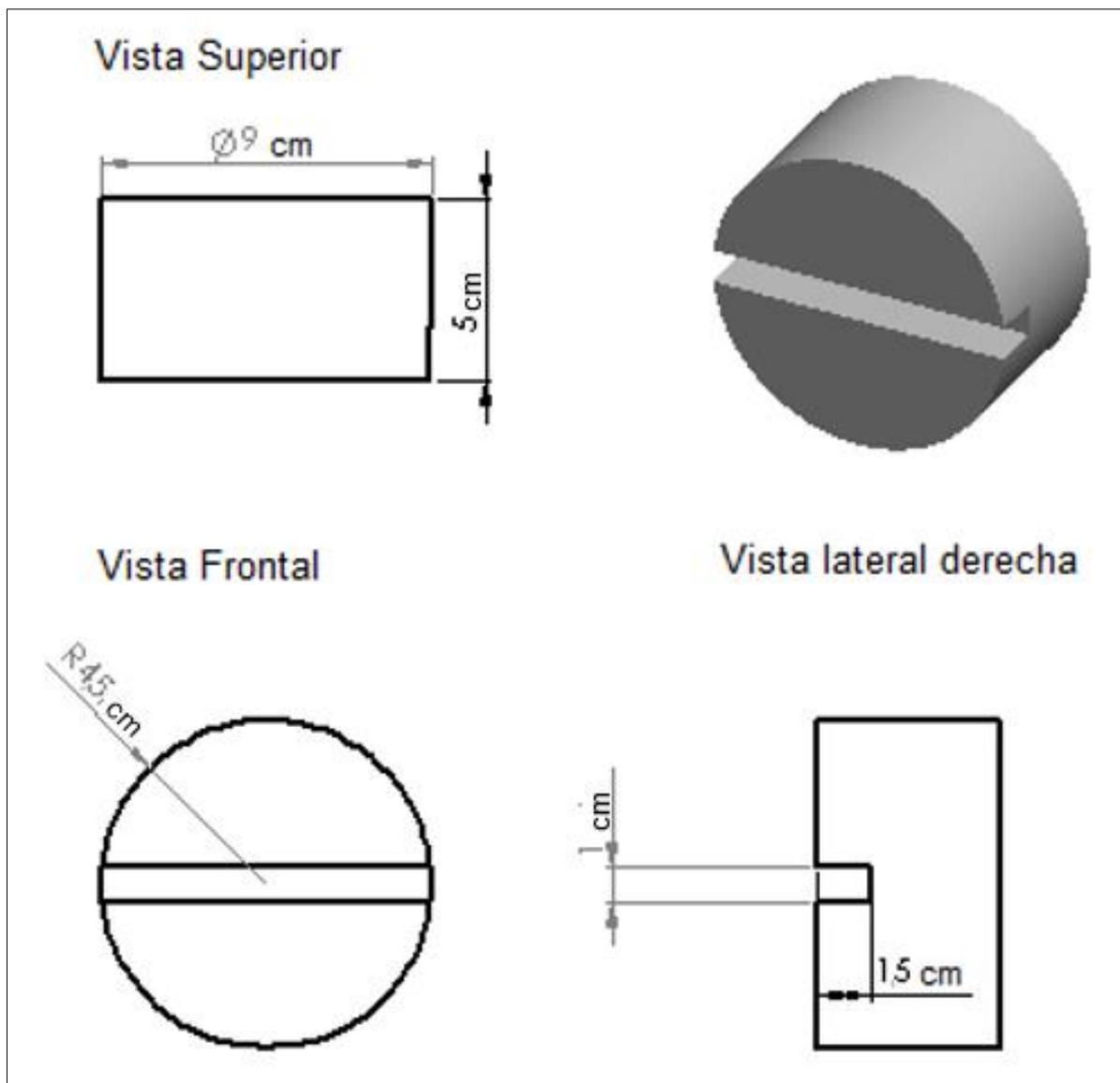
*Diseño de distribución de componentes en el tablero con mediciones.*



*Nota.* En la figura se puede observar el diseño de la estructura del banco de pruebas, esta estructura será de construcción mixta, este diseño está realizado mediante el software SOLIDWORKS

### **Fabricación del Acople**

Para la fabricación del acople se toma como referencia las medidas del acoplamiento impulsor como referencia para la fabricación del mismo, mediante el programa de diseño SOLIDWORKS se realizó el diseño del acople del motor hacia el magneto.

**Figura 26***Acople del magneto hacia el motor*

*Nota.* Esta figura representa el diseño del acople que une el motor trifásico con el magneto mediante el software SolidWorks

### **Montaje de los elementos eléctricos y electrónicos en el tablero de control**

El montaje de los elementos eléctricos y electrónicos se procedió conforme al diseño en CAdeSIMu. En la Figura 28, se presenta parte del proceso de conexión y montaje de los elementos.

Es importante que el cableado eléctrico siga un patrón de orden para evitar posibles confusiones o incluso un corto circuito, además se determinó el número o calibre del

cableado a utilizar para evitar posibles recalentamientos o falla del sistema. Se realizó la revisión de la placa de datos donde indica que es un motor trifásico de 3.7 Hp, considerando que un 1 Hp es igual a 746 Watts entonces:

$$3.7 \text{ Hp} \times \frac{746 \text{ Watts}}{1 \text{ Hp}} = 2760.2 \text{ Watts}$$

Una vez realizada la conversión se obtiene que los 3.7 Hp transformada a Watt, da un valor de 2760.2 Watts, por ende, se realiza el cálculo del valor de la corriente con la siguiente fórmula:

$$P = V \times I \times \cos\phi$$

$$I = \frac{P}{V \times \cos\phi} = \frac{2760.2 \text{ Watts}}{220 \text{ V} \times 0.88} = 14.25 \text{ A}$$

De acuerdo a los cálculos anteriormente ejecutados, el conductor que se debería utilizar es de calibre número 14 AWG cuya corriente máxima descrita en el documento de electrocables (*Electrocables, 2018*), es de 25 Amperios, según la descripción del cable, este soporta una temperatura máxima de 90 grados centígrados, voltaje máximo de 600 voltios, con recubrimiento pvc y nylon con sello de calidad INEN 2345.

Se ha seleccionado cable, ya que es resistente a la abrasión y a sustancias como aceites, grasas, combustible u otras sustancias corrosivas como pinturas o solventes. El aislamiento PVC actúa como retardante a las llamas, libre de materiales pesados. Puede ser usado en lugares secos a temperaturas de 90 grados y en lugares húmedos a 75 grados centígrados de operación.

### Figura 27

*Placa de datos del Motor*



*Nota.* En la figura se aprecia la placa de datos del motor utilizado en el banco de pruebas

A fin de evitar daños en el circuito eléctrico del motor, se consideró el uso de un breaker de 20 A, con la finalidad de interrumpir el paso de la corriente causada por un corto circuito o una sobrecarga, ver Anexo E.

### Figura 28

*Conexión y montaje de los componentes de acuerdo al circuito de control y potencia simulado en CADeSIMU.*



*Nota.* En la figura se aprecia las conexiones y montajes de los circuitos anteriormente presentados en la Figura 23.

### Implementación del transmisor de energía

Para la implementación del transmisor de energía se instalaron seis bujías REM 38 E que son utilizadas en los motores de la aeronave ISLANDER, para así conectar el arnés y comprobar el flujo de corriente, además de doce tornillos (8 cm) con una terminación en punta los cuales simular al electrodo a una distancia muy prudente o de seguridad para evitar choques eléctricos, el magneto es un generador que produce un alto voltaje que si bien no es peligroso para el humano, si puede ocasionar pequeñas lesiones, por ende, se instaló un cajón tipo vitrina para la seguridad del operador.

### Figura 29

*Fabricación del transmisor de energía.*



*Nota.* En la figura se puede la realización del transmisor de energía, las puntas de los tornillos se evitó la pintura, ya que la misma es aislante.

**Figura 30**

*Construcción de caja de aislamiento o protección*



*Nota.* En la figura se observa la caja de protección o de aislamiento para la operación del banco de prueba en caso de choques eléctricos.

### **Montaje del transmisor de energía y señalética**

El transmisor de energía se colocó en cada uno de los terminales de las bujías para la comprobación del flujo de corriente, este vendría a ser el arnés del magneto que permite que la conductividad de la corriente generada en el magneto sea transmitida hacia el motor.

**Figura 31**

*Montaje del comprobador de energía y señalética*



*Nota.* En la figura muestra la configuración del tablero de control terminada.

## Comprobación y Análisis del Banco de Pruebas

Para realizar la prueba operacional del banco, es importante que antes de poner en funcionamiento el circuito, se realice una inspección rápida de todos los elementos eléctricos y electrónicos, verificando que estén conectados adecuadamente, además de asegurarse que el banco de pruebas (aérea de trabajo) esté limpia.

A continuación, se presenta los pasos a seguir para el uso correcto del banco de pruebas:

1. Conectar el circuito a 220V
2. Pasar breaker de encendido a la posición ON.
3. Verificar que encienda la luz piloto azul.
4. Proceder a la colocación del magneto y el arnés para su comprobación.
5. Con el variador de frecuencia elegir la velocidad a la que se desea girar el motor.
6. Mediante el selector de giro, seleccionar el sentido de giro del motor.
7. Iniciar la comprobación del magneto, seleccionando RUN, en el variador de frecuencia.
8. Observar en el transmisor de energía el flujo de la corriente que se genera en el magneto y que a su vez es transmitido por el arnés del mismo.
9. Una vez realizado la comprobación del flujo de corriente, se selecciona la opción STOP en el variador.
10. Apagar el circuito
11. Desconectar el cable de la energía eléctrica.
12. Retirar los componentes tales como el magneto y el arnés.

En caso de que exista alguna falla, proceder con el mantenimiento del magneto de acuerdo a las especificaciones dadas por el Service Manual del fabricante y realizar el respectivo procedimiento de almacenaje.

**Figura 32***Funcionamiento del banco de pruebas*

*Nota.* En la figura se observa el funcionamiento del magneto y del arnés, donde se observó que ambos están en condiciones operables.

Al realizar la verificación del magneto, siguiendo los pasos descritos anteriormente, para el encendido del banco de pruebas, se determinó que la producción de la chispa en el magneto, así como la conducción de la misma por el arnés hacia el transmisor de energía, fueron correctas, generándose el correspondiente arco eléctrico.

Se constató que, en el transmisor de energía se producen pequeños arcos eléctricos, simulando así la chispa que se genera y transmite para el encendido de la mezcla aire/combustible en los cilindros del motor, ver Anexo F.

## Capítulo IV

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

- Se implementó un banco de pruebas para la comprobación rápida del funcionamiento de los magnetos en la empresa AEROKASHURKO, de este modo se aporta al desarrollo de las operaciones de mantenimiento.
- El banco de prueba no solo ayuda al desarrollo de las operaciones de mantenimiento de la empresa, sino también aporta como una ayuda didáctica para los alumnos que se estén formando en este ámbito, ayudando a identificar rápidamente fallas en los magnetos.
- De acuerdo a las especificaciones técnicas de los magnetos que se describen en los manuales de servicio, se realizó la selección de los componentes que son parte del banco de prueba.

## Recomendaciones

- Para garantizar el funcionamiento adecuado del sistema, los técnicos de mantenimiento deben realizar los pasos para encender y apagar el sistema para la comprobación del banco de pruebas.
- Antes del uso del banco de pruebas por parte de los alumnos, se debe realizar una capacitación del uso y manejo del banco de pruebas, dando a conocer el funcionamiento de cada uno de los componentes que son parte del mismo.
- Es necesario la utilización de los manuales de servicios de los magnetos, para verificar la operación del mismo, antes de realizar la comprobación del funcionamiento de los magnetos.

## Bibliografía

- AEROSPACE, CHAMPION. (2021). Series Magneto Maintenance and Overhaul Manual. En  
C. AEROSPACE, CHAMPION AEROSPACE (pág. 77). South California:  
CHAMPION.
- Alejandro. (9 de Mayo de 2008). blogspot. Obtenido de blogspot: <https://electricidad-viatger.blogspot.com/2008/05/los-motores-elctricos-en-corriente.html>
- Burgues, M. (16 de Enero de 2023). Okdiario. Obtenido de Okdiario:  
<https://okdiario.com/curiosidades/motor-electrico-como-funciona-491386>
- Chen, T. (18 de Noviembre de 2014). blogspot. Obtenido de blogspot:  
<http://fleridamotores.blogspot.com/2014/11/motores-electricos-un-motor-electrico.html>
- Compañía Levantina de Reductores. (31 de Enero de 2018). CLR. Obtenido de CLR:  
<https://clr.es/blog/es/cojinetes-de-friccion/>
- Durden, R. (30 de Diciembre de 2019). The Aviation Consumer. Obtenido de The Aviation Consumer: <https://www.aviationconsumer.com/maintenance/magneto-upkeep-not-worth-overhauling/>
- Electrocables. (2018). Electrocables. Obtenido de Electrocables:  
<https://www.electrocable.com/uploads/catficha/cata-logo-electrocables-2018.pdf>
- Equipos Eléctricos CORE S.A. (s.f.). CORE. Obtenido de CORE:  
<http://eecore.com/Conmutadores.aspx>
- Fichas, A. (28 de Mayo de 2021). ABC Fichas. Obtenido de ABC Fichas:  
<https://www.abcfichas.com/las-partes-de-un-motor/partes-de-un-motor-electrico/>
- Gonzaga & Rodriguez Cia. Ltda. (18 de enero de 2021). Obtenido de  
<https://electricoindustrial.com.ec/2021/01/18/caracteristicas-constructivas-y-tipo-de-arranque-para-los-motores-electricos-trifasicos/>
- HCN ELECTRIC. (11 de Noviembre de 2017). HNC . Obtenido de HCN ELECTRIC:  
[http://www.hncelectric.com/en\\_product\\_show.aspx?id=693](http://www.hncelectric.com/en_product_show.aspx?id=693)

HVM. (s.f.). Obtenido de <https://hvhindustrial.com/es/blog/tipos-y-caracter%C3%ADsticas-de-cojinetes-de-los-motores-el%C3%A9ctricos>

Industrial, H. (7 de Julio de 2023). HVH industrial. Obtenido de HVH industrial:

<https://hvhindustrial.com/es/blog/tipos-y-caracter%C3%ADsticas-de-cojinetes-de-los-motores-el%C3%A9ctricos>

Ingeniería Mecafenix. (29 de Marzo de 2017). Obtenido de

<https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/contactor-electrico/>

Job, T. (11 de Julio de 2023). Sistemas de las aeronaves Cessna y Briten Norman. Curso

Sistemas de las aeronaves Cessna y Britten Norman. Shell, Pastaza, Ecuador.

Martín, A. A. (11 de Junio de 2014). DISEÑO DE UN MOTOR. Barcelona , España.

Mheducation. (2014-2022). Motor Electrico. En S. Henriquez, Motor Electrico (pág. 288). All

Rights Reserved. Obtenido de

<https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448173104.pdf>

Obregón, L. (Febrero de 2017).

Peter, J. (23 de abril de 2015). Slideshare. Obtenido de Slideshare:

<https://www.slideshare.net/jesscar/piston-engines-ignition>

QAA. (17 de Mayo de 2021). QAA. Obtenido de QUALITY AIRCRAFT ACCESORIES:

<https://www.qaa.com/bendix-magnetos>

Site.google. (s.f.). Obtenido de [https://sites.google.com/site/motoreselectricos2014/home/4-](https://sites.google.com/site/motoreselectricos2014/home/4-partes-fundamentales-de-un-motor-elctrico/11-estator)

[partes-fundamentales-de-un-motor-elctrico/11-estator](https://sites.google.com/site/motoreselectricos2014/home/4-partes-fundamentales-de-un-motor-elctrico/11-estator)

Spruce, A. (15 de Julio de 2023). Aircraft Spruce. Obtenido de Aircraft Spruce:

<https://www.aircraftspruce.com/catalog/eppages/kellyharness.php?clickkey=118519>

Tirado, S. (24 de Abril de 2012). Monografias. Obtenido de Monografias:

<https://www.monografias.com/trabajos93/motores-electricos/motores-electricos2>

Ventura, E. E. (07 de Junio de 2013). slideshare. Obtenido de slideshare:

<https://es.slideshare.net/10estalin/bobinado-del-motor-trifasico>

Villajulca, J. C. (30 de Enero de 2012). Instrumentacion y Control.net. Obtenido de Instrumentacion y Control.net: <https://instrumentacionycontrol.net/datos-de-placa-de-un-motor-y-formulas-electricas/>

# ANEXOS