



Implementación de un banco de prueba para la comprobación de los magnetos Slick y Bendix de la aeronave Cessna T206H perteneciente al Grupo de Aviación del Ejército N°44 “Pastaza”

Lanchimba Pilca Nelson Alfonso

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología en Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica

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

Ing. Alpúsig Cuichán Silvia Emperatriz

Latacunga

13 de septiembre del 2021



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **“Implementación de un banco de prueba para la comprobación de los magnetos Slick y Bendix de la aeronave Cessna T206H perteneciente al Grupo de Aviación del Ejército N°44 “Pastaza”** fue realizado por el señor **Lanchimba Pilca Nelson Alfonso**, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga 13 de septiembre del 2021



Firmado electrónicamente por:
**SILVIA
EMPERATRIZ
ALPUSIG CUICHAN**

Ing. Alpúsig Cuichán Silvia Emperatriz.

C.C.: 0502779697

Reporte de Verificación



Document Information

Analyzed document	Monografia_Lanchimba_Pilca_Nelson_Alfonso.pdf (D112509401)
Submitted	9/13/2021 7:47:00 PM
Submitted by	Juan Carlos Altamirano
Submitter email	jc.altamiranoc@uta.edu.ec
Similarity	8%
Analysis address	jc.altamiranoc.uta@analysis.orkund.com

Sources included in the report

W	URL: http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5995/1/108T0163.pdf Fetched: 9/13/2021 7:48:00 PM		2
W	URL: https://sites.google.com/site/279motoreselectricos/home/1-1-clasificacion Fetched: 9/13/2021 7:48:00 PM		1
W	URL: https://sites.google.com/site/279motoreselectricos/partes-fundamentales-de-un-motor-electrico/2-1-estator Fetched: 9/13/2021 7:48:00 PM		2
SA	TESIS ADRIAN VERA.docx Document TESIS ADRIAN VERA.docx (D10863622)		6
SA	motores electricos tarea .pdf Document motores electricos tarea .pdf (D78796891)		4
W	URL: https://docplayer.es/amp/7240982-Montaje-de-un-banco-de-prueba-para-arranque-de-motores-victor-hugo-cabezas-castillo-jaime-andres-lozano-portela.html Fetched: 10/30/2019 1:21:25 AM		1
W	URL: https://patentados.com/2010/caja-de-conexiones-de-un-motor-electrico Fetched: 9/13/2021 7:48:00 PM		1
W	URL: https://fleridamotores.blogspot.com/2014/11/motores-electricos-un-motor-electrico.html Fetched: 10/21/2020 6:45:30 PM		1
W	URL: https://unlp.edu.ar/frontend/media/29/33729/08e425f5255f47f7fd9e7dbc92ee7dfe.pdf Fetched: 9/13/2021 7:48:00 PM		1



Firmado electrónicamente por:
**SILVIA
 EMPERATRIZ
 ALPUSIG CUICHAN**

Ing. Alpúsig Cuichán Silvia Emperatriz.

C.C.: 0502779697



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Lanchimba Pilca Nelson Alfonso**, con cédula de ciudadanía N° **1726778788**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **Implementación de un banco de prueba para la comprobación de los magnetos Slick y Bendix de la aeronave Cessna T206H perteneciente al Grupo de Aviación del Ejército N° 44 “Pastaza”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga 13 de septiembre del 2021

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Lanchimba Pilca Nelson Alfonso', is written over a light blue horizontal line.

Lanchimba Pilca Nelson Alfonso

C.C.:1726778788



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **Lanchimba Pilca Nelson Alfonso**, con cédula de ciudadanía N° **1726778788**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía:

Implementación de un banco de prueba para la comprobación de los magnetos Slick y Bendix de la aeronave Cessna T206H perteneciente al Grupo de Aviación del Ejército N° 44 “Pastaza” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga 13 de septiembre del 2021

Lanchimba Pilca Nelson Alfonso

C.C.: 1726778788

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia que me apoyó incondicionalmente en cada momento, en especial a mis padres Luis Lanchimba y María Pilca por siempre tener Fe y creer en mí, todo lo que he logrado se lo debo a ellos que son mis padres además por inculcar en mí la importancia de estudiar para seguir adelante, a mis hermanos y hermanas quienes me dieron su confianza y apoyo en el trascurso de toda la carrera y en el desarrollo de mi proyecto final.

LANCHIMBA PILCA NELSON ALFONSO

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a DIOS por darme vida y salud, y darme las fuerzas para salir adelante cada día, a mi mamá, mi papá, mis hermanas, y seres amados que son lo que más estimo en la vida, a mis amigos quienes formaron una familia en todo el transcurso del camino.

Agradezco a la ingeniera Silvia Alpusig, mi Tutora, por ayudarme, guiarme en todo el transcurso del desarrollo de mi proyecto quien supo dedicar su tiempo con paciencia y mucho profesionalismo.

También agradezco al GRUPO DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO N°44 "PASTAZA" por brindarme su confianza en mis conocimientos y darme la oportunidad de implementar mi proyecto técnico para alcanzar mi título como profesional.

Mi gratitud a los docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE Extensión Latacunga, en la Unidad de Gestión de Tecnologías, que impartieron sus conocimientos y experiencias con profesionalismo en donde he adquirido mayores conocimientos para formarme como profesional y de esta manera culminar una etapa más de mi vida.

LANCHIMBA PILCA NELSON ALFONSO

Tabla de Contenidos

Carátula.....	1
Certificación	2
Reporte de Verificación	3
Autoría de responsabilidad.....	4
Autorización	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento	7
Tabla de Contenidos.....	8
Índice de tablas	11
Índice de figuras.....	12
Resumen	14
Abstract.....	15
Planteamiento del Problema	16
Antecedentes	16
Planteamiento del problema.....	17
Justificación	17
Objetivo general	18
Objetivos específicos	18
Alcance.....	18
Marco Teórico.....	20
Aeronave Cessna modelo T206H.....	20
Sistema de encendido-magnetos de Cessna T206H.....	22
<i>Magnetos Slick</i>	23
<i>Magnetos Bendix</i>	24

	9
Arnés de Encendido.....	26
Cade Simu	26
<i>Interfaz de usuario del Software Cade Simu.....</i>	<i>27</i>
Maquinas eléctricas	28
Motor eléctrico.....	29
<i>Clasificación de motores eléctricos</i>	<i>30</i>
<i>Partes Fundamentales de un Motor Eléctrico.....</i>	<i>32</i>
Variador de Frecuencia HNC 480-5R5G2	40
Contactador	42
<i>Partes del contactor</i>	<i>43</i>
Luz piloto	47
Selector de tres posiciones.....	47
Cable flexible calibre 12.....	48
Arranque directo de motor trifásico	49
Desarrollo de tema.....	51
Descripción del Sistema.....	51
Simulación en el software de CADeSIMU	51
Desarrollo de los diagramas en el software CADeSIMU.....	52
<i>Diagrama del circuito de fuerza</i>	<i>52</i>
<i>Diagrama del circuito de control.....</i>	<i>53</i>
<i>Diagramas de conexionado utilizados en la simulación</i>	<i>54</i>
Diseño del tablero y la estructura metálica para el banco de prueba	58
Construcción del tablero y la estructura metálica para el banco de prueba	
61	
Fabricación de los elementos mecánicos para el banco de pruebas	62

	10
<i>Fabricación del acople</i>	62
<i>Fabricación del transmisor de energía</i>	63
<i>Fabricación del acople</i>	65
Montaje de los elementos eléctricos y electrónicos en el tablero de control de acuerdo al diseño de los circuitos de fuerza y de control.	66
Conclusiones y Recomendaciones	73
Conclusiones	73
Recomendaciones.....	74
Bibliografía	75
Anexos	78

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Peso de Diseño y Capacidades</i>	21
Tabla 2 <i>Capacidad de Combustible</i>	22
Tabla 3 <i>Capacidad de Aceite</i>	22
Tabla 4 <i>Características técnicas de la Placa de un motor Eléctrico(Norma Americana)</i> 38	
Tabla 5 <i>Características técnicas de la Placa de un motor Eléctrico(norma Europea)....</i> 39	
Tabla 6 <i>Variador de frecuencia HNC 480-5R5G2</i>	41
Tabla 7 <i>Frecuencia en rpm</i>	55
Tabla 8 <i>Elementos utilizados en el simulador de CADeSIMU</i>	57
Tabla 9 <i>Tabla de instrucciones de operación</i>	69

Índice de figuras

Figura 1 <i>Aeronave Cessna modelo T206H</i>	20
Figura 2 <i>Sistema de encendido tipo magneto de la aeronave Cessna</i>	23
Figura 3 <i>Magnetos Slick</i>	24
Figura 4 <i>Magneto Bendix</i>	25
Figura 5 <i>Arnés de encendido de la aeronave</i>	26
Figura 6 <i>Interfaz del simulador CAdESIMU</i>	27
Figura 7 <i>Partes del interfaz de CAdESIMU</i>	28
Figura 8 <i>Laboratorio de máquinas eléctricas</i>	29
Figura 9 <i>Motor eléctrico</i>	30
Figura 10 <i>Estator del motor eléctrico</i>	32
Figura 11 <i>Rotor del motor eléctrico</i>	33
Figura 12 <i>Bobinado de un motor eléctrico</i>	34
Figura 13 <i>Caja de conexiones del motor</i>	35
Figura 14 <i>Cojinetes de deslizamiento del motor</i>	36
Figura 15 <i>Cojinetes de rodamiento del motor</i>	36
Figura 16 <i>Placa de característica del motor</i>	37
Figura 17 <i>Variador de frecuencia</i>	41
Figura 18 <i>Contactador eléctrico</i>	42
Figura 19 <i>Partes principales del contactador</i>	43
Figura 20 <i>Carcasa del contactador</i>	44
Figura 21 <i>Electroimán del contactador</i>	45
Figura 22 <i>Bobina del contactador</i>	46
Figura 23 <i>Núcleo del contactador</i>	46
Figura 24 <i>Indicador LED</i>	47

Figura 25 <i>Selector de tres posiciones</i>	48
Figura 26 <i>Cable flexible calibre 12</i>	48
Figura 27 <i>Esquema del Arranque directo de un motor trifásico</i>	50
Figura 28 <i>Diseño del circuito de fuerza</i>	52
Figura 29 <i>Diseño del circuito de control</i>	53
Figura 30 <i>Simulación del circuito</i>	54
Figura 31 <i>Diseño del tablero con medidas reales en centímetros</i>	58
Figura 32 <i>Diseño de la estructura metálica con medidas reales en centímetros</i>	59
Figura 33 <i>Prototipo del banco de pruebas con medidas reales en centímetros.</i>	60
Figura 34 <i>Construcción del tablero</i>	61
Figura 35 <i>Construcción de la estructura metálica</i>	61
Figura 36 <i>Fabricación del acople</i>	62
Figura 37 <i>Vista del acople finalizado</i>	63
Figura 38 <i>Fabricación del transmisor de energía</i>	64
Figura 39 <i>Vista del transmisor de energía finalizado</i>	64
Figura 40 <i>Soporte del magneto</i>	65
Figura 41 <i>Prueba del soporte del magneto en uso</i>	65
Figura 42 <i>Tablero de control</i>	66
Figura 43 <i>Montaje del tablero de control en la estructura metálica</i>	67
Figura 44 <i>Prueba y análisis del banco de pruebas para magnetos</i>	68
Figura 45 <i>Operación del banco de pruebas con el magneto</i>	70
Figura 46 <i>Funcionamiento del transmisor de energía</i>	71

Resumen

El presente proyecto, describe la implementación de un banco de pruebas de magnetos Slick y Bendix de la aeronave Cessna T206H, este proyecto se realizó debido a la escasez de equipos relacionados a la comprobación del estado de funcionamiento de los magnetos de la aeronave. Con esto se busca mejorar el perfil profesional de los técnicos e innovar el desempeño los talleres del GRUPO DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO N.º 44 "PASTAZA" para que así las aeronaves tengan un vuelo más seguro. Para ello, fue necesario realizar el análisis de las etapas que posee y de los circuitos que intervienen en el encendido del motor de la aeronave, con el propósito de crear un módulo didáctico para el desarrollo de prácticas en el taller de aviónica. En la primera fase se realizó la fabricación de un transmisor de energía con seis terminales, cada terminal simulara una bujía, las bujías van en cada uno de los cilindros de motor de la aeronave. Un arnés ayudara la interconexión del magneto y el transmisor de energía y poder comprobar el estado del magneto sin tener le necesidad de encender la aeronave, un variador de frecuencia y un motor trifásico a 220V ayudara a girar el conjunto de acoplamiento de impulsos del magneto a un rango de 1200rpm a 1700rpm.

Palabras clave:

- **CESSNA T206H**
- **MAGNETOS**
- **AVIACIÓN DEL EJÉRCITO N° 44 "PASTAZA"**

Abstract

This project describes the implementation of a test bench for Slick and Bendix magnets for the Cessna T206H aircraft. This project was carried out due to the shortage of equipment related to checking the operational status of the aircraft's magnets. This seeks to improve the professional profile of the technicians and innovate the performance of the AVIATION GROUP OF THE ARMY No. 44 "PASTAZA" workshops so that the aircraft have a safer flight. For this, it was necessary to carry out the analysis of the stages that it has and of the circuits that intervene in the ignition of the aircraft engine, with the purpose of creating a didactic module for the development of practices in the avionics workshop. In the first phase, the manufacture of an energy transmitter with six terminals was carried out, each terminal simulating a spark plug, the spark plugs go in each of the aircraft's engine cylinders. A harness will help the interconnection of the magneto and the power transmitter and to be able to check the state of the magneto without having to start the aircraft, a frequency inverter and a three-phase 220v motor will help to turn the impulse coupling assembly of the magneto to a range from 1200rpm to 1700rpm.

Key words:

- **CESSNA T206H**
- **MAGNETOS**
- **ARMY AVIATION No. 44 "PASTAZA"**

Capítulo I

1 Planteamiento del Problema

1.1. Antecedentes

En los últimos años se ha visto como el campo aeronáutico ha dado un gran paso, por lo que se requiere ampliar conocimientos teóricos y prácticos aplicados en los procesos laborales.

Según Edison Domínguez de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana en su tesis de grado titulado “Diseño y construcción de un banco de pruebas para magnetos de aeronaves del Ala De Combate N°22” determinó que al banco de pruebas lo complementa el análisis de los parámetros de funcionamiento y operación con pruebas reales que crea sistema práctico y sencillo de chequeo, al mismo tiempo la operación del banco es fácil de operar para el técnico que lo manipule, pues ellos están familiarizados con la operación de dichas aeronaves y conoce sus rangos y parámetros de operación, también manifestó que existen diferentes tipos y clases de bancos de prueba como generadores, entre ellos para alternadores, estos se diferencian por su capacidad como control, maniobrabilidad, tracción, capacidad de carga, estabilidad, eficiencia. (Dominguez Chuiza, 2015)

Según Escobar Andrea y Bassante Víctor de la carrera de Ingeniería Electrónica e Instrumentación de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, en su proyecto de titulación “Diseño un banco de pruebas para los generadores arrancadores de las aeronaves Super Tucano A-29B, presenta la distribución física de banco de pruebas, se detalla los equipos utilizados en la elaboración del proyecto de tesis y funcionamiento. (Escobar Andrea, 2016)

1.2. Planteamiento del problema

El número de prueba de los magnetos que realizan en la aeronave Cessna T206H perteneciente al Grupo de Aviación Del Ejército N° 44 “PASTAZA” supera por una cantidad al número de bancos de prueba de los magnetos.

Por la escasez de estos bancos de prueba existen irregularidades por que no pueden realizar las pruebas correspondientes a tiempo planificado, por lo cual se ha llegado a tener retraso en los vuelos de las aeronaves, lo cual genera inconvenientes a los técnicos del Grupo de Aviación Del Ejército N° 44 “PASTAZA”, este resultado puede ser notorio en los despegues realizados de las aeronaves para desarrollar las actividades propuestas.

Por tal motivo es necesario la implementación de material de trabajo, para realizar la prueba de los magnetos de la aeronave, lo cual ayudará a que el desempeño de la base mejore.

1.3. Justificación

Debido a la carencia de equipos para desarrollar la prueba de magnetos de la aeronave Cessna T206H, se busca con el presente trabajo obtener equipos para realizar las pruebas en los magnetos antes de la puesta en servicio de la aeronave y además mejorar el perfil profesional de los técnicos de la base GAE N°44 “PASTAZA” para que así puedan desarrollar sus labores de manera más eficiente.

El estudiante de la carrera de Tecnología de “Electrónica mención Instrumentación y Aviónica” implementará un banco de pruebas para la comprobación del estado del funcionamiento de los magnetos además este banco de pruebas permitirá mejorar y facilitar el desempeño de los técnicos pertenecientes al campo laboral de la base GAE N°44 “PASTAZA”.

De la información recopilada con los técnicos a cargo de la base GAE N°44 "PASTAZA", han manifestado que Ecuador es uno de los pocos países que no cuenta con una empresa que fabrique bancos de pruebas para magnetos de aeronaves pequeñas y tampoco se cuenta con laboratorios especializados para calibración y revisión de magnetos, por esta razón dichas actividades solo llegan a ser administrativas para el envío, chequeo, reparación y costos de mantenimiento para estos elementos.

1.4. Objetivo general

Implementar un banco de prueba para la comprobación de los magnetos Slick y Bendix de la aeronave Cessna T206H perteneciente al Grupo de Aviación del Ejército N° 44 "PASTAZA".

1.5. Objetivos específicos

- Investigar acerca del funcionamiento de los magnetos Slick y Bendix, además de sus procesos de comprobación para plantear una solución adecuada al Grupo de Aviación del Ejército N° 44 "PASTAZA".
- Implementar un banco de pruebas para comprobación de los magnetos Slick y Bendix de la aeronave Cessna T206H en el departamento de Electrónica del Grupo de Aviación del Ejército N° 44 "PASTAZA".
- Desarrollar un manual de mantenimiento y operación para cada uno de los magnetos que facilite y permita al personal identificar el estado de su funcionamiento.

1.6. Alcance

El presente proyecto se realizará en el departamento de Electrónica del Grupo de Aviación del Ejército N° 44 "PASTAZA".

Por lo cual se hace imprescindible construir un banco de pruebas de magnetos Slick y Bendix. Aquí se plantea la creación de un equipo el cual constará de elementos mecánicos y electrónicos para la comprobación del estado y el funcionamiento correcto de los magnetos Slick y Bendix de la aeronave Cessna T206H. El alcance de este proyecto va desde el estudio de elementos requeridos para la realización de las pruebas necesarias en este proyecto, la capacitación de nuevos técnicos que se inician en el campo aeronáutico y junto a esto poder visualizar su funcionamiento.

Capítulo II

2 Marco Teórico

2.1 Aeronave Cessna modelo T206H

La aeronave Cessna modelo T206H utiliza el sistema de encendido tipo magneto Slick o magneto Bendix según el fabricante, es un avión monomotor de pistón, engranaje fijo, ala alta, totalmente metálico, diseñado para fines de utilidad general.

El modelo T206H está certificado según los requisitos de la Parte 23 de la Administración Federal de Aviación (FAA) de EE. UU. Mediante la enmienda 23-6, que incluye día, noche, Reglas de Vuelo Visual (VFR) y Reglas de Vuelo por medio de Instrumentos (IFR), las características técnicas de la aeronave Cessna T206H se muestra en las tablas 1, 2 y 3. (Cessna Aircraft Company, 2012)

Figura 1

Aeronave Cessna modelo T206H



Nota. La figura representa el modelo de la Aeronave Cessna T206H de ala alta.

Tomado de (Cessna Aircraft Company, 2012)

Tabla 1*Peso de Diseño y Capacidades*

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Peso máximo de rampa	3.617 lbs (1.641 kg)
Peso máximo al despegue	3.600 lbs (1.633 kg)
Peso máximo de aterrizaje	3.600 lbs (1.633 kg)
Peso vacío estándar	2 .336 libras (1059 kg)
Carga útil máxima	581 kg (1,281 lbs)
Equipaje permitido	180 libras (82 kg)
Peso máximo de rampa	3.617 lbs (1.641 kg)
Peso máximo al despegue	3.600 lbs (1.633 kg)

Nota. Esta tabla muestra las características generales del peso de diseño y capacidad de la aeronave modelo Cessna T206H. Tomado de (Cessna Aircraft Company, 2012)

Tabla 2*Capacidad de Combustible*

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Capacidad total	92 gal (348,2 L) Total
Utilizable total	87 gal (329,3 L) Capacidad total
Capacidad de cada tanque	46 gal (174,1 L) Capacidad útil total
Utilizable de cada tanque	43,5 galones (164,6 L)

Nota. Esta tabla muestra la capacidad máxima de combustible que puede llevar la aeronave modelo Cessna T206H en su tanque de almacenamiento. Tomado de (Company, 2012).

Tabla 3*Capacidad de Aceite*

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Sumidero	1.1 cuartos de galón (10.4 L)
Capacidad total	1..2 cuartos de galón (11,4 L)

Nota. Esta tabla muestra la capacidad de aceite que utiliza la aeronave modelo Cessna T206H. Tomado de (Cessna Aircraft Company, 2012)

2.2 Sistema de encendido-magnetos de Cessna T206H

El sistema de encendido tipo magneto se utiliza en la mayoría de los motores alternativos de aeronaves. El magneto es una unidad autónoma accionada por el motor que provee corriente eléctrica sin utilizar una fuente externa de corriente.

Los magnetos requieren mantenimiento regular porque las consecuencias de la negligencia pueden ser catastróficas ya que si la aeronave perdiera toda la energía eléctrica como de las baterías, alternadores y generadores, el magneto es suficientemente potente como para poder producir un alto voltaje, necesario para poder generar una chispa eléctrica a través de las bujías en cada cilindro del motor y así mantener encendido la aeronave. (Asoc. Pasión por Volar, 2010)

Figura 2

Sistema de encendido tipo magneto de la aeronave Cessna



Nota. La figura representa un modelo del sistema de encendido tipo magneto que se utiliza en la mayoría de las aeronaves con motores pequeñas. Tomado de (Industries, Unison, 2018)

2.2.1 Magnetos Slick

La función del sistema de encendido del motor de pistón en la aviación es suministrar una chispa eléctrica para encender la mezcla de combustible / aire en los cilindros del motor. El sistema de encendido del motor es un sistema apartado y no forma parte del sistema eléctrico general del avión.

El sistema de encendido de tipo magneto se utiliza en la mayoría de los motores de aviones alternativos. (Industries, Unison, 2018)

Figura 3*Magnetos Slick*

Nota. La figura representa al magneto Slick que se utiliza para el encendido de la mayoría de las aeronaves pequeñas. (Industries, Unison, 2018)

2.2.2 Magnetos Bendix

Un Bendix Magneto es un tipo determinado de magneto de avión fabricado por Teledyne Continental Motors a diferencia del Slick Magneto, se pueden reparar las veces que sea necesario. Como resultado, el Bendix Magneto se revisa con más frecuencia lo que permite un uso eficiente y rentable.

Los Bendix Magnetos son distinguidos por su peso ligero, diseño sólido, fiabilidad y alto rendimiento. Existen cuatro series diferentes en la actualidad: las series S-20, de cubierta corta, S-200 y S-1200 (QAA, 2018).

Figura 4*Magneto Bendix*

Nota. La figura representa el modelo del magneto Bendix serie S-20 conocido por su alto rendimiento y fiabilidad. Tomado de (QAA, 2018)

- **El magneto Bendix de la serie S-20.** Puede ser adaptado por impulsos o de accionamiento directo. Esta serie posee un condensador de alimentación que filtra el ruido de radio del Bendix Magneto.
- **La variación de la serie S-20.** Es la “cubierta corta” Bendix Magneto que se diferencia fácilmente por el recubrimiento de contacto posterior, donde se monta el condensador de estilo de alimentación. Al ver el número de modelo Bendix Magneto como "S6RSC-25", representan que es un magneto de cubierta corta.
- **Bendix Magneto serie S-200.** Utiliza un vibrador de encendido junto con un conjunto de interruptor de retardo para arrancar el motor.
- **La serie es la S-1200,** estos Bendix Magnetos pueden acoplarse por impulsos o usar un conjunto de contacto de interruptor retardado

2.3 Arnés de Encendido.

El arnés de encendido cambia con los modelos de motor; sin embargo, para propósitos de descripción, todos los arneses se componen de la misma base.

Básicamente, se compone de un conjunto de terminales de magneto, el cable de encendido y el conjunto del extremo de la bujía.

El número de clientes potenciales en el montaje del arnés, por supuesto, está determinado por el número de cilindros en el motor (F.AA, 1974)

Figura 5

Arnés de encendido de la aeronave



Nota. La figura representa un modelo de arnés de encendido que se utiliza en un modelo de aeronave de motor a pistón. Tomado de (F.AA, 1974)

2.4 Cade Simu

CADe_SIMU es un software de CAD electrotécnico que permite insertar los diferentes símbolos eléctricos de acuerdo a la norma IEC 1082-1, que define y fomenta los símbolos, gráficos y las reglas numéricas o alfanuméricas que deben utilizarse para identificar los elementos. El uso de las normas internacionales elimina todo riesgo de

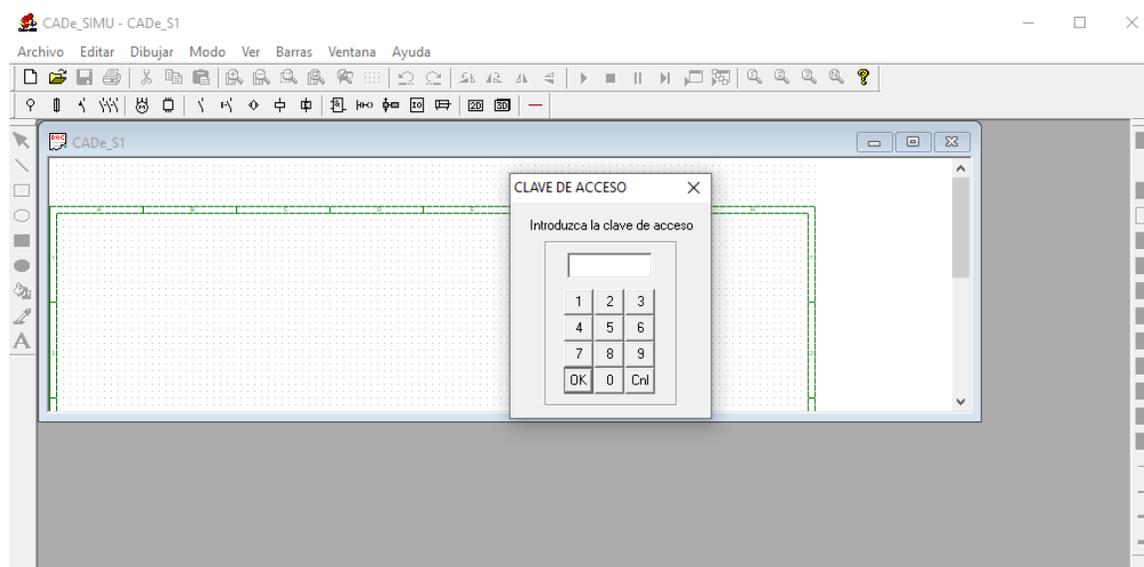
confusión y facilita el estudio organizados, además permite trazar un esquema eléctrico de una forma muy ágil y rápida para luego realizar la simulación. (Aguilar Saquicela, 2017)

El software en modo simulación permite visualizar el estado de cada componente eléctrico, es decir podemos identificar cuando está activado/desactivado al igual que resalta los conductores sometidos al paso de una corriente eléctrica.

Por medio de la interface CAD el usuario crea el esquema de forma fácil y rápida. Una vez realizado el esquema con la simulación se puede comprobar el correcto funcionamiento del circuito eléctrico. (Velasco Becerra, 2021)

Figura 6

Interfaz del simulador CADeSIMU



Nota. La figura representa la pantalla principal del entorno del simulador CADeSIMU.

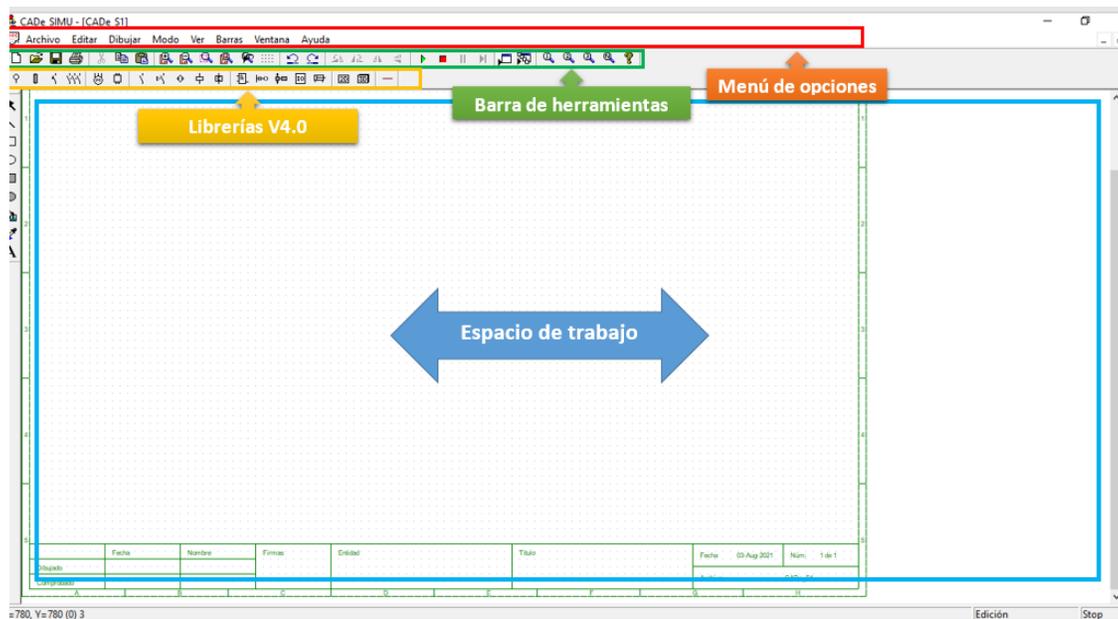
Tomado de (Velasco Becerra, 2021)

2.4.1 Interfaz de usuario del Software Cade Simu

Para empezar a manejar el software de CADeSIMU es necesario conocer las herramientas principales como se muestra en la siguiente figura 7.

Figura 7

Partes del interfaz de CADeSIMU



Nota. La figura representa las partes principales del entorno del simulador CADeSIMU.

2.5 Maquinas eléctricas

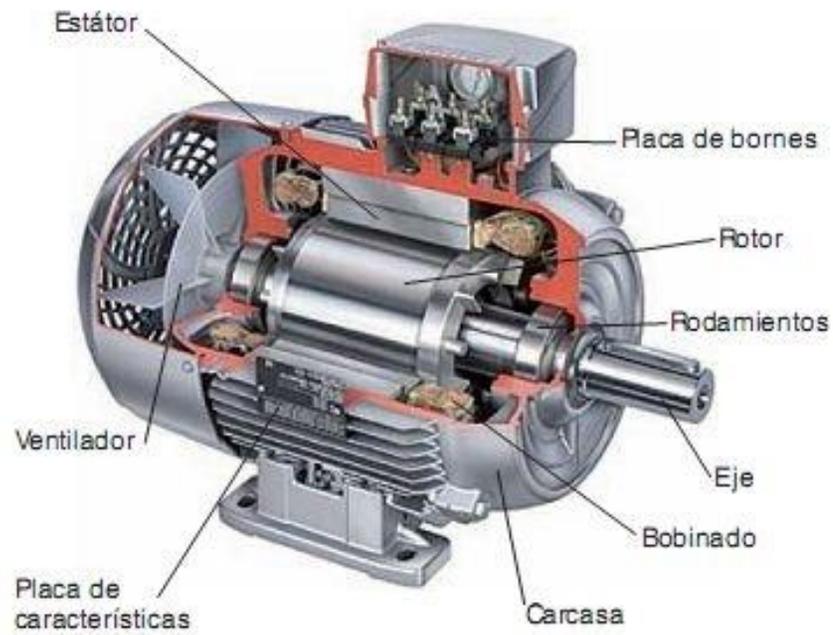
La máquina eléctrica es un dispositivo capaz de transformar cualquier tipo de energía en energía eléctrica o viceversa. Además, en esta definición también se incorporan las máquinas que convierten la electricidad en la misma forma de energía, pero con una reaparición distinta más apropiado a su transporte o utilización (Scielo, 2021).

Figura 8*Laboratorio de máquinas eléctricas*

Nota. La figura representa un laboratorio con máquinas eléctricas capaces de transformar cualquier energía en energía eléctrica. Tomado de (SciELO, 2021)

2.6 Motor eléctrico

Se define como una máquina eléctrica rotatoria que tiene la capacidad de transformar la energía eléctrica en energía mecánica. (Tte. Benjamín, 2011)

Figura 9*Motor eléctrico*

Nota. La figura representa un motor eléctrico con sus partes internas y externas.

Tomado de (Tte. Benjamín, 2011)

2.6.1 Clasificación de motores eléctricos

Atendiendo al tipo de corriente utilizada para su alimentación, se clasifican en:

2.6.1.1 Motores de corriente continua

- De excitación independiente.
- De excitación serie.
- De excitación (shunt) o derivación.
- De excitación compuesta (compound).

2.6.1.2 Motores de corriente alterna

- Motores síncronos.
- Motores asíncronos:

- Monofásicos.
- De bobinado auxiliar.
- De espira en cortocircuito.
- Universal.
- Trifásicos.
- De rotor bobinado.
- De rotor en cortocircuito (jaula de ardilla)

Los motores de corriente continua, al igual que los síncronos de corriente alterna, ambos tienen aplicaciones y una utilización muy específica.

El motor de corriente alterna asíncrono, monofásicos y trifásicos, tienen una aplicación más amplia debido a la facilidad de utilización, requieren poco mantenimiento y un bajo costo de fabricación. (mheducation.es, 2011)

La velocidad de sincronismo de los motores eléctricos de corriente alterna se define mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

n = Número de revoluciones por minuto.

f = Frecuencia de la red.

p = Número de pares de polos de la máquina.

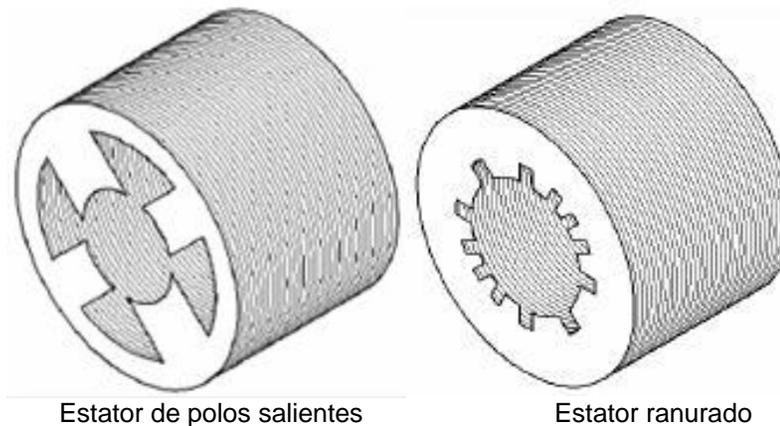
2.6.2 Partes Fundamentales de un Motor Eléctrico

2.6.2.1 Estator. Constituye la parte fija del motor. Es el elemento que actúa como base y permite que se ejecute la rotación del motor. Además, no se mueve mecánicamente, pero si magnéticamente. **(Matienzo & Benjamín, 2011)**

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

Figura 10

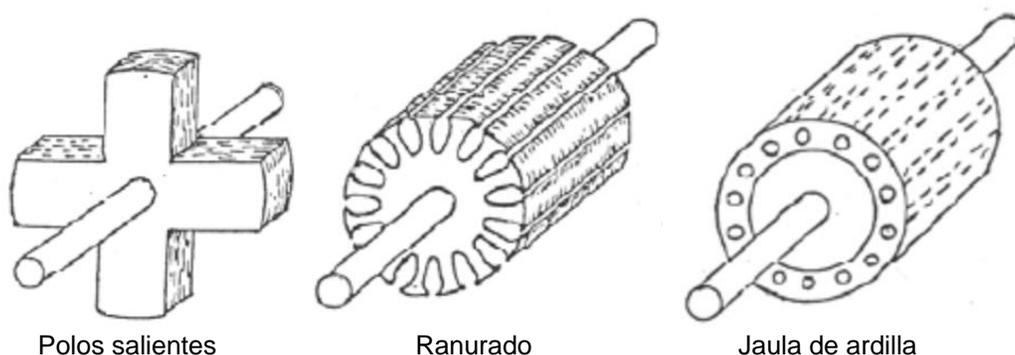
Estator del motor eléctrico



Nota. La figura representa los dos tipos de estator de un motor eléctrico. Tomado de **(Matienzo & Benjamín, 2011)**

2.6.2.2 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. **(Matienzo & Benjamín, 2011)**

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

Figura 11*Rotor del motor eléctrico*

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

Tomado de (Matienzo & Benjamín, 2011)

2.6.2.3 Tipos de bobinas. El motor monofásico se clasifica en dos grupos de devanados en el estator: primer grupo, se comprende como el devanado principal o también como el devanado de trabajo; segundo grupo, se comprende como devanado auxiliar o de arranque. Los dos devanados se conectan en paralelo entre sí, el voltaje de línea se aplica a ambos al energizar el motor. (SCRIBD, 2019)

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, éste generalmente se encuentra en la parte superior de las ranuras del estator, y el de trabajo se encuentra en la parte inferior.

Figura 12*Bobinado de un motor eléctrico*

Nota. La figura representa el bobinado de un motor eléctrico. Tomado de (SCRIBD, 2019)

2.6.2.4 Carcasa. Es un elemento importante del motor que protege y cubre al estator y al rotor, el material usado para su producción depende del tipo de motor, de su diseño y su aplicación. Así la carcasa puede ser: (AREATECNOLOGIA, 2015)

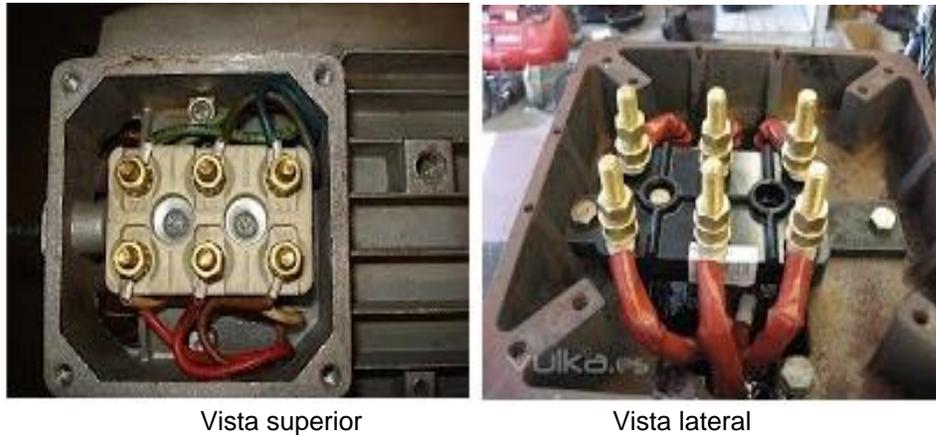
- a) Totalmente cerrada
- b) Abierta
- c) A prueba de goteo
- d) A prueba de explosiones
- e) De tipo sumergible

2.6.2.5 Caja de Conexiones. Es un conjunto de componentes que se ensamblan mutuamente, generalmente la mayoría de los casos, los motores eléctricos llevan una caja de conexiones. La caja de conexiones es un elemento que protege a los

conductores que alimentan al motor, resguardándolos contra cualquier elemento que pudiera dañarlos (Patentados, 2010).

Figura 13

Caja de conexiones del motor



Nota. La figura representa la caja de conexiones de un motor eléctrico. Tomado de (Patentados, 2010)

2.6.2.6 Cojinetes. Los cojinetes aportan a la óptima operación de las partes giratorias del motor. Se utilizan para soportar y fijar ejes mecánicos, y para disminuir la fricción, lo que ayuda a obtener que se consuma menos potencia. Los cojinetes pueden dividirse en dos clases generales (Wikipedia, 2021)

a) Cojinetes de deslizamiento: actúan en base al principio de la película de aceite, esto es, que existe una ligera capa de lubricante entre el eje y la superficie de apoyo.

Figura 14*Cojinetes de deslizamiento del motor*

Nota. La figura representa los cojinetes de deslizamiento del motor eléctrico. Tomado de (Wikipedia, 2021)

b) Cojinetes de rodamiento: Son utilizados principalmente en lugar de los cojinetes de deslizamiento por varias razones:

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

Figura 15*Cojinetes de rodamiento del motor*

Nota. La figura representa los cojinetes de tipo rodamiento del motor eléctrico. Tomado de (Wikipedia, 2021)

2.6.2.7 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. Deben ser de acero inoxidable para soportar cualquier condición de instalación, la pintura del motor no debe cubrirlas, 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 son los mínimos que debe llevar la placa de datos y placas auxiliares, de cualquier tipo de motor de corriente alterna monofásico o trifásico, en forma durable y en lugar visible. En la tabla 4 se detalla los datos de la placa de características del motor eléctrico en norma Americana y en la tabla 5 en norma Europea además en la Figura 16 se presenta un ejemplo de una placa del motor. (Villajulca, 2012).

Figura 16

Placa de característica del motor

3 Φ Mot. 1LA7096-4AA11				
UD 0609/70322582-68				
IP 55	90L	IM B5	IEC/EN 60034	Th.CI.F
50Hz	230/400 V	ΔY	60 Hz	460 V Y
1.5 Kw	5.9/3.4 A		1.75 Kw	3.3 A
Cos ϕ 0.81	1420/ min		Cos ϕ 0.82	1720/ min
220-240/380-420V	ΔY		440-480 V Y	
6.1-6.1/3.5-3.5 A			3.4-3.4 A	
32144	6401			SF 1.1

Nota. La figura representa la placa característica de un motor eléctrico. Tomado de (Villajulca, 2012)

Tabla 4

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

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
3 ~	Representa que es trifásico de corriente alterna.
Mot. 1LA	Motor y 1LA nos indica que es de jaula de ardilla
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 ΔY	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 ΔY	Consumo [A] absorbido por el motor en triángulo la primera cifra y en estrella la segunda.
Cos ϕ 0,81	Factor de potencia
1420/min	Revoluciones por minuto, es decir, la velocidad a la que gira el eje del motor.

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
220-240/380-420 V ΔY	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 ΔY	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 nos muestra las especificaciones técnicas de la placa del motor indicado en la figura 16 de acuerdo a la Norma Americana. Tomado de (Villajulca, 2012)

Tabla 5

Características técnicas de la Placa de un motor Eléctrico (norma Europea)

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
3 ~	Representa que es trifásico de corriente alterna.
Mot. 1LA	Motor y 1LA indica que es de jaula de ardilla
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.

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
1.75 Kw	Potencia mecánica o útil desarrollada en el eje.
3.3 A Y	Consumo [A] absorbido por el motor en estrella.
Cos ϕ 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 nos muestra las especificaciones técnicas de la placa del motor indicado en la figura 16 de acuerdo a la Norma Europea. Tomado de (Villajulca, 2012)

2.7 Variador de Frecuencia HNC 480-5R5G2

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, en la tabla 6 se detalla las características principales del variador de frecuencia. (HNC Electric, 2016)

Figura 17*Variador de frecuencia*

Nota. La figura representa un Variador de Frecuencia HNC 480-5R5G2 utilizado para poder controlar la velocidad de un motor eléctrico. Tomado de (HNC Electric, 2016)

Tabla 6*Variador de frecuencia HNC 480-5R5G2*

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
5.6Kw	Rango de potencia
7.5hp	Caballos de fuerza
26A	Suministro de corriente máximo
AC 220 +/-15%	Alimentación monofásico y trifásico
380-440 (+- 15%,10%)	Alimentación trifásica
50°C	Temperatura máxima de operación

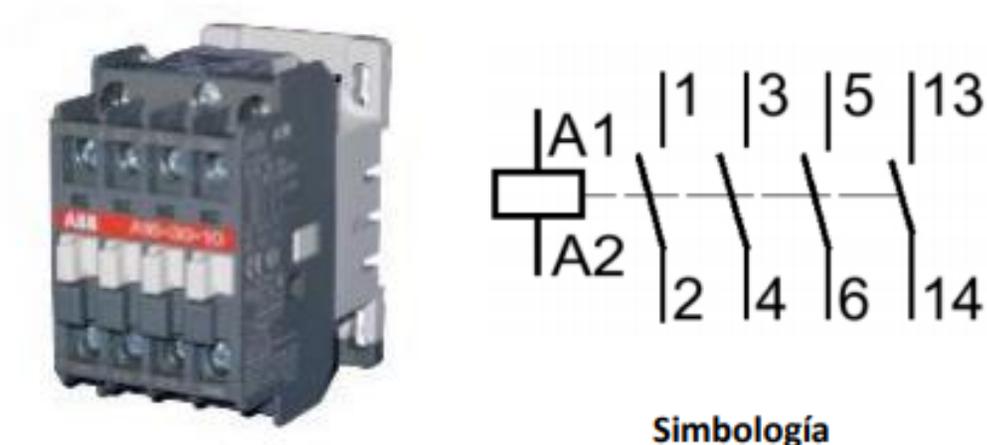
Nota. La tabla representa las características técnicas de un variador de frecuencia *HNC 480-5R5G2*. Tomado de (HNC Electric, 2016)

2.8 Contactor

Es un dispositivo eléctrico, su principal función es la apertura y cierre de circuitos eléctricos, a través de la conexión y desconexión de sus contactos mediante una señal externa. Además, se caracteriza por tener la capacidad de llevar a cabo la apertura de circuitos de funcionamiento en condiciones normales y soporta grandes valores de corriente en sus contactos principales. (Universidad de la Plata, 2012)

Figura 18

Contactor eléctrico

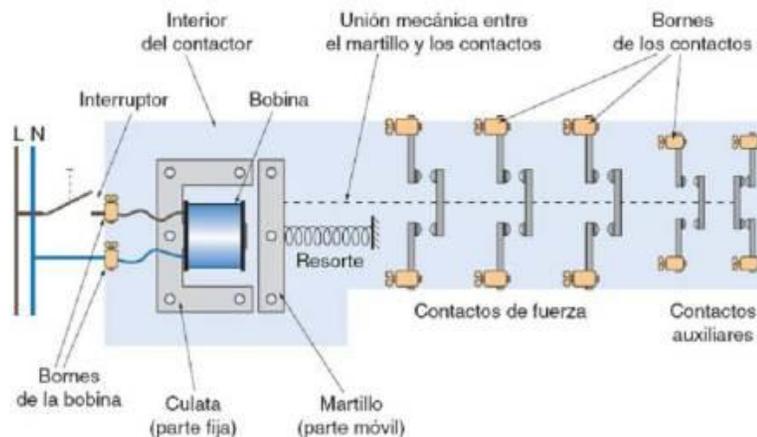


Nota. La figura representa el contactor y la simbología utilizada para su representación en un diagrama eléctrico. Tomado de (Universidad de la Plata, 2012)

2.8.1 Partes del contactor

Figura 19

Partes principales del contactor



Nota. La figura representa todos los elementos que forman un contactor. Tomado de (ARROYO CHAVEZ , 2019)

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

2.8.1.2 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 puede venir con ellos un cerrado 11-12 (NC).

2.8.1.3 Carcasa. Este soporte es fabricado en material no conductor se caracteriza por un alto grado de resistencia y rigidez al calor, en este se fijan todos los componentes conductores del contactor.

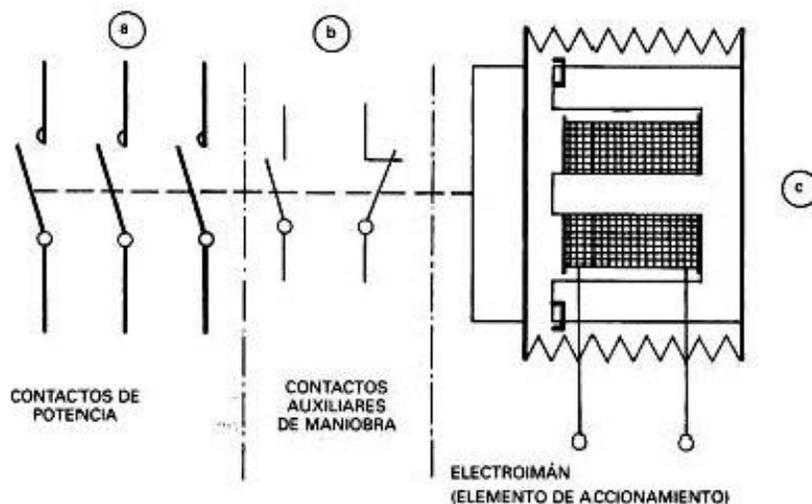
Figura 20

Carcasa del contactor



Nota. La figura representa la carcasa de un contactor eléctrico. Tomado de (ARROYO CHAVEZ , 2019)

2.8.1.4 Electroimán. Elemento principal del contactor. Está formado por varios elementos que tienen la finalidad de transformar la energía eléctrica en magnetismo, y así lograr generar un campo magnético muy intenso, produciendo un movimiento mecánico (Sesiones de Prendizaje, 2021)

Figura 21*Electroimán del contactor*

Nota. La figura representa como está constituido un electroimán de un contactor.

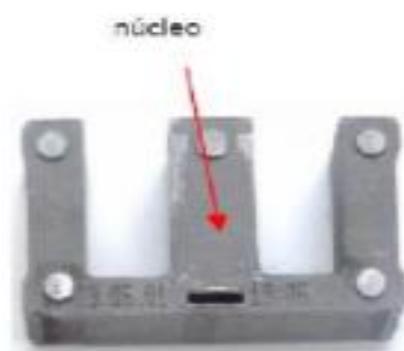
Tomado de (Sesiones de Prendizaje, 2021)

2.8.1.5 Bobina. Es un devanado de alambre de cobre muy delgado y una gran cantidad de espiras, que al aplicar tensión genera un campo magnético. Además, cuando la bobina es energizada con corriente alterna, la intensidad que absorbe es elevada, porque el circuito solo tiene la resistencia del conductor. (Sesiones de Prendizaje, 2021).

Figura 22*Bobina del contactor*

Nota. La figura representa el bobinado de un contactor. Tomado de (Sesiones de Prendizaje, 2021).

2.8.1.6 Núcleo. Es una parte metálica que está formada de material ferromagnético, en forma de E y queda fijo en la carcasa. Cumple la función de concentrar y aumentar el flujo magnético que genera la bobina, para atraer con mayor eficacia la armadura. (Martínez & Garcia, 2005)

Figura 23*Núcleo del contactor*

Nota. La figura representa al núcleo del contactor eléctrico. Tomado de (Martínez & Garcia, 2005)

2.8.1.7 Armadura. Es un elemento móvil, tiene similitud con la construcción del núcleo, pero sin espiras. Cumple la función de cerrar el circuito magnético una vez energizada la bobina, porque en este estado de reposo se encuentra separado del núcleo, por la acción de un muelle. (Martínez & Garcia, 2005)

2.9 Luz piloto

Esta luz piloto tiene el propósito de indicar de forma visual que se encuentra encendido un equipo electrónico. Permanece encendido indicando que existe consumo de corriente eléctrica. (Electronica Unicrom, 2017)

Figura 24

Indicador LED



Nota. La figura muestra un indicador LED de 220V de CA. Tomado de (Electronica Unicrom, 2017)

2.10 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. (Core, 2018)

Figura 25

Selector de tres posiciones



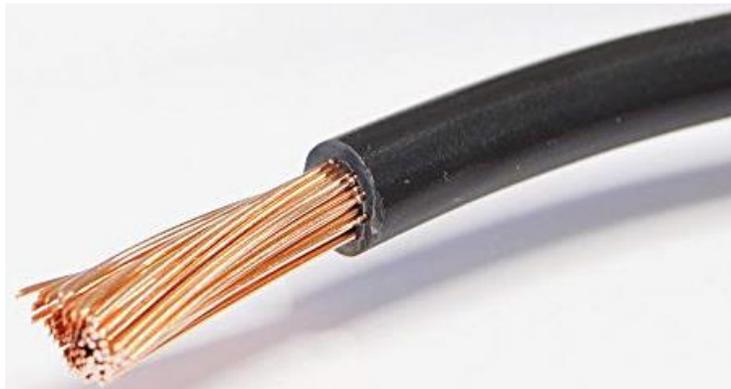
Nota. La figura muestra un selector de tres posiciones. Tomado de (Core, 2018)

2.11 Cable flexible calibre 12

El cable flexible calibre 12 tiene la capacidad de conducir una carga de hasta 27 amperios a 600 voltios soportando una temperatura máxima de 90°C, este modelo de cable fue utilizado para realizar todas las conexiones del circuito de fuerza y de control del banco de pruebas. (Core, 2018)

Figura 26

Cable flexible calibre 12



Nota. La figura muestra un cable flexible calibre 12. Tomado de (Core, 2018)

2.9 Arranque directo de motor trifásico

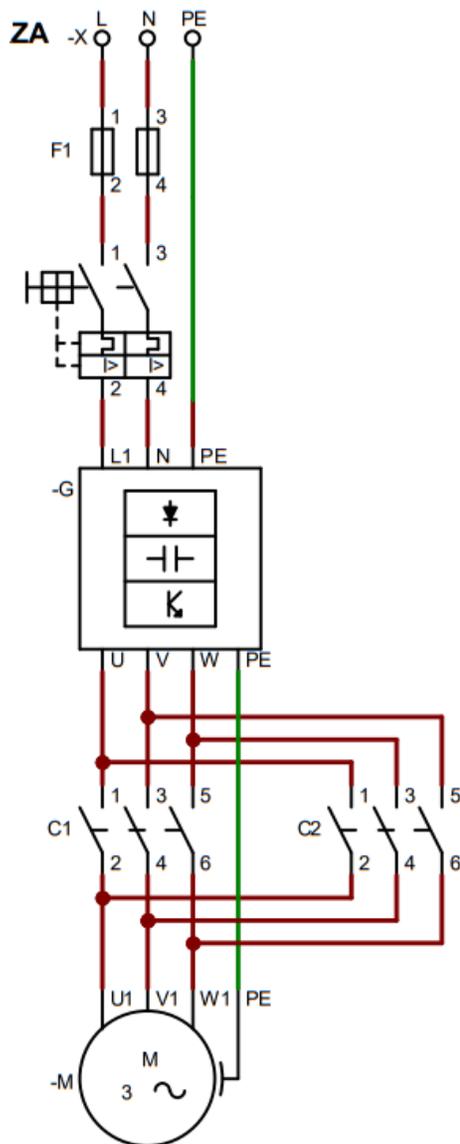
En el arranque directo el motor se conecta directamente a la línea de alimentación, esto provoca una corriente elevada en el momento de salida directa, que puede activar circuitos de protección, al arrancar directamente, las bobinas del motor se conectan al instante de la activación de corriente alterna, 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 220 Voltios de 2hp con una corriente nominal de 5A, al iniciar en arranque directo consume 3 veces su corriente nominal. (Lucas Obregón , 2017)

Figura 27

Esquema del Arranque directo de un motor trifásico



Nota. La figura representa la conexión de un arranque directo de un motor trifásico de 2hp con una corriente nominal de 5A, al iniciar en arranque directo consume 3 veces de su corriente nominal.

Capítulo III

3 Desarrollo de tema

3.1 Descripción del Sistema

La implementación del banco de pruebas para la comprobación de magnetos consta de un circuito de control, mediante un breaker permite el encendido general del sistema, además un selector de tres posiciones permite seleccionar el tipo de magneto, al seleccionar el tipo de magneto enciende una luz piloto y activa un contactor para arrancar el motor, esto es independientemente para cada tipo de magneto, de esta manera arranca del motor dependiendo del contactor que se escoja.

El circuito de fuerza consta de un variador que permite seleccionar la frecuencia de operación, al oprimir el botón RUN, el variador proporciona la corriente eléctrica al motor mediante el contactor que se encuentra ya activo por el selector de esta manera inicia el arranque del motor eléctrico y gira el eje del motor junto al acople que sujeta al conjunto de acoplamiento de impulsos del magneto. el magneto será sujetado por un soporte removible montado en una base fija mediante pernos.

Para comprobar el estado del magneto, el conjunto de acoplamiento de impulsos del 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, a esta revolución se genera una chispa eléctrica en cada uno de los terminales del transmisor de energía, caso contrario el magneto no es operable.

3.2 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 aplicación se utilizó la versión 4.0.

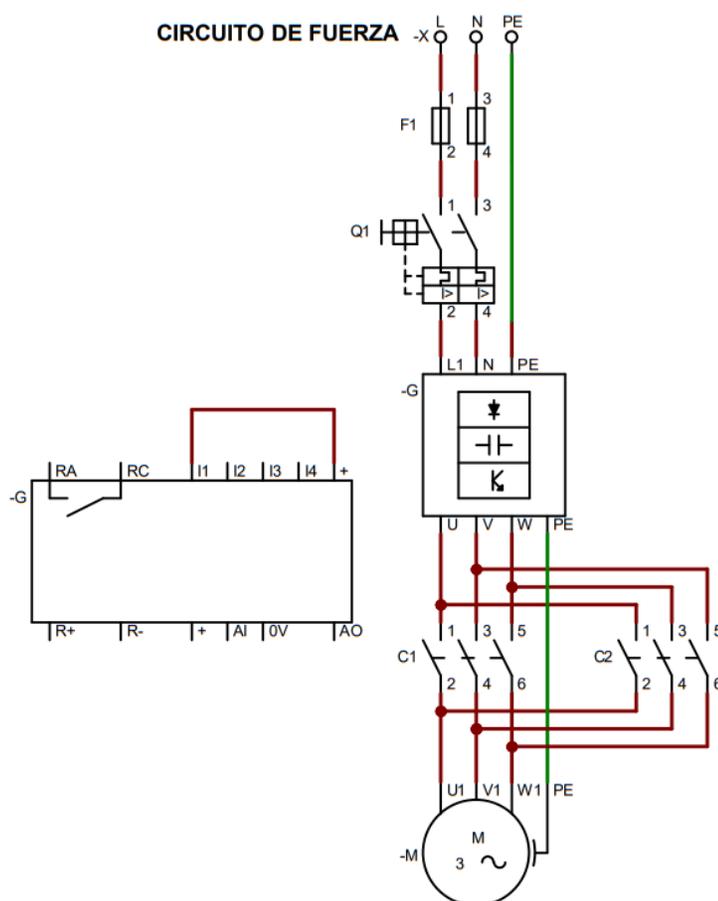
3.3 Desarrollo de los diagramas en el software CADeSIMU

3.3.1 Diagrama del circuito de fuerza

Para la simulación del circuito de fuerza se empleó un fusible identificado como F1 para la protección de sobrecarga, además se incluye un interruptor para la alimentación principal identificado como Q1, también se empleó un variador que se identifica como -G que permite poner en marcha y variar la velocidad del motor identificado como -M.

Figura 28

Diseño del circuito de fuerza



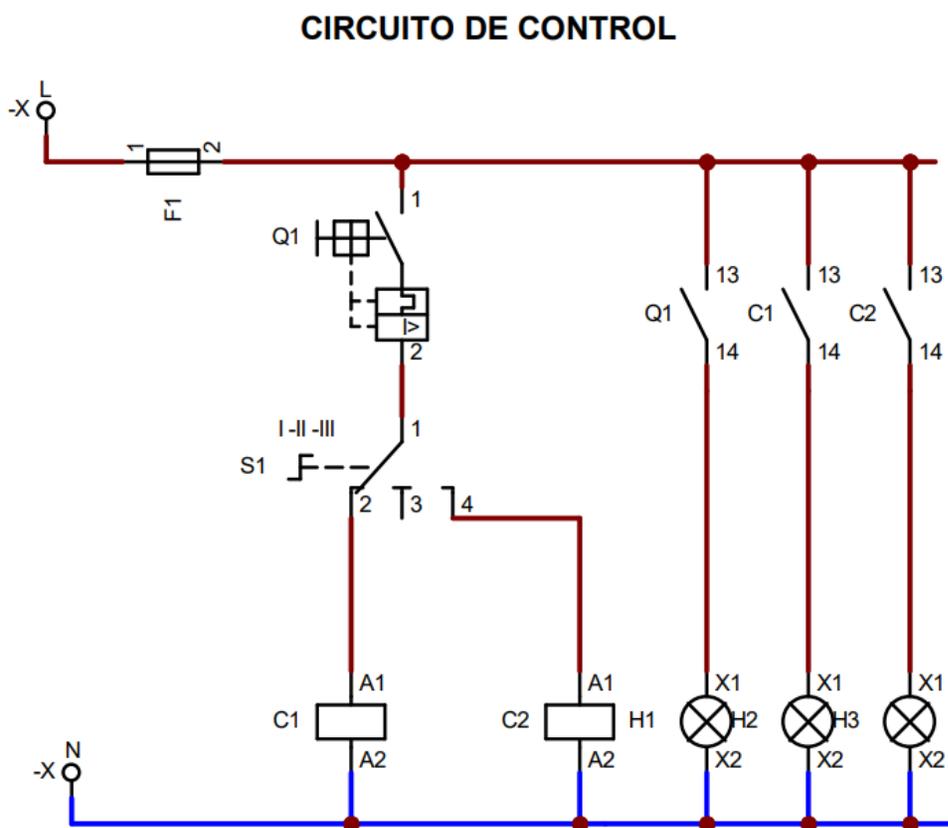
Nota: La figura representa el circuito de fuerza que se implementó, con los elementos adecuados para ser puesto en marcha con el circuito de control.

3.3.2 Diagrama del circuito de control

Para la simulación del circuito de control del banco de pruebas se empleó un interruptor principal identificado como Q1 que permite la alimentación general del tablero, además se incluye un selector S1 que permite activar y desactivar al contactor C1 o C2, Bendix o Slick, cada acción tanto de operación como de selección se ve reflejada en las luces piloto identificadas con H1 (alimentación general), H2 (magneto Slick) y H3 (magneto Bendix).

Figura 29

Diseño del circuito de control



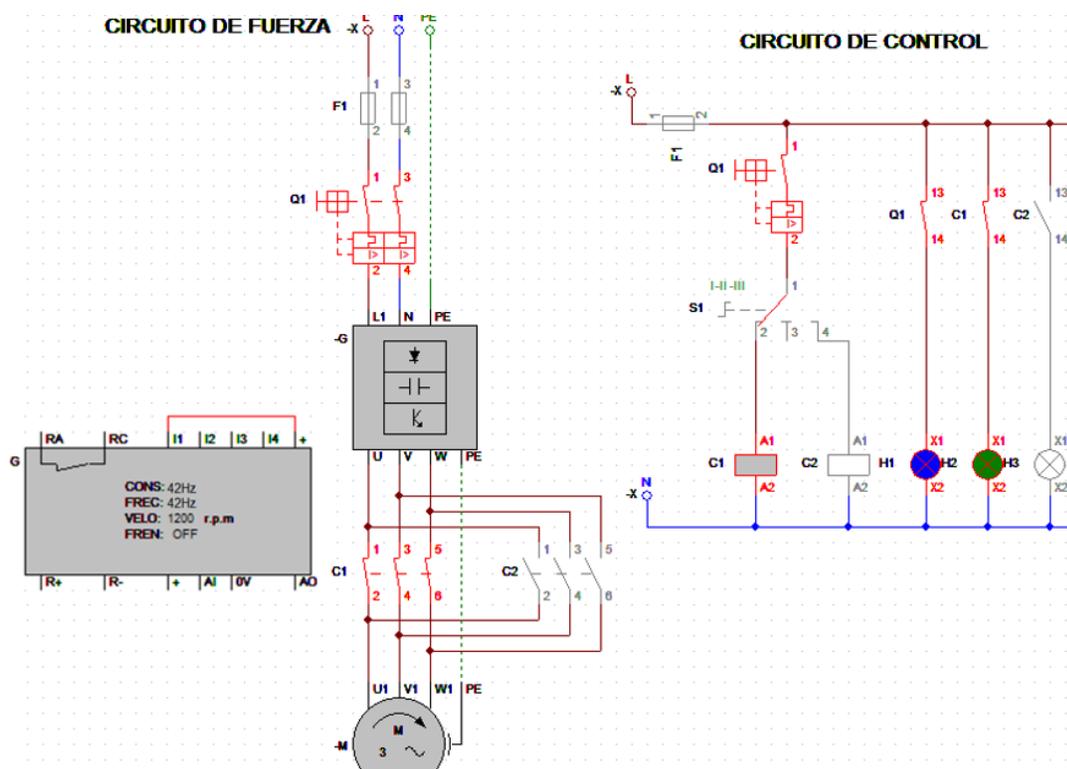
Nota: La figura representa el diseño del circuito de control, con los elementos adecuados para ser puesto en marcha.

3.3.3 Diagramas de conexión utilizados en la simulación

Para la simulación del circuito, oprimir el icono de simulación en el software CAdE-SIMU, además, en el variador de frecuencia identificado como –G seleccionar la frecuencia, luego clic en el símbolo del interruptor Q1 para iniciar el arranque del motor.

Figura 30

Simulación del circuito



Nota: La figura representa la simulación del circuito de control y de fuerza donde el motor actúa a una frecuencia de 42 Hz equivalente a 1200rpm de acuerdo a la tabla 7.

Tabla 7*Frecuencia en rpm*

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
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
28Hz	802 rpm
30Hz	860 rpm
32Hz	917 rpm
34Hz	974 rpm
36Hz	1032 rpm

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
38Hz	1089 rpm
40Hz	1146 rpm
42Hz	1204 rpm
44Hz	1261 rpm
46Hz	1318 rpm
48Hz	1376 rpm
50Hz	1433 rpm
52Hz	1490 rpm
54Hz	1548 rpm
56Hz	1605 rpm
58Hz	1662 rpm
60Hz	1720 rpm

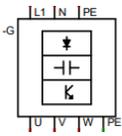
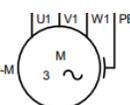
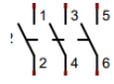
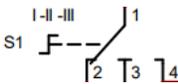
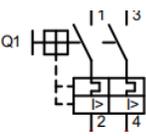
Nota. La tabla representa la frecuencia en rpm.

Para obtener los valores de la tabla se fundamenta la relación de proporcionalidad con la fórmula de la regla de 3 simple directa, se toma el valor del rpm del motor (1720 rpm) y la frecuencia máxima a la que trabaja (60Hz).

$$\begin{array}{l} a \rightarrow b \\ c \rightarrow x \end{array} \leftrightarrow x = \frac{b \cdot c}{a}$$

Tabla 8

Elementos utilizados en el simulador de CAdSIMU

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
	Variador de velocidad c.a III
	Motor Trifásico
	Contactor III
	Fusible II
	Conmutador I-II-III
	Piloto señalización
	Alimentación fase
	Alimentación neutro
	Alimentación protección
	Disyuntor

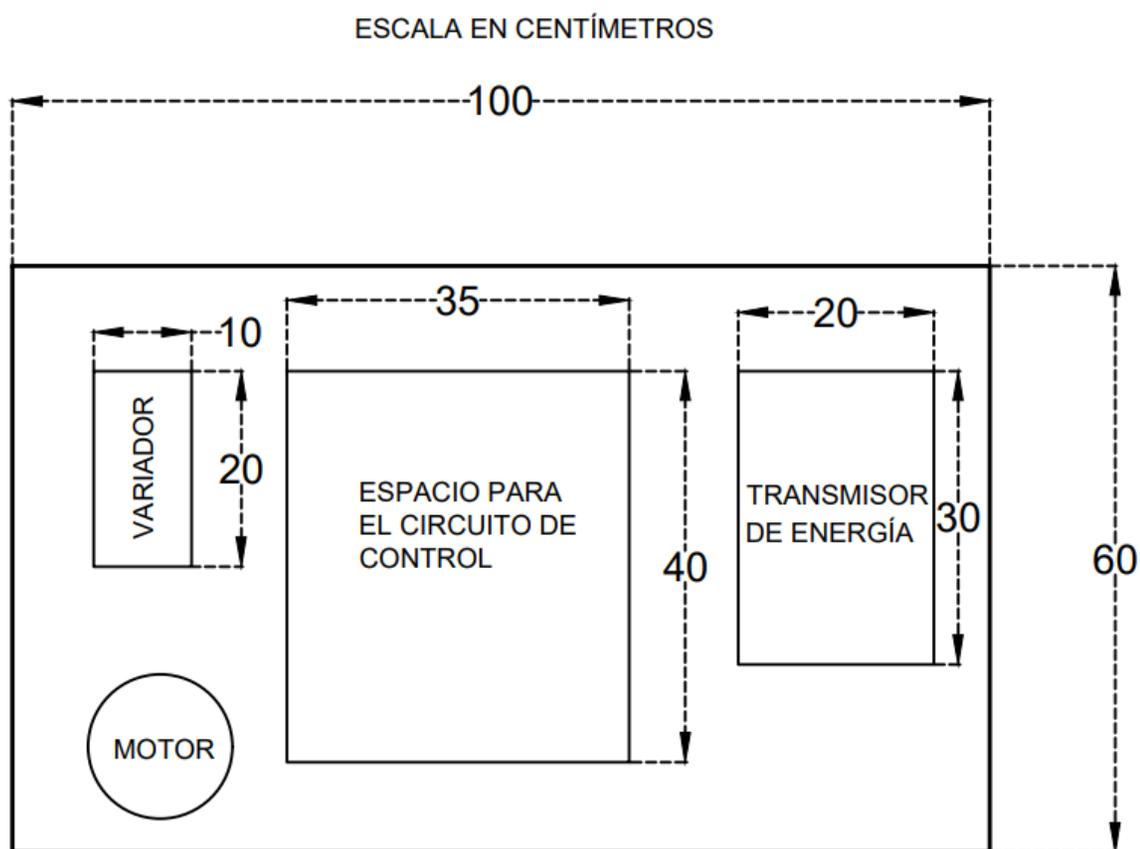
Nota. Esta tabla nos muestra las especificaciones técnicas de los elementos que se utilizó en el diseño del circuito de fuerza y control. Tomado de (Espinoza, 2012)

3.4 Diseño del tablero y la estructura metálica para el banco de prueba

Previo al diseño del tablero y la estructura metálica, se realizó la distribución de los equipos eléctricos y electrónicos del tablero, considerando las medidas de cada dispositivo de acuerdo a la hoja de datos del fabricante, la distribución se realizó acorde a la siguiente figura:

Figura 31

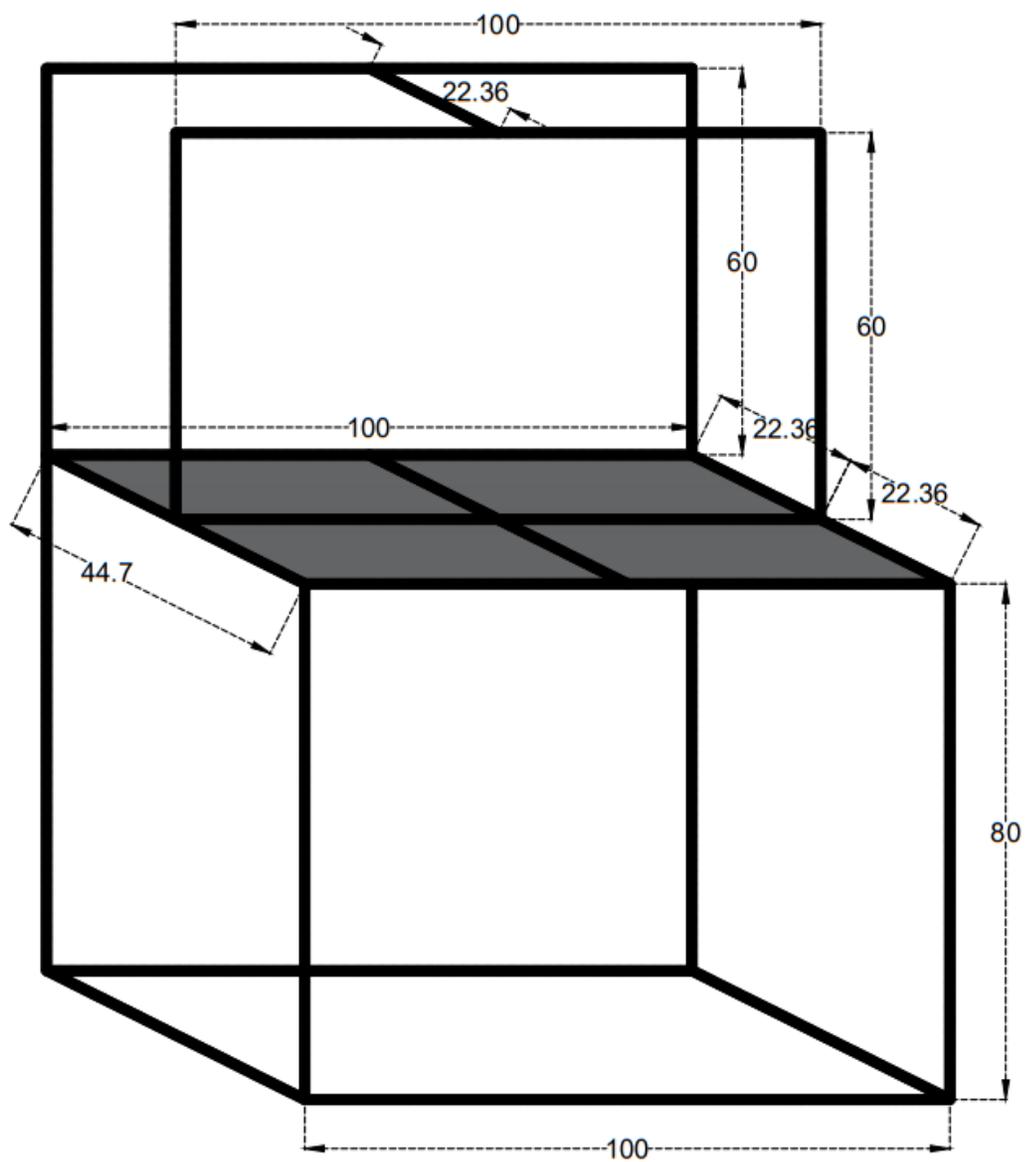
Diseño del tablero con medidas reales en centímetros



Nota. En esta figura se observa el diseño del tablero con medidas reales en centímetros para el banco de pruebas.

Figura 32

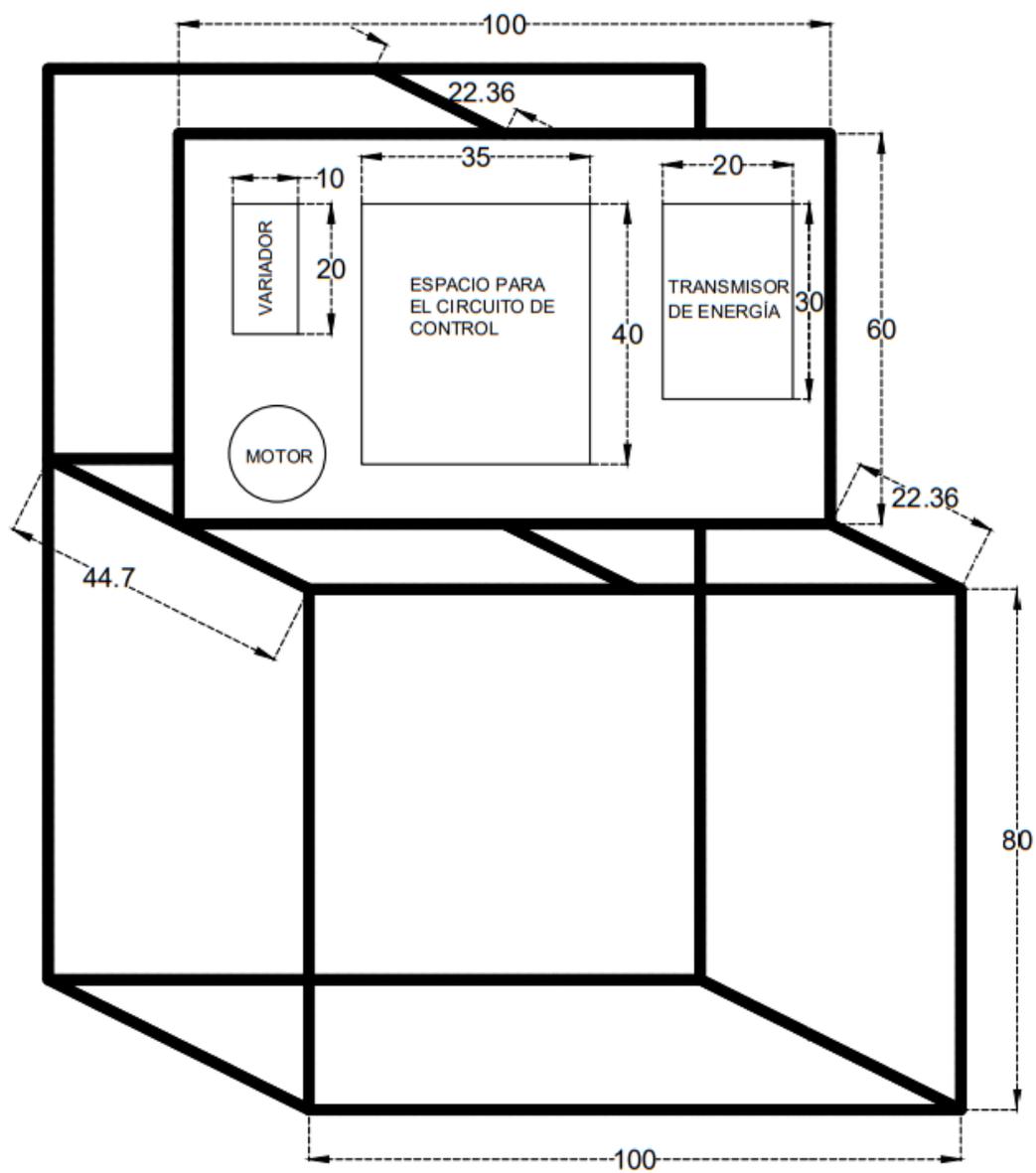
Diseño de la estructura metálica con medidas reales en centímetros



Nota. En esta figura se observa el diseño de la estructura metálica con medidas reales en centímetros para el banco de pruebas.

Figura 33

Prototipo del banco de pruebas con medidas reales en centímetros.



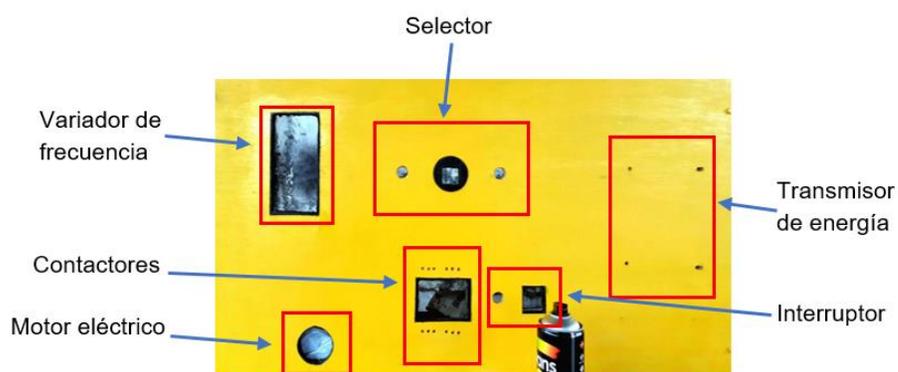
Nota. En esta figura se observa el prototipo del banco de pruebas con medidas reales en centímetros.

3.5 Construcción del tablero y la estructura metálica para el banco de prueba

La construcción del tablero y la estructura metálica se realizó de acuerdo al plano diseñado.

Figura 34

Construcción del tablero



Nota. En esta figura se observa la construcción del tablero con medidas tomadas de del plano diseñado.

Figura 35

Construcción de la estructura metálica



Nota. Esta figura nos muestra la construcción física de la estructura metálica de acuerdo a la medida tomada del plano diseñado.

3.6 Fabricación de los elementos mecánicos para el banco de pruebas

La fabricación de los elementos mecánicos se realizó en base a previos conocimientos adquiridos en el taller de aviónica de la base, cada uno de los elementos fabricados son esenciales y cumplen funciones específicas.

3.6.1 Fabricación del acople

Para la fabricación del acople se base a las medidas tomadas al conjunto de acoplamiento de impulsos del magneto, el cual será sujeto en el eje del motor con el fin de girar el conjunto de acoplamiento de impulsos del magneto para realizar las pruebas del mismo.

Figura 36

Fabricación del acople



Nota. Esta figura muestra el proceso de fabricación del acople.

Figura 37

Vista del acople finalizado



Nota. Esta figura muestra el resultado de la fabricación del acople de acuerdo a las medidas tomadas al magneto. Se puede observar que el acople encaja con precisión en el conjunto de acoplamiento de impulsos del magneto.

3.6.2 Fabricación del transmisor de energía

Para la fabricación se realizó varias pruebas con diferentes materiales, para ello se utilizó seis bujías de la misma aeronave Cessna T206H para conectar el arnés de encendido, y doce pernos puntiagudos los cuales cada par simularan a una bujía. La separación de cada terminal del transmisor de energía se encuentra a 3cm entre sí, una distancia muy considerable para evitar choques eléctricos. Además, cada terminal cuenta material de aislamiento.

Figura 38

Fabricación del transmisor de energía



Nota. Esta figura muestra el proceso de fabricación del transmisor de energía.

Figura 39

Vista del transmisor de energía finalizado



Nota. Esta figura muestra el resultado de la fabricación del transmisor de energía.

3.6.3 Fabricación del acople

Para la fabricación se tomó todas las medidas correspondientes como el fácil manejo y la rigidez del soporte para evitar vibraciones al momento de realizar las pruebas correspondientes, el soporte es removible de forma fácil con dirección al acople que se encuentra sujeta al motor.

Figura 40

Soporte del magneto



Nota. Esta figura muestra el soporte del magneto.

Figura 41

Prueba del soporte del magneto en uso



Nota. Esta figura muestra como el magneto encaja perfectamente en el soporte.

3.8 Montaje de los elementos eléctricos y electrónicos en el tablero de control de acuerdo al diseño de los circuitos de fuerza y de control.

El montaje de los elementos eléctricos y electrónicos se lo realizo conforme al diseño, las conexiones de los elementos deben ir de acuerdo a los circuitos diseñados en la figura 28 y 29, el cableado eléctrico debe ser bien ordenado para evitar complicaciones y en el caso de que existan fallas éstas sean fáciles de detectar.

Figura 42

Tablero de control



Nota. La figura muestra el montaje de todos los elementos eléctricos y electrónicos en el tablero de control, también se observa la conexión que se realizó con cada uno de los elementos de acuerdo al circuito diseñado anteriormente.

Figura 43

Montaje del tablero de control en la estructura metálica.



Nota. La figura representa el montaje del tablero de control en la estructura metálica con pernos de seguridad. de la misma forma fue asegurado el motor trifásico el cual se encuentra ubicado en la parte posterior del tablero de control. Además, se colocó el soporte de magneto a la altura del motor de forma removible con dirección al motor eléctrico con la finalidad de acoplar fácilmente el magneto al acople del motor.

Figura 44

Prueba y análisis del banco de pruebas para magnetos



Nota. La figura representa la prueba de funcionamiento de todo el sistema eléctrico del banco de pruebas.

Para realizar la prueba de operación es muy importante hacer una inspección rápida que todos los elementos eléctricos y electrónicos, aislar todo elemento que no pertenezca al banco de pruebas o al magneto. Además, se debe seguir los pasos de la tabla 9, instrucciones para su operación.

Tabla 9*Tabla de instrucciones de operación*

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
1	Enchufar la alimentación a 220V.
2	Con el interruptor encender el banco de pruebas.
3	En el selector elegir el tipo de magneto Slick o Bendix.
4	En el variador asignar la frecuencia a la que desea trabajar.
5	Oprimir el botón RUN en el variador para iniciar.
6	Oprimir el botón STOP en el variador para finalizar.

Nota. Esta tabla nos muestra los pasos para la operación del banco de pruebas.

Figura 45

Operación del banco de pruebas con el magneto



Nota. La figura representa la operación del banco de pruebas y el funcionamiento de los magnetos.

Para la operación del banco de pruebas verificar que se encuentre conectado a la línea de 220 voltios, una vez verificado su alimentación se procede a encender con el breaker conjuntamente se debe encender una luz piloto color azul.

Posteriormente conectar el arnés en el magneto, el extremo de las correas del arnés va conectado respectivamente a cada uno de los terminales del transmisor de energía, luego el magneto debe ser acoplado al motor para así ser expuesto a la prueba.

Una vez encendido el banco de pruebas, en el selector seleccionamos el tipo de magneto que se desea hacer la prueba. Para la prueba correcta del magneto la revolución del motor debe estar en un rango de 1200rpm a 1700rpm, este rango de rpm es el adecuado para realizar la prueba del magneto de acuerdo al manual de fabricación. Por lo tanto, el variador de frecuencia se configuró de acuerdo a la tabla 7, por lo que el rango de frecuencia en el variador debe estar entre 42Hz y 60 Hz. Una vez seleccionado la frecuencia se oprime el botón RUN en el variador.

Figura 46

Funcionamiento del transmisor de energía





Nota. Las figuras representan el funcionamiento del transmisor de energía, en donde se refleja la prueba del magneto Bendix.

Para comprobar que el magneto se encuentra en estado operable cada terminal del transmisor de energía debe generar una chispa eléctrica, si esto se cumple se tiene la seguridad de que el magneto está en perfectas condiciones.

En el transmisor de energía se puede observar a simple vista el estado del magneto, cada terminal del transmisor de energía simula a una bujía que se encuentra en cada cilindro del motor de la aeronave Cessna T206H.

Capítulo IV

4 Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

- El banco de pruebas se implementó para el entrenamiento profesional del personal técnico del Grupo de Aviación Del Ejército N° 44 “PASTAZA” sobre la verificación de fallas en los magnetos Slick y Bendix de la aeronave Cessna T206H de este modo se puede aportar al desarrollo del perfil profesional.
- Por medio de la revisión del manual Overhaul Manual Direct Drive Engine se logró adquirir los conocimientos básicos del funcionamiento de los magnetos Slick y Bendix, información base que permitió implementar el banco de pruebas.
- El variador de frecuencia tiene un alto rendimiento en el control de los motores eléctricos, permite controlar el motor por medio del cambio progresivo de frecuencia como variar el tiempo de arranque y frenado.

4.2 Recomendaciones

- Para garantizar el correcto funcionamiento del Banco de Pruebas de magnetos se debe realizar la operación de acuerdo a la tabla 9 del capítulo III, instrucciones de operación del mismo que fue detallada por el fabricante del proyecto.
- Se debe realizar un mantenimiento preventivo como la limpieza total del variador, motor y el transmisor de energía para evitar futuras fallas del banco pruebas.
- Verificar que la configuración establecida en el variador de frecuencia no sea alterada en caso de ser así tomar el manual del variador y volver a configurar, asignar la frecuencia a la que trabaja (60Hz), revoluciones por minuto (1720rpm) y el factor de potencia ($\text{Cos}\phi$ 0.81) este dato se toma de la placa de características del motor.

Bibliografía

- Aguilar Saquicela, S. (29 de 08 de 2017). Recuperado el 13 de 07 de 2021, de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5995/1/108T0163.pdf>
- AREATECNOLOGIA. (2015). *AREATECNOLOGIA*. Recuperado el 28 de julio de 2021, de https://www.areatecnologia.com/EL%20MOTOR%20ELECTRICO.htm#Partes_de_un_Motor_Electrico
- ARROYO CHAVEZ , J. (2019). *CONTROLES ELÉCTRICOS*. Recuperado el 14 de julio de 2021, de <https://xdocs.cz/doc/instituto-tecnologico-de-lazaro-cardenas-vod4jmk1p7o6>
- Asoc. Pasión por Volar. (14 de febrero de 2010). *Academia de Aviación*. Recuperado el 04 de julio de 2021, de Sistema de encendido-magneto: <https://www.pasionporvolar.com/sistema-de-encendido-magnetos/>
- Cessna Aircraft Company. (2012). MODELO T206H. En *Specification & Description* (pág. 5). USA, EE.UU. Recuperado el 1 de 07 de 2021, de http://www.lanierflightcenter.com/wp-content/uploads/2013/01/2013_T206H_S_D.pdf
- Core. (12 de 10 de 2018). *Equipos Electricos*. Recuperado el 12 de agosto de 2021, de <http://www.eecore.com/conmutadores.aspx>
- Dominguez Chuiza, E. I. (2015). *Implementacion de un banco de pruebas de generadores*. Guayaquil: Universidad Politecnica Salesiana.
- Electronica Unicrom. (24 de enero de 2017). *ciencia y tecnologia*. Recuperado el 12 de agosto de 2021, de <https://unicrom.com/luz-piloto-de-baja-potencia/>
- Escobar Andrea, B. V. (Abril de 2016). *Diseño e implementacion de un sistema de un banco de pruebas*. Guayaquil.

- Espinoza, J. (2012). *maquinas electricas* . Iatacunga .
- F.AA. (1974). *MANUAL DE REVISIÓN: MOTORES DE AERONAVES DE TRACCIÓN DIRECTA CON LICENCIA*. EE. UU: Sexta Impresión.
- HNC Electric. (2016). *HNC480 MANUAL DEL USUARIO DEL CONVERTIDOR DE FRECUENCIA SERIE*. Buenos Aires. Recuperado el 01 de agosto de 2021
- Industries, Unison. (10 de Mayo de 2018). *AEROSPACE*. Recuperado el 07 de julio de 2021, de Magnetos Slick: <https://www.championaerospace.com/products/slick-magnetos>
- Lucas Obregón , C. J. (25 de 10 de 2017). *StuDocu*. Recuperado el 13 de agosto de 2021, de <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-tecnica-luis-vargas-torres/legislacion-informatica/arranque-directo-de-un-motor-trifasico/3695804>
- Martínez, J., & Garcia, M. P. (2005). *Enigmaelectronica Automatismos industriales*. Editorial Editex, S. A.
- Matienzo, & Benjamín. (2011). *Taller de Práctica Profesionalizante II*. Santa Fe_ Argentina. Recuperado el 23 de julio de 2021, de <https://sites.google.com/site/279motoreselectricos/partes-fundamentales-de-un-motor-electrico/2-1-estator>
- mheducation.es. (2011). *motores electricos*. Recuperado el 20 de julio de 2021, de <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448173104.pdf>
- Patentados. (14 de 10 de 2010). *CAJA DE CONEXIONES DE UN MOTOR ELECTRICO*. Recuperado el 28 de julio de 2021, de <https://patentados.com/2010/caja-de-conexiones-de-un-motor-electrico>
- QAA. (12 de 04 de 2018). *Quality Aircraft Accessories*. (M. Bendix, Productor) Recuperado el 10 de julio de 2021, de <https://www.qaa.com/bendix-magnetos>

- Scielo. (29 de mayo de 2021). *Maquinas Electricas*. Recuperado el 18 de julio de 2021, de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/formuniv/v9n5/art11.pdf>
- SCRIBD. (20 de 04 de 2019). *Partes de un motor eléctrico*. Recuperado el 26 de julio de 2021, de <https://es.scribd.com/document/466603754/Partes-Fundamentales-de-un-motor-Parte-I>
- Sesiones de Prendizaje. (2021). *electricidad y electronica*. Recuperado el 2 de agosto de 2021, de <https://mejoreslinks.masdelaweb.com/el-contactor-partes-y-funcionamiento/>
- Tte. Benjamín, M. (2011). *Motores Eléctricos*. Recuperado el 12 de julio de 2021, de <https://sites.google.com/site/279motoreselectricos/home/1-1-clasificacion>
- Universidad de la Plata. (2012). *Automatismos Eléctricos*. Recuperado el 1 de agosto de 2021, de <https://unlp.edu.ar/frontend/media/29/33729/08e425f5255f47f7fd9e7dbc92ee7dfe.pdf>
- Velasco Becerra, L. Y. (12 de 02 de 2021). *SCRIBD*. Recuperado el 16 de julio de 2021, de <https://es.scribd.com/document/462635336/TRABAJO-SIMBOLOGIA-CADE-SIMU>
- Villajulca, J. (30 de 01 de 2012). *Instrumentation y control.net*. Recuperado el 29 de julio de 2021, de <https://instrumentacionycontrol.net/datos-de-placa-de-un-motor-y-formulas-electricas/>
- Wikipedia. (24 de 05 de 2021). *Inciclopedia libre*. Recuperado el 28 de julio de 2021, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Cojinete>

Anexos