



**“Construcción e implementación de un banco de pruebas para el alternador de la aeronave**

**Cessna T206 en el Grupo de Aviación del Ejército nº 44 ‘Pastaza’ ”**

Guevara Urbano, Bryan Giovanni

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología en Electrónica Mención Instrumentación & Aviónica

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo en Electrónica Mención

Instrumentación & Aviónica

ING. Guerrero Rodríguez, Lucía Eliana

Latacunga, 18 de marzo del 2021



DEPARTAMENTO ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico de que la monografía "Construcción e implementación de un banco de pruebas para el alternador de la aeronave Cessna T206 en el Grupo de Aviación del Ejército Nº 44 'PASTAZA' ", fue realizado por el señor **Guevara Urbano, Bryan Giovanni** el mismo que ha sido realizado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo que cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 17 de Marzo del 2021



Firmado «Certificado» por:  
LUCIA ELIANA  
GUERRERO  
RODRIGUEZ












ING. Guerrero Rodríguez, Lucía Eliana

C.C.: 0501878649

## Document Information

Analyzed document MONOGRAFIA\_GUEVARA\_BRYAN.docx (D96094760)  
 Submitted 2/20/2021 4:48:00 AM  
 Submitted by Guerrero Rodriguez Lucia Eliana  
 Submitter email leguerrero6@espe.edu.ec  
 Similarity 3%  
 Analysis address leguerrero6.espe@analysis.orkund.com

## Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / EGTTESIS-09.03.2017.docx</b> Document EGTTESIS-09.03.2017.docx (D26285065) Submitted by: navaca4@espe.edu.ec Receiver: navaca4.espe@analysis.orkund.com	 7
<b>W</b>	URL: <a href="https://conceptodefinicion.de/motor-electrico/Contreras">https://conceptodefinicion.de/motor-electrico/Contreras</a> Fetched: 2/20/2021 4:49:00 AM	 1
<b>W</b>	URL: <a href="https://core.ac.uk/download/pdf/198122373.pdf">https://core.ac.uk/download/pdf/198122373.pdf</a> Fetched: 12/5/2020 10:00:22 PM	 1
<b>W</b>	URL: <a href="http://adecpr.org/pluginfile.php/17627/mod_folder/content/0/Electricidad/INSTALACI...">http://adecpr.org/pluginfile.php/17627/mod_folder/content/0/Electricidad/INSTALACI ...</a> Fetched: 11/21/2020 10:29:07 AM	 1
<b>SA</b>	<b>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / EGTTESIS-09.03.2017.docx</b> Document EGTTESIS-09.03.2017.docx (D26312614) Submitted by: navaca4@espe.edu.ec Receiver: navaca4.espe@analysis.orkund.com	 1
<b>SA</b>	<b>RICARDO MARCELO SORIA JUMBO_155041_assignsubmission_file_Motores Eléctricos.pdf</b> Document RICARDO MARCELO SORIA JUMBO_155041_assignsubmission_file_Motores Eléctricos.pdf (D55037934)	 1
<b>W</b>	URL: <a href="http://imseingenieria.blogspot.com/2018/12/arranque-de-los-motores-sincronos.html#...">http://imseingenieria.blogspot.com/2018/12/arranque-de-los-motores-sincronos.html# ...</a> Fetched: 2/20/2021 4:49:00 AM	 1
<b>SA</b>	<b>tesis richar plagio.pdf</b> Document tesis richar plagio.pdf (D15137000)	 1
<b>W</b>	URL: <a href="https://equipospc.blogspot.com/2008/07/electricidad-y-electronica.html">https://equipospc.blogspot.com/2008/07/electricidad-y-electronica.html</a> Fetched: 1/23/2020 9:40:20 AM	 1
<b>SA</b>	<b>TESIS VALERIANO-28-Agosto.docx</b> Document TESIS VALERIANO-28-Agosto.docx (D30265130)	 2
<b>SA</b>	<b>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Consulta4_ValenciaSantiago.pdf</b> Document Consulta4_ValenciaSantiago.pdf (D59076528) Submitted by: sdvalencia1@espe.edu.ec Receiver: emcevallos.espe@analysis.orkund.com	 1



Generado el 20/02/2021 a las 04:48:00 por:  
 LUCIA ELIANA  
 GUERRERO  
 RODRIGUEZ



DEPARTAMENTO ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Guevara Urbano, Bryan Giovanni**, con cédula de identidad n° 1804607123 declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“Construcción e implementación de un banco de pruebas para el alternador de la aeronave Cessna T206 en el Grupo de Aviación del Ejército N° 44 ‘PASTAZA’ ”**, 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. Respaldo los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 15 de Marzo del 2021

---

GUEVARA URBANO, BRYAN GIOVANNI

C.C.: 1804607123



DEPARTAMENTO ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Guevara Urbano Bryan Giovanni**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **"Construcción e implementación de un banco de pruebas para el alternador de la aeronave Cessna T206 en el Grupo de Aviación del Ejército Nº 44 'PASTAZA' "**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 15 de Marzo del 2021



---

GUEVARA URBANO, BRYAN GIOVANNI

C.C.: 1804607123

### **Dedicatoria**

El presente trabajo de titulación principalmente quiero dedicarle a Dios por permitirme alcanzar una meta más en mi vida, quien me ha guiado en el transcurso de mi futura profesión y por haberme dado la sabiduría y entendimiento para poder culminar la carrera con éxito y gratos conocimientos .

A mis padres quienes con su educación impartida desde mi niñez han hecho de mí una persona de bien, quienes con su apoyo y confianza incondicional han sido un pilar fundamental para culminar mi carrera, su trabajo laborioso y sus enseñanzas han permitido mantenerme constante en los proyectos y metas que me he trazado hasta estas instancias de mi vida.

**BRYAN GIOVANNI, GUEVARA URBANO**

### **Agradecimiento**

Quiero expresar mi sentir de gratitud hacia Dios por sus bendiciones diarias con la salud y la vida, por ser nuestro faro de luz y guiarnos a lo largo de nuestro caminar, por darnos la fuerza y el entendimiento para poder sobrellevar de la mejor manera los momentos con mayor dificultad en nuestras vidas.

A mis padres quienes han sido un modelo de perseverancia he inspiración para poder seguir luchando por cada uno de mis sueños y metas anheladas, por no decaer en los momentos de tristezas y dificultades que se presentan en la vida y por haber sido participes en cada uno de mis logros obtenidos

A mis docentes y maestros quienes me han impartido sus conocimientos en las aulas de la prestigiosa Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga, que con responsabilidad y ética profesional han sabido impartir sus valiosos conocimientos profesionales.

**BRYAN GIOVANNI, GUEVARA URBANO**

**Tabla de contenidos**

<b>Carátula .....</b>	<b>1</b>
<b>Certificación.....</b>	<b>2</b>
<b>Responsabilidad de autoría.....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización de publicación.....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>6</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>7</b>
<b>Tabla de contenidos .....</b>	<b>8</b>
<b>Índice de tablas .....</b>	<b>12</b>
<b>Índice de figuras .....</b>	<b>13</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>16</b>
<b>Abstrac.....</b>	<b>17</b>
<b>Problema de investigación .....</b>	<b>18</b>
<b>Tema.....</b>	<b>18</b>
<b>Justificación .....</b>	<b>18</b>
<b>Antecedentes.....</b>	<b>20</b>
<b>Planteamiento del problema .....</b>	<b>22</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>23</b>
<b><i>Objetivo General</i> .....</b>	<b>23</b>
<b><i>Objetivos Específicos</i> .....</b>	<b>23</b>
<b>Alcance.....</b>	<b>24</b>
<b>Marco teórico .....</b>	<b>25</b>
<b>Antecedentes.....</b>	<b>25</b>
<b>Motor eléctrico.....</b>	<b>25</b>



<i>Introducción</i> .....	25
<i>Principio de funcionamiento</i> .....	27
<b>Motores síncronos de corriente alterna</b> .....	30
<b>Motores asíncronos de corriente alterna</b> .....	31
<b>Motores eléctricos monofásicos C.A.</b> .....	32
<i>Principio de funcionamiento</i> .....	33
<b>Motores Trifásicos A.C.</b> .....	33
<i>Motores Trifásicos Síncronos</i> .....	34
<b>Arranque de motores trifásicos síncronos</b> .....	35
<i>Motores Trifásicos Asíncronos</i> .....	36
<b>Componentes de un motor Trifásico</b> .....	37
<b>Principio de funcionamiento</b> .....	40
<b>Tipos de conexión de motores Trifásicos</b> .....	42
<b>Ventajas y Aplicaciones</b> .....	43
<i>Ventajas</i> .....	43
<i>Aplicaciones</i> .....	44
<b>Variador de Frecuencia</b> .....	44
<i>Principio de Funcionamiento</i> .....	45
<i>Ventajas de un VFD</i> .....	47
<b>Variador de Frecuencia KINCO</b> .....	48
<i>Plano de la Estructura del Variador CV100-0022G</i> .....	50
<b>Software COFASO</b> .....	52
<b>Transformador</b> .....	52
<i>Partes de un Transformador</i> .....	54

	10
<b>Devanado Primario</b> .....	54
<b>Núcleo</b> .....	54
<b>Devanado Secundario</b> .....	55
<i><b>Principio de Funcionamiento</b></i> .....	55
<b>Alternadores Cessna</b> .....	56
<b>Alternador 28 V DC P/N 9910591-12</b> .....	57
<i><b>Especificaciones Eléctricas</b></i> .....	59
<i><b>Especificaciones Mecánicas</b></i> .....	59
<b>Instrumentos de Medición</b> .....	59
<i><b>Voltímetro Digital</b></i> .....	59
<i><b>Amperímetro Digital</b></i> .....	61
<i><b>Tacómetro Láser</b></i> .....	62
<b>Breaker 220V</b> .....	64
<i><b>Parámetros de un Breaker</b></i> .....	65
<i><b>Luces Piloto 220V</b></i> .....	66
<b>Desarrollo del tema</b> .....	67
<b>Preliminares</b> .....	68
<b>Diseño mecánico</b> .....	69
<i><b>Creación del diseño mecánico</b></i> .....	69
<i><b>Punto de referencia del banco</b></i> .....	74
<i><b>Cálculos para el sistema de transmisión mediante poleas y correas</b></i> .....	75
<i><b>Distribución del panel de control</b></i> .....	78
<i><b>Pulimiento del Banco</b></i> .....	80
<i><b>Pintado del Banco</b></i> .....	81

Diseño Eléctrico y Electrónico .....	82
Programación del sistema de control de velocidad rotacional. ....	84
<i>Pasos para la programación del VFD KINCO.</i> .....	84
Ensamblaje de los Elementos Eléctricos/Electrónicos .....	88
<i>Colocación del disyuntor.</i> .....	89
<i>Montaje del Variador de Frecuencia</i> .....	90
Pruebas de Funcionalidad. ....	90
<i>Pruebas mecánicas de movimiento y vibraciones.</i> .....	91
<i>Pruebas Eléctricas y Electrónicas.</i> .....	92
Conclusiones y recomendaciones .....	95
Conclusiones .....	95
Recomendaciones. ....	96
Abreviaturas. ....	97
Glosario. ....	99
Bibliografía. ....	102
Anexos .....	106

**Índice de tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Número de Polos y Velocidad en R.P.M.</i> .....	31
<b>Tabla 2</b> <i>Tipos de VFD.</i> .....	45
<b>Tabla 3</b> <i>Pines de Conexión.</i> .....	49
<b>Tabla 4</b> <i>Funciones de los Terminales.</i> .....	50
<b>Tabla 5</b> <i>Dimensiones del Variador CV100-0022G.</i> .....	51

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Motor Eléctrico de Corriente Directa.</i> .....	26
<b>Figura 2</b> <i>Motor Eléctrico de Corriente Directa.</i> .....	26
<b>Figura 3</b> <i>El Funcionamiento de Todo Motor Según Lorenz.</i> .....	28
<b>Figura 4</b> <i>Sentido del Giro Del Motor.</i> .....	29
<b>Figura 5</b> <i>Fuerza Contra Electromotriz.</i> .....	30
<b>Figura 6</b> <i>Elementos de un Motor Monofásico.</i> .....	32
<b>Figura 7</b> <i>Motor Eléctrico Trifásico.</i> .....	33
<b>Figura 8</b> <i>Desfase Eléctrico</i> .....	34
<b>Figura 9</b> <i>Arranque Motor Trifásico Síncrono</i> .....	36
<b>Figura 10</b> <i>Motor Trifásico</i> .....	37
<b>Figura 11</b> <i>Partes de un Motor Trifásico</i> .....	38
<b>Figura 12</b> <i>Placa Característica</i> .....	40
<b>Figura 13</b> <i>Funcionamiento del Motor.</i> .....	41
<b>Figura 14</b> <i>Conexiones para Motor Trifásico.</i> .....	43
<b>Figura 15</b> <i>Principio de funcionamiento de un VFD.</i> .....	46
<b>Figura 16</b> <i>Etapas de un VFD.</i> .....	47
<b>Figura 17</b> <i>VFD KINCO CV100-2S-0022G.</i> .....	49
<b>Figura 18</b> <i>Dimensiones VFD CV100-0022G.</i> .....	51
<b>Figura 19</b> <i>Software Cofaso.</i> .....	52
<b>Figura 20</b> <i>Partes de un Transformador.</i> .....	54
<b>Figura 21</b> <i>Relación de Transformación.</i> .....	55
<b>Figura 22</b> <i>Transformador Eléctrico.</i> .....	56
<b>Figura 23</b> <i>Cessna T206.</i> .....	57

<b>Figura 24</b> <i>IPC Alternador 9910591-12.</i> .....	58
<b>Figura 25</b> <i>Voltímetro Digital.</i> .....	60
<b>Figura 26</b> <i>Amperímetro Digital.</i> .....	62
<b>Figura 27</b> <i>Tacómetro Láser.</i> .....	63
<b>Figura 28</b> <i>Breaker 220V.</i> .....	64
<b>Figura 29</b> <i>Luces Piloto.</i> .....	66
<b>Figura 30</b> <i>Materiales Usados en la Estructura.</i> .....	69
<b>Figura 31</b> <i>Plano Estructural Externo.</i> .....	71
<b>Figura 32</b> <i>Plano Estructural División Interna.</i> .....	71
<b>Figura 33</b> <i>Cuadro Base.</i> .....	72
<b>Figura 34</b> <i>Uso de la Pulidora.</i> .....	73
<b>Figura 35</b> <i>Laminado de la estructura.</i> .....	74
<b>Figura 36</b> <i>Poleas.</i> .....	77
<b>Figura 37</b> <i>Tablero de Control.</i> .....	79
<b>Figura 38</b> <i>Perforaciones del Panel de Control.</i> .....	80
<b>Figura 39</b> <i>Pulida del Banco.</i> .....	81
<b>Figura 40</b> <i>Pintado del Banco.</i> .....	82
<b>Figura 41</b> <i>Diagrama de Bloques.</i> .....	83
<b>Figura 42</b> <i>Plano Eléctrico.</i> .....	83
<b>Figura 43</b> <i>Manual VFD.</i> .....	84
<b>Figura 44</b> <i>Botón Stop.</i> .....	85
<b>Figura 45</b> <i>Parámetro A0.08.</i> .....	85
<b>Figura 46</b> <i>A0.08.</i> .....	86
<b>Figura 47</b> <i>Botón Enter.</i> .....	86

<b>Figura 48</b> <i>Parámetro A0.10.</i> .....	87
<b>Figura 49</b> <i>A0.10</i> .....	87
<b>Figura 50</b> <i>Botón Enter.</i> .....	88
<b>Figura 51</b> <i>Colocación de los Elementos.</i> .....	89
<b>Figura 52</b> <i>Disyuntor Principal.</i> .....	89
<b>Figura 53</b> <i>Colocación del Seguro para el Variador.</i> .....	90
<b>Figura 54</b> <i>Prueba del Motor y Polea.</i> .....	91
<b>Figura 55</b> <i>Mediciones.</i> .....	93
<b>Figura 56</b> <i>Mediciones II.</i> .....	93

## **Resumen**

La presente monografía se llevó a cabo con el fin de obtener un banco apto para la verificación correcta del alternador de la aeronave Cessna T206, en dicho banco se podrá obtener tres magnitudes: voltaje, amperaje y velocidad. El estudio ha mostrado que dicho banco servirá de gran apoyo al personal de mantenimiento del G.A.E. N° 44, ya que podrán contar con un equipo electrónico que brinda innovación en los talleres de mantenimiento. En el manual de mantenimiento del fabricante se rescata información que sirvió para la creación del banco, donde se utilizó equipos de alta gama. Se construyó un sistema de control de velocidad rotacional basado en lenguaje de programación CAD, que permitió el diseño eléctrico y electrónico del banco en donde se manejó circuitos de mando y de potencia. El banco de pruebas cuenta con breakers de protección para los dos tipos de corriente, un variador de frecuencia hasta 90 Hz junto con un motor trifásico de 3 Hp, un amperímetro y voltímetro digital, un medidor láser de r.p.m. y luces piloto. En la estructura del banco se trabajó con materiales de acero inoxidable, se consideró los factores de movimiento y vibración por lo que se colocaron planchas de tol de hasta 6mm. El banco de pruebas ha mostrado que puede satisfacer las necesidades del G.A.E. N° 44 contribuyendo con el acrecentamiento del centro de mantenimiento en condiciones adecuadas al ambiente de trabajo y seguridad del mismo.

Palabras clave:

- **CESSNA**
- **VELOCIDAD ROTACIONAL**
- **BANCO DE PRUEBAS - ALTERNADOR**
- **ALTERNADOR DE LA AERONAVE CESSNA T206**



**Abstrac**

This monograph was carried out in order to obtain a suitable for the correct verification of the alternator of the Cessna T206 aircraft, in this bank three magnitudes can be obtained: voltage, amperage and speed.. The study has shown that this bench will be of great support to the G.A.E. N° 44, that you can count on in your inventory an electronic team that provides innovation in the maintenance workshops of that institution. In the maintenance manual issued by the manufacturer fundamental information is rescued which served to create this bank in which high-end equipment was used. A rotational speed control system was built based on CAD programming language, which allowed the electrical and electronic design of the bank where control and power circuits were managed. The test bench has protection breakers for both types of current, a frequency inverter of up to 90 Hz together with a 3 Hp three-phase motor, a digital ammeter and voltmeter, a laser meter of r.p.m. and pilot lights. In the structure of the bench stainless steel materials were used the factors of movement and vibrations were considered, so tol plates of up to 6mm were placed. The fully completed test bed has shown that it can meet the needs of the G.A.E. N° 44 contributing to the growth of the maintenance center in suitable conditions for the work environment and its safety.

Key words:

- **CESSNA**
- **ROTATIONAL SPEED**
- **TEST BENCH - ALTERNADOR**
- **CESSNA T206 AIRCRAFT ALTERNATOR**

## CAPÍTULO I

### 1. Problema de investigación

#### 1.1 Tema

“CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL ALTERNADOR DE LA AERONAVE CESSNA T206 EN EL GRUPO DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO Nº 44 ‘PASTAZA’ ”

#### 1.2 Justificación

Los entes reguladores de la aviación militar supervisa que todas las operaciones aéreas del Grupo de Aviación del Ejército Nº 44 ‘PASTAZA’ estén reguladas acorde a las exigencias de la industria aeronáutica, como exige el Manual General de Mantenimiento en la sección 24- 21 “Sistemas de Generación”. Lo cual es fundamental que se realicen los test necesarios para que la aeronave se encuentre en condiciones seguras de aeronavegabilidad y que los técnicos de manteniendo puedan contar con un banco de pruebas para el alternador y de esta manera comprobar que las magnitudes medidas (amperaje, voltaje y rpm) en la aeronave se encuentren dentro de los rangos establecidos por el fabricante.

El constante entrenamiento de los pilotos del Grupo de Aviación del Ejército Nº 44 ‘PASTAZA’ ha llevado a programar varias horas de vuelo por este motivo el alternador de esta aeronave se ve sometido a constantes mantenimientos e inclusive a realizar un overhaul completo, para recuperar la disponibilidad del alternador, se requiere de un banco de pruebas para estos componentes.

Actualmente el Centro de Mantenimiento del Grupo de Aviación del Ejército Nº 44 ‘PASTAZA’, no cuenta con un banco de pruebas para el alternador de la aeronave Cessna T206, por lo cual es de gran importancia que el Centro de Mantenimiento aeronáutico del G.A.E. 44

'PASTAZA', pueda gozar de un banco de pruebas para ayudar a la efectividad del personal técnico, personal de pilotos y así cumplir con las exigencias de aeronavegabilidad.

El presente proyecto de titulación permitirá a los técnicos encargados en el departamento de aviónica realizar medidas de amperaje, voltaje y variar las revoluciones del alternador para verificar sus r.p.m., de forma precisa, segura y confiable permitiendo mejorar la eficacia del personal técnico de mantenimiento y personal de pilotos del G.A.E. 44 'PASTAZA', con lo cual existirá un ahorro considerable de tiempo y dinero.

Con la ejecución del proyecto antes mencionado los beneficiarios directos serán los integrantes del Grupo de Aviación del Ejército Nº 44 'PASTAZA', quienes en conjunto con el personal de mantenimiento de la sección de aviónica serán los principales usuarios de dicho banco de pruebas para la utilización en el Hangar del G.A.E. 44 'PASTAZA', cuya unidad militar se encuentra asentada en la ciudad del Puyo en la parroquia Shell. Al desarrollar un banco de pruebas para el alternador de la aeronave Cessna T206, se aplicarán los conocimientos adquiridos durante todo la carrera especialmente aplicando los estudios de la automatización y control de procesos junto con la electrónica de potencia que permitirá chequear los parámetros de funcionalidad de los generadores en otras aeronaves similares las cuales disponen de este tipo de elementos para generar su propio voltaje de consumo en los diferentes sistemas de la aeronave.

### 1.3 Antecedentes

En la actualidad para que las aeronaves puedan brindar sus servicios en beneficio del transporte aéreo tanto del Grupo de Aviación del Ejército N° 44 'PASTAZA', como a la sociedad ecuatoriana. El personal altamente capacitado posee medios tecnológicos cuasi obsoletos por lo que los Centros de Mantenimiento del grupo aéreo requieren equipos e instrumentos adecuados acordes a la exigencia del personal técnico para realizar las pruebas necesarias del alternador de la aeronave Cessna T206, de manera particular en la ciudad del Puyo parroquia La Shell. En este lugar se realizan las pruebas necesarias de los alternadores de la aeronave Cessna T206. Para poder realizar el test del alternador se necesita de un banco de pruebas con magnitudes sensibles para medición de corriente, voltaje, frecuencia, control, maniobrabilidad, tracción, estabilidad, eficiencia y capacidad de carga por el medio en el que se desarrolla.

Por la trascendencia e importancia del tema se han realizado trabajos como los que se exponen a continuación:

- Experiencia como la de Edison Iván Domínguez cuyo tema es “Diseño y construcción de un banco de pruebas para generadores D.C. de aeronaves del Ala de Combate N° 22” de la Universidad Politécnica Salesiana llegando a concluir que para este proyecto se incrementó un variador de frecuencia logrando resultados positivos ya que se logró variar las rpm del generador. (DOMÍNGUEZ CHUIZA , 2015, pág. 1)
- Experiencia como la de Tayupanta Gonzalo, Rubén Alejandro Posligua Yépez cuyo tema es “Diseño y construcción de un banco de pruebas para alternadores” de la Universidad de San Francisco de Quito – USFQ llegando a concluir que el uso del banco facilita el trabajo en la obtención de datos en la

comprobación de un alternador para dar un correcto mantenimiento de este elemento. (Tayupanta & Posligua Yépez, 2017)

- Experiencia como la de Benjamín Castro cuyo tema es “Diseño y construcción de probador de alternadores y motores de arranque” en la institución Consorcio de Bibliotecas Universitarias de El Salvador llegando a concluir que dicho banco de pruebas permitirá al usuario realizar evaluaciones del equipo (motores de arranque y alternadores) simulando en ellos condiciones de carga iguales a las reales. (Benjamín Castro, 2012)

En el Centro de Mantenimiento al no contar con un banco de prueba los técnicos aeronáuticos no cuentan con la disposición para realizar los chequeos obligatorios que la aeronave requiere por lo tanto dicha aeronave se encuentra en tierra y las operaciones en beneficio a la sociedad ecuatoriana se encuentran estancadas. Por lo expuesto es importante que en el Grupo de Aviación del Ejército Nº 44 ‘PASTAZA’, se implemente un banco de pruebas para Alternadores de la aeronave Cessna T206 para mejorar el mantenimiento de la aeronave.

#### 1.4 Planteamiento del problema

Las tripulaciones del G.A.E. Nº 44 'PASTAZA' tienen su centro de operaciones en la parroquia Shell, en el fuerte Militar "AMAZONAS", el Grupo de Aviación del Ejército Nº 44 'PASTAZA' son los principales responsables de abastecer y relevar a las unidades y destacamentos del interior Taisha, Montalvo y Lorocachi, Gualaquiza, Santiago, con aeronaves íconos en la historia de esta región como es el Cessna T206, con el cual han surcado miles de horas de vuelo en la Amazonía ecuatoriana. Las diversas operaciones con dicha aeronave han sido continuas por lo cual requiere un monitoreo continuo de su alternador ya que al no contar con un registro de datos de las magnitudes este podría producir una corriente muy baja por lo que la alimentación de la batería sería por debajo de los 12 V. El alternador no estaría cumpliendo su función de acuerdo a las necesidades de carga que presenta la aeronave por lo que es vital realizar las pruebas antes de que la aeronave salga a volar. (Doctrina, 2011, pág. 278)

Además ha dado lugar:

- A que los técnicos de mantenimiento tengan en bodega instrumentos valiosos de la aeronave.
- Alquilar un banco de prueba de una empresa privada.
- Que el grupo aéreo del ejército presente gastos elevados de dinero.
- Desgaste de los componentes, lo que obliga a adquirir componentes nuevos o que vienen con overhaul (reparaciones o mantenimiento) en estaciones reparadoras.

De no solucionarse lo antes mencionado seguirá la insatisfacción por parte de los técnicos de mantenimiento al no contar con las herramientas de trabajo a disposición. Tras la

exhibición de los antecedentes, y encaminados al acrecentamiento de la investigación desde el punto de vista de la aeronáutica, el problema radica en generar una solución técnica y práctica definitiva que cubra los requerimientos fundamentales en el Centro de mantenimiento para asegurar la integridad del personal técnico, personal de pilotos en el Grupo de Aviación del Ejército N° 44 'PASTAZA'.

Por lo expuesto es necesario que el Grupo de Aviación del Ejército N° 44 'PASTAZA' cuente con un banco de pruebas para operaciones de vuelo seguras.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

Construir e implementar un banco de pruebas mediante un sistema de control de velocidad rotacional, para el alternador de la aeronave Cessna T206, en el grupo de Aviación del Ejército N° 44 'PASTAZA'.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Ejecutar el estudio pertinente de la electrónica de potencia, control, automatización de procesos y programación que se verán involucrados en la construcción de este banco de pruebas.
- Diseñar y construir la estructura del banco de pruebas para el montaje del motor, variador de frecuencia.
- Desarrollar la programación y realizar pruebas del variador de frecuencia.

## 1.6 Alcance

El impacto de este proyecto tiene como finalidad facilitar la lectura de las variables de amperaje, voltaje y velocidad al momento de realizar los chequeos que requiera el alternador de la aeronave Cessna T206 lo cual permitirá al personal técnico, personal de pilotos del Grupo de Aviación del Ejército N° 44 'PASTAZA', mejorar la fiabilidad en los mantenimientos de la aeronave con datos precisos y reales que asegura el correcto funcionamiento del alternador. La construcción e implementación del banco de pruebas para el alternador de la aeronave Cessna T206 permitirá al personal técnico del G.A.E. 44 'PASTAZA' tener a disposición el banco para las operaciones aéreas posteriores.

Se creará un impulso hacia el mundo aeronáutico para contribuir con el desarrollo de futuras máquinas y que este instrumento sirva de base fundamental para la industrialización técnica, permitirá ser una guía de apoyo para posteriores modificaciones reparaciones o mejoras del mismo, adicional se generará un registro técnico para constatar el trabajo realizado tanto en el Grupo de Aviación del Ejército N° 44 'PASTAZA', como en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.



## CAPÍTULO II

### 2. Marco teórico

#### 2.1 Antecedentes

Existen distintos prototipos de bancos de pruebas para los alternadores de las aeronaves, estos se distinguen por su gran capacidad de carga externa, simulaciones con distintas tracciones, brindan gran seguridad con respecto a vibraciones. (Domínguez Chuiza, 2015, pág. 27)

#### 2.2 Motor eléctrico

##### 2.2.1 Introducción

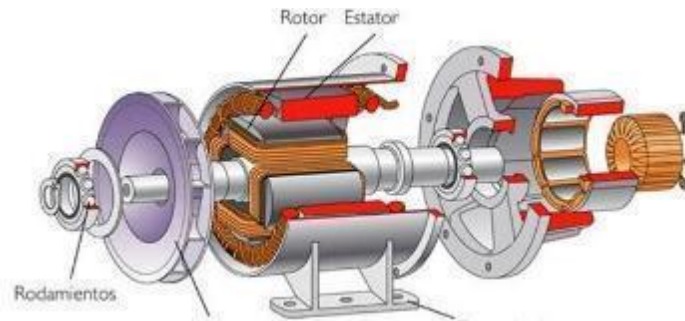
Un motor eléctrico es aquel que transforma la energía eléctrica en energía mecánica para generar un impulso de una máquina. Esta acción ocurre mediante campos magnéticos que se generan al introducir una corriente en la máquina por medio de una fuente externa. Los motores eléctricos pueden ser de dos tipos de alimentación: (Contreras Villamizar & Sánchez Rodríguez, 2010)

- Motores de Corriente Directa CD o Corriente Continua CC
- Motores de Corriente Alterna

Un motor eléctrico de corriente continua CC o corriente directa CD, está compuesto por dos partes principales la parte fija o estator que básicamente es un electroimán generado por el campo magnético de excitación que produce la fuerza de la parte móvil y la parte móvil o rotor que soporta un juego de bobinas arrollados sobre un núcleo magnético. (TERCESA S.L Sertec Trnasmisiones, 1985)

**Figura 1**

*Motor Eléctrico de Corriente Directa.*



*Nota.* El motor de corriente directa muestra sus dos partes principales, rotor y estator.

Adaptada de (Área Tecnología, s/f)

Los motores de corriente alterna cambian constantemente de polaridad ya que el voltaje se ve reflejado desde cero hasta un máximo negativo, el voltaje regresa a cero hasta llegar a un máximo positivo y así repetitivamente. Las partes principales de un motor de corriente alterna son la carcasa, el estator y el rotor.

**Figura 2**

*Motor Eléctrico de Corriente Directa.*



*Nota.* La figura muestra un motor eléctrico con su respectiva placa de datos. Tomada de (Concepto Definición, s.f.)

### 2.2.2 Principio de funcionamiento

Un motor eléctrico es un convertidor electromecánico (máquina eléctrica) que convierte la energía eléctrica en energía mecánica. En los motores eléctricos convencionales se generan campos magnéticos de bobinas conductoras de corriente cuyas fuerzas de atracción y repulsión mutuas se implementan en movimiento. Por lo tanto, el motor eléctrico es la contraparte del generador construido muy similar que convierte la potencia del motor en energía eléctrica. Los motores eléctricos generalmente generan movimientos de rotación, pero también se pueden usar para movimientos de traslación (actuador lineal). Los motores eléctricos se utilizan para conducir muchos equipos, maquinaria y vehículos. (Principio de motor eléctrico, s/f)

Los motores eléctricos son dispositivos que transforman la energía eléctrica en energía mecánica. El medio de esta transformación de energía en motores eléctricos es el campo magnético. Hay diferentes tipos de motores eléctricos y cada tipo tiene diferentes componentes cuya estructura determina la interacción de los flujos eléctricos y magnéticos que causan la fuerza o el par del motor. (Principio de motor eléctrico, s/f)

El principio fundamental es que se describe cómo una fuerza causada por la interacción de un punto de carga eléctrica  $q$  en campos eléctricos y magnéticos, es la ecuación de la Ley de Lorentz: (-1-) (Principio de motor eléctrico, s/f)

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} * \mathbf{B}) \quad (-1-)$$

Dónde:

$q$ : carga eléctrica puntual

$E$ : campo eléctrico

v: velocidad de partícula

B: densidad del campo magnético

En el caso de un campo puramente eléctrico, la expresión de la ecuación se reduce a: (-2-)

(Principio de motor eléctrico, s/f)

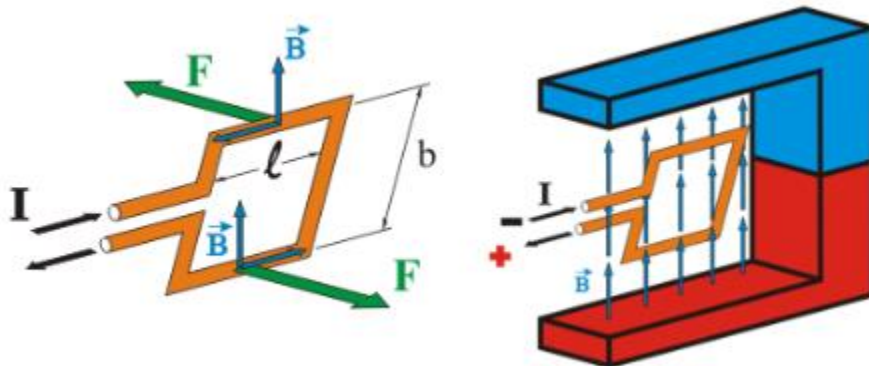
$$F = qE \quad (-2-)$$

La fuerza en este caso está determinada solo por la carga  $q$  y por el campo eléctrico  $E$ . Es la fuerza de Coulomb que actúa a lo largo del conductor originando el flujo eléctrico, por ejemplo, en las bobinas del estator de las máquinas de inducción o en el rotor. (Principio de motor eléctrico, s/f)

La teoría de la fuerza según Lorentz es la base para el funcionamiento de todo motor.

### Figura 3

*El Funcionamiento de Todo Motor Según Lorentz.*



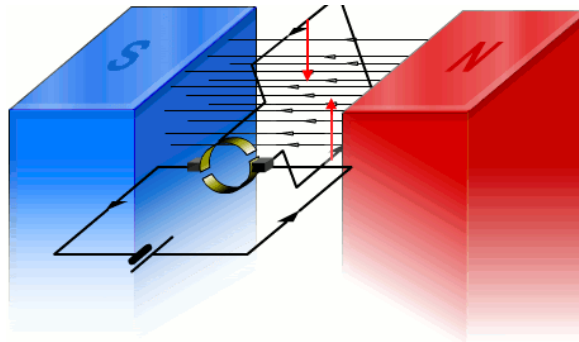
*Nota.* El gráfico muestra las fuerzas ejercidas que se pueden empelar para inducir un PAR DE FUERZAS que hacen girar una espira. Adaptada de (rlopez33, s/f)

Para tener el momento de giro en el mismo sentido, la corriente (amperaje) que se introduce a la espira debe entrar siempre en el mismo extremo. Esto se consigue de forma idéntica a como se hacía en el dínamo, es decir mediante un colector formado por delgas.

(rlopez33, s/f)

#### Figura 4

*Sentido del Giro Del Motor.*



*Nota.* El gráfico muestra las fuerzas ejercidas que se pueden empelar para inducir un PAR DE FUERZAS que hacen girar una espira. Tomada de (rlopez33, s/f)

Para entender el principio de funcionamiento de los motores, se debe tener presente tres hechos:

1.- El momento de giro es mayor cuando la intensidad de la corriente que fluye por la espira y el flujo magnético de los imanes es mayor conforme la ecuación del momento de giro.

(-3-)

$$M = k * I * \Phi \quad (-3-)$$

2.- Un conductor en movimiento en el interior de un campo magnético genera una fuerza electromotriz la cual es un voltaje que se opone a la corriente que se le aplica. Existe una

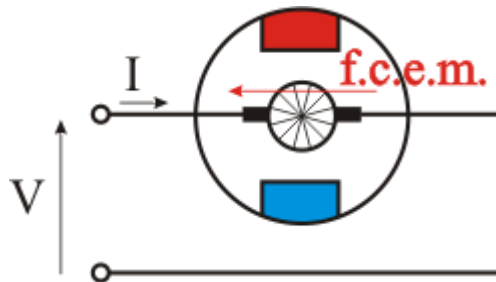
fuerza contra electromotriz o f.c.e.m. la cual es mayor mientras más grande sea el flujo

$$I = \frac{V - f.c.e.m.}{R_{inducido}} \quad (-5-)$$

magnético (la fuerza) de los imanes y más rápido sea el giro.

**Figura 5**

*Fuerza Contra Electromotriz.*



*Nota.* El voltaje generado por el conductor en el campo electromagnético es inverso a la corriente que circula. Adaptada de (rlopez33, s/f)

Esta f.c.e.m. viene expresada por la expresión: (-4-)

$$f_{cem} = k' * \Phi * n \quad (-4-)$$

3º La intensidad de consumo del motor dependerá de la f.c.e.m. Si  $R_{inducido}$  es del mismo valor del cableado del rotor, esta vendría dado por la siguiente ecuación: (-5-)

### 2.3 Motores síncronos de corriente alterna

Un motor síncrono funciona dependiendo su velocidad de rotación (r.p.m.), la cual depende la frecuencia con la que se trabaja comúnmente la frecuencia de la red es de 60 Hz.

(-6-)

$$n = \frac{60f}{p} \quad (-6-)$$

Donde:

n= Velocidad de giro en r.p.m.

p= Números de polos el motor

Los polos magnéticos de un motor condicionará la velocidad de giro del mismo, la relación es inversamente proporcional es decir mientras el motor presente más polos revolucionará más lentamente. (BUN-CA, 2009, pág. 6)

**Tabla 1**

*Número de Polos y Velocidad en R.P.M.*

Relación Numero de Polos y Velocidad del Motor						
No. Polos	2	4	6	8	10	12
Velocidad r.p.m.	3600	1800	1200	900	7200	600

*Nota.* La relación del número de polos con la velocidad del motor es inversamente proporcional mientras que la primera magnitud aumenta la otra disminuye. Una ventaja de estos tipos de motores es que su factor de potencia puede llegar a valores iguales a uno, su eficiencia se reduce a un valor de  $f=0,8$ . (BUN-CA, 2009, pág. 8)

#### **2.4 Motores asíncronos de corriente alterna**

Los motores asíncronos funcionan mediante una corriente alterna trifásica que toma el nombre como principio de inducción mutua según Faraday, los motores están formados por un rotor el cual puede ser jaula de ardilla o bobinado y un estator donde se encuentran bobinas inductoras que se encuentran desfasadas entre sí  $120^\circ$ , donde se provoca una inducción electromagnética para producir la torsión del rotor, este campo magnético giratorio genera una

inducción al rotor según la ley de inducción de Faraday se ve representada en la siguiente expresión.(-7-) (Carpio, s/f)

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi}{dt} \quad (-7-)$$

Donde:

$\varepsilon$ = Fuerza electromotriz inducida.

N= Número de vueltas.

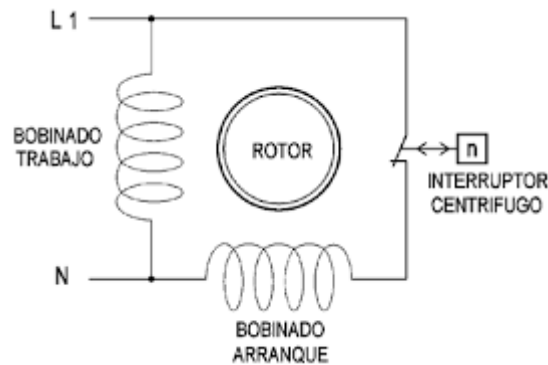
$d\phi/dt$ = Tasa de variación temporal del flujo magnético.

## 2.5 Motores eléctricos monofásicos C.A.

Los motores monofásicos de corriente alterna C.A. tradicionalmente llamados motores de inducción monofásicos fueron creados principalmente por la necesidad urbana de la sociedad es decir el suministro eléctrico que manejan las ciudades y en pequeñas industrias que trabajan con una sola fase L1 con un voltaje de 110 V. (Contreras Villamizar & Sámchez Rodríguez, 2010, pág. 59)

### Figura 6

*Elementos de un Motor Monofásico.*



*Nota.* . Se puede observar que el circuito es MTR monofásico con retorno a tierra. Tomada de (FARINA, 2016)



### 2.5.1 Principio de funcionamiento

Estos tipos de motores trabajan con un sistema monofásico con retorno a tierra – MRT donde la tierra se convierte en conductor de retorno de la corriente de carga. El estator produce un campo magnético estacionario pulsante el cual no es lo suficientemente fuerte para generar un par de arranque, para que se pueda lograr este par de arranque se necesita de un devanado auxiliar el mismo que debe estar desfasado en 90 grados con respecto al devanado principal.

(Soler&Palau Ventilation Group, 1951)

### 2.6 Motores Trifásicos A.C.

Los motores trifásicos de corriente alterna son máquinas rotativas cuyo principio es igual al de cualquier motor que es convertir la energía eléctrica trifásica suministrada en energía mecánica. Estos tipos de motores son utilizados en gran escala a nivel industrial ya que la potencia que transmite puede ser de rangos elevados en medidas de kilovatios Kw-h o caballos de fuerza Hp y pueden trabajar a tensiones nominales distintas y frecuencias normalizadas de 50 y 60 Hz. Sus principales aplicaciones sirven para el accionamiento de máquinas, bandas transportadoras, bombas centrífugas, ventiladores, grúas, sopladores, etc.

#### Figura 7

*Motor Eléctrico Trifásico.*

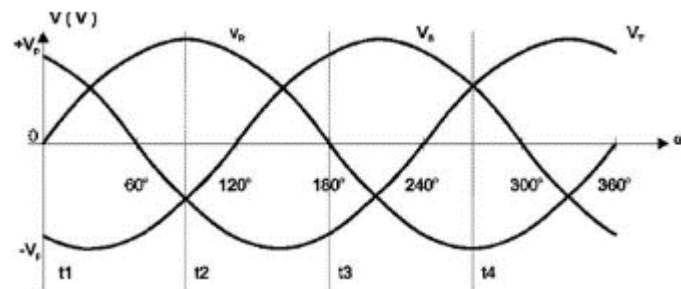


*Nota.* . El motor se encuentra con una abertura de  $\frac{1}{4}$  fines didácticos. Tomada de (Compañía Levantina de Reductores, s/f)

El bobinado colocado en el estator de los motores trifásicos se compone de tres devanados en solitario con un desfase de  $120^\circ$  eléctricos entre sí. Las formas de onda del desfase de cada línea pueden representar los valores de los campos magnéticos generados. (Delgado, 2015). La secuencia del suministro de las líneas de fase y dependiendo el orden en el que se encuentren conectadas condicionaran el giro del rotor, bajo este principio al invertir la conexión de cualquiera de las dos líneas primarias el suministro cambiará la dirección de rotación del motor. La velocidad que presente el motor dependerá directamente de la frecuencia y el número de polos estos están configurados entre 2, 4, 6 y 8 polos.

**Figura 8**

*Desfase Eléctrico*



*Nota.* . Las tres fases se encuentran desfasadas en  $120^\circ$  que permite el giro de un motor trifásico. Adaptada de (<http://www.sapiensman.com/>, s/f)

### **2.6.1 Motores Trifásicos Síncronos**

Si la velocidad del campo magnético y del rotor son iguales entonces es un motor síncrono. La velocidad del rotor es inversamente proporcional al número de pares que posee el motor mientras que al aumentar la corriente del estator su velocidad aumenta por lo que es directamente proporcional. Su principal función es generar movimiento en grandes máquinas que poseen carga variable y necesitan una velocidad constante, al tener características de alto rendimiento y fácil adaptabilidad se utilizan en todo el sector industrial. Una desventaja de este

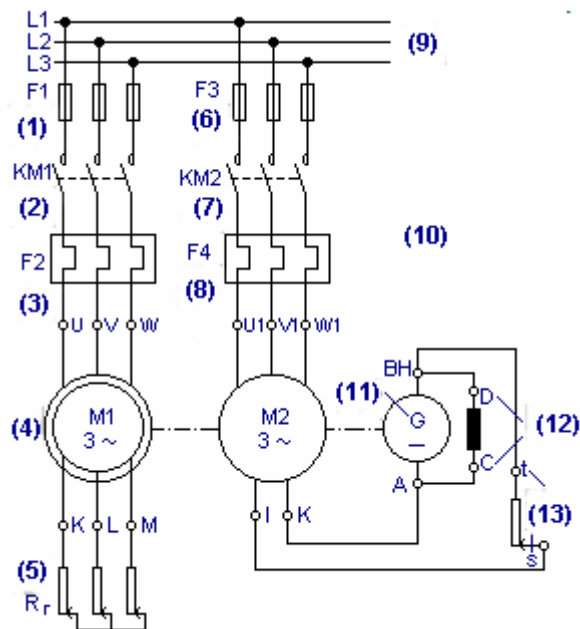
tipo de motores es que su arranque se ve complicado en ya que su estado es limitado mientras que una de las ventajas es que poseen auto refrigeración. El funcionamiento de un motor síncrono es bastante similar al funcionamiento de un alternador.

**2.6.1.1 Arranque de motores trifásicos síncronos.** Los motores síncronos no pueden arrancar solos ya que no tienen par de arranque por lo tanto al instante del arranque la velocidad rotatoria es cero, por otro lado el campo magnético del estator presenta movimiento con la velocidad del sincronismo. Al tener una velocidad próxima a la velocidad síncrona es necesario poner al motor en rotación y así lograr que se pueda enganchar y ponerse a girar a dicha velocidad por lo que el resultado global es una fuerza de giro. Para el arranque de este tipo de motores existen 4 formas:

- Arranque como motor asíncrono (Usando devanados amortiguadores).
- Arranque como motor asíncrono (Usando variador de frecuencia).
- Arranque como motor asíncrono usando un tipo de arrollamiento diferente.
- Arranque mediante un motor auxiliar de lanzamiento hasta velocidad síncrona. (Granero, 2018)

**Figura 9**

*Arranque Motor Trifásico Síncrono*



*Nota.* . El circuito de potencia muestra el arranque de un motor trifásico síncrono. Tomada de (Granero, 2018)

### **2.6.2 Motores Trifásicos Asíncronos**

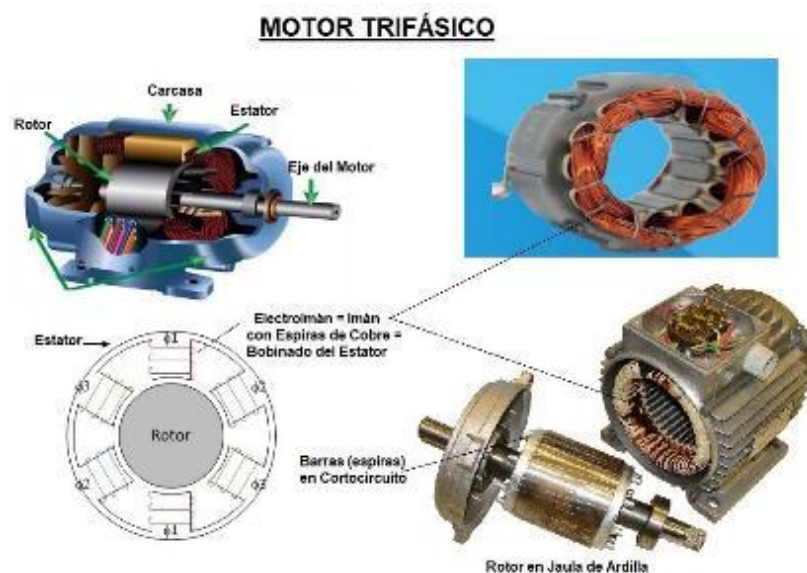
El motor trifásico funciona con una alimentación de tres líneas es decir con un voltaje de 440V de corriente alterna con un desfase de  $120^\circ$ . El estator de este tipo de motores tiene un número específico de espiras superpuestas lo que permite que esté tipo de motores consuma la mitad de energía eléctrica generada provocando que el arranque de estos motores no necesiten un circuito auxiliar como si son necesarios en motores de potencia baja o media.

Un transformador eléctrico es bastante parecido a un motor trifásico asíncrono en cuanto a diseño ya que por la sencillez de su fabricación cuenta con devanados distribuidos en el rotor, un entre hierro en el rotor cuyo volumen es pequeño. El motor trifásico cuenta con

devanados en el rotor y estator los cuales pueden ser monofásicos o trifásicos pero por lo general se construyen con devanados polifásicos. La velocidad que puede tener el giro dependerá de los números de pares que tenga. Entre el rotor y el campo de estator se generan distintas velocidades por lo cual existe presencia de deslizamiento  $s$  lo cual caracteriza a este tipo de motores.

**Figura 10**

*Motor Trifásico*



*Nota.* . El circuito de potencia muestra el arranque de un motor trifásico síncrono. Tomada de (Tecnología, s/f)

## 2.7 Componentes de un motor Trifásico.

Un motor trifásico consta de dos partes principales, la parte estática o estator y la parte móvil o rotor en la cuales se encuentran los componentes del motor. En la figura 11 se puede observar todos los componentes y posteriormente la descripción de cada uno.

**Figura 11**

*Partes de un Motor Trifásico*



*Nota.* El motor trifásico se encuentra con una abertura de  $\frac{3}{4}$  lo cual permite identificar todas las partes de un motor. Tomada de (Farina, 2018)

1. **Carcasa.** Es toda la parte externa del motor ya que en ella están todos los componentes de un motor como el rotor, eje, estator.
2. **Estator.** En el estator se encuentra colocada una corona de chapas de acero al silicio con cortes pequeños para poder generar los electroimanes según los circuitos y fases del motor.
3. **Rotor.** Al ser la parte móvil este provoca la transferencia eléctrica a mecánica, que se encuentra junto al ventilador. El rotor puede ser jaula de ardilla o un rotor bobinado esto depende de cada motor.
4. **Eje.** Es el encargado de impulsar el movimiento del equipo al que se requiere. Este está sujeto con rodamientos ya que es el soporte para el rotor y el ventilador.
5. **Chavetero.** Este puede ser un destaje o un incremento en el eje, este sirve para mejorar la fijación del acople entre el eje del motor con otros equipos como máquinas o poleas, etc.

6. **Ventilador.** Es el encargado de brindar aire para la refrigeración del motor, este va montado en el eje.
7. **Cubre ventilador.** Sirve como aislante para el ventilador, evita el contacto directo con las demás partes.
8. **Tapas.** Por lo general son dos tapas en MET ubicadas en la parte delantera para así poder cerrar al estator, además alojan los rodamientos que permiten el movimiento del eje.
9. **Rodamientos.** Sostienen al eje y permiten que este gire, están ubicados en las tapas. Estos rodamientos pueden variar dependiendo si la configuración del MET opera en posición en el eje de las X o en eje de las Y.
10. **Base.** Es parte de la carcasa y aquí se fija el motor de forma permanente.
11. **Cáncamo de izaje.** Es utilizado cuando al motor se requiere movilizarlo, además este se activa a una determinada potencia.
12. **Cajas de conexiones.** Aquí van los cables de conexión en los extremos de cada bobinado que está en el rotor.
13. **Chapa característica.** Contiene todos los datos técnicos del motor, aquí se puede encontrar el tipo de alimentación, los tipos de conexiones estrella o triángulo según el voltaje de operación, la fuerza del motor en HP, el número de revoluciones, la protección que presenta, etc. Esta chapa o placa metálica va sujeta en la parte externa de la carcasa.

**Figura 12***Placa Característica*

*Nota.* En la chapa o placa característica se pueden observar todos los datos que presenta el motor trifásico.

- 14. Anillos o rings.** Se encuentran ubicados junto a los rodamientos en las tapas, su función es actuar como sello mecánico para evitar que el lubricante del motor se fugue. (Farina, 2018).

## 2.8 Principio de funcionamiento.

Un motor trifásico de inducción funciona a partir de un campo magnético que es generado cuando la corriente atraviesa los arrollamientos de las tres fases del motor mientras que en el estator los conductores entran en cortocircuito lo cual produce una corriente inducida. La corriente de flujo al interactuar con el campo magnético produce un par motor el cual genera la fuerza suficiente para crear el movimiento. En los conductores existen ranuras donde se encuentran las bobinas y estas se conectan con la alimentación, esta puede ser de 220V, 380V o 440V. Los motores asíncronos trifásicos al ser alimentados por corriente alterna presentan variaciones continuas por lo cual la velocidad del rotor no debe ser la misma velocidad del campo magnético giratorio.



La velocidad de giro se ve afectada por el número de par motor dando lugar a la siguiente expresión.(-8-)

$$n = \frac{f * 60}{P} \quad (-8-)$$

Donde:

n= Velocidad de giro en r.p.m.

f= Frecuencia en Hz

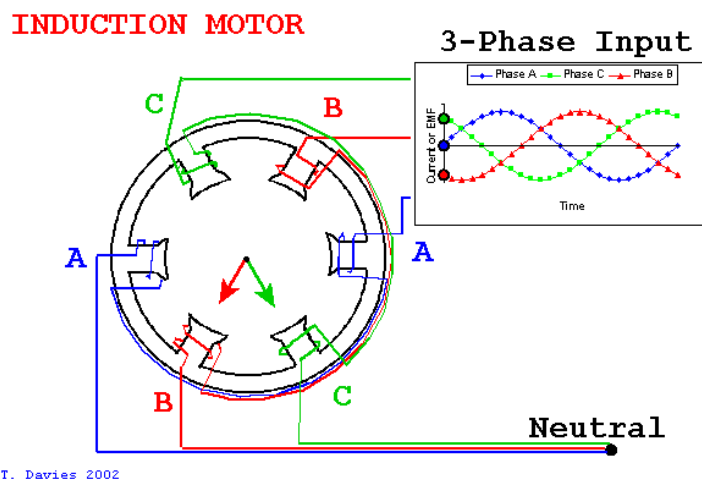
P= Número de par motor

La fuerza electromotriz inducida o f.e.m. se produce por una tensión entre dos puntos que impide el paso de la corriente eléctrica en una inductancia, la dirección de las fuerzas del campo magnético giran de forma tangencial a la circunferencia de rotación del motor.

(www.mheducation.es, s/f).

### Figura 13

*Funcionamiento del Motor.*



*Nota.* En la figura #13 se puede observar la interacción de las 3 líneas donde la primera se encuentra en 0 la segunda se aumenta en medio ciclo al igual que la tercera. Tomada de (Área Tecnología, s/f).

## 2.9 Tipos de conexión de motores Trifásicos.

Para las dos posibles conexiones que presentan los motores trifásicos en estrella y triángulo la nomenclatura R, S, T no varía y en las dos opciones la conexión a neutro puede realizarse de manera opcional.

La conexión en estrella se basa en unir todas las bobinas del estator haciendo una conexión en paralelo para alimentar al siguiente terminal logrando generar un valor de tensión basado en la siguiente expresión.(-9-)

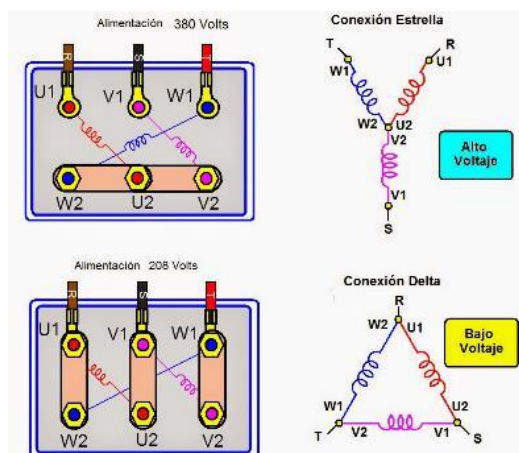
$$\mathbf{Tensión\ de\ fase = \frac{Tensión\ de\ línea}{\sqrt{3}}} \quad (-9-)$$

La conexión en triángulo para el funcionamiento del motor consiste en conectar las bobinas en serie para poder obtener una igualdad entre la tensión de línea y tensión de fase como muestra la ecuación.(-10-)

$$\mathbf{Tensión\ de\ fase = Tensión\ de\ línea} \quad (-10-)$$

**Figura 14**

*Conexiones para Motor Trifásico.*



*Nota.* Los tipos de conexiones que se puede realizar en un motor depende del voltaje de alimentación, la conexión en triángulo será con un voltaje bajo mientras que la conexión en estrella será en voltaje alto. Tomada de (Área Tecnología, s/f).

## 2.10 Ventajas y Aplicaciones.

Al utilizar un motor trifásico de alta potencia brinda un sin número de ventajas hacia los motores de media y baja potencia, por lo que sus aplicaciones se muestran en diferentes campos de la industria.

### 2.10.1 Ventajas

- Su tamaño y peso es en proporciones reducidas.
- Pueden construirse de cualquier tamaño adecuándose a las necesidades eléctricas e industriales.
- Presentan un par de giro elevado por lo que las r.p.m. aumentan.
- Aumenta el rendimiento de la máquina en un 75%.
- Son motores polifásicos es decir pueden trabajar con dos tensiones 280V o 440V.

- La velocidad del control se genera de forma automática.
- Presenta un bajo costo de mantenimiento.
- Consume la mitad de la energía eléctrica generada. (Fernández, 2017)

### **2.10.2 Aplicaciones.**

- Son utilizados en la industria ya que el campo doméstico no alimenta con el voltaje necesario.
- Se utilizan para activar bombas, máquinas, extractores, ventiladores, accionar sistemas de transmisión de movimiento, grúas eléctricas, etc.

### **2.11 Variador de Frecuencia.**

Un variador de frecuencia o de velocidad proviene de las siglas en inglés VFD Variable Frequency Drive, son dispositivos electrónicos cuyo objetivo es controlar de manera completa a los motores eléctricos. El uso de este equipo es fabricado para los dos tipos de corriente directa CD en la cual se varía la tensión y en la corriente alterna CA se varía la frecuencia. Los motores trifásicos a pesar de tener una gran envergadura pero ideal y ligero para todas las aplicaciones este motor es complejo con el tema de la variación de la velocidad que esta se ve comprometida por su forma de construcción de la frecuencia con la que se alimenta.

Un variador de frecuencia brinda una solución eficiente al interactuar la parte eléctrica y electrónica lo cual se ve reflejada en un ahorro energético, este equipo permite variar la frecuencia dependiendo de la marca y de las características propias, las revoluciones dependerá de la frecuencia de salida del variador, mientras más grande sea la frecuencia programable mayor revoluciones se genera en el motor.

**Tabla 2***Tipos de VFD.*

Motores	Equipos
Corriente Directa	Variadores
Corriente alterna	Arrancadores
Rotor Jaula de Ardilla	Variadores
Corriente alterna	Variadores con
Rotor Bobinado	Resistencias rotóricas.
Servomotores	Variadores servo

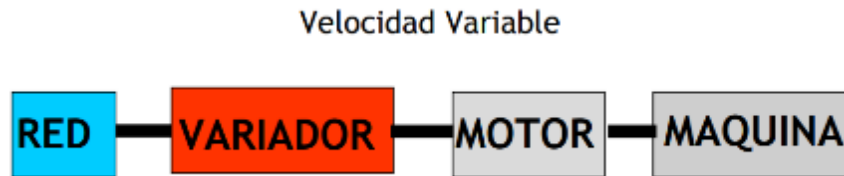
*Nota.* Se muestra la clasificación de los tipos de variadores dependiendo su aplicación. (Centro de Formación M Cañas, 2002)

### **2.11.1 Principio de Funcionamiento.**

La principal función del variador de frecuencia es controlar la frecuencia de salida, esta puede aumentar o disminuir dependiendo las necesidades que requiera el sistema, cuentan con un microprocesador en su interior y utilizan la tecnología IGBT Insulated Gate Bipolar Transistor, lo que los hace tener un funcionamiento convertible, además cuentan con una protección en caso de invertir polos al momento de la conexión para evitar un fatal daño en el equipo o un accidente laboral. El variador de frecuencia se encuentra conectado entre la alimentación y el motor para así realizar la etapa de control, tienen integrado una pantalla lcd donde se pueden reflejar varias magnitudes como las revoluciones, el voltaje, intensidad, etc. Los variadores para redes monofásicas o trifásicas en su interior existen 3 etapas de transformación de señal eléctrica.

**Figura 15**

*Principio de funcionamiento de un VFD*



*Nota.* Diagrama de bloques del funcionamiento del sistema de un motor con variador.

Adaptada de (Centro de Formación M Cañas, 2002).

### **1. Transformación de corriente alterna CA en corriente continua DC.**

La alimentación depende del tipo de variador que se esté usando por lo general se utilizan los monofásicos con entrada de 110 V fase – neutro y el variador trifásico donde ingresa 440 V en tres líneas L1-L2-L3, mediante la utilización del puente de diodos se rectifica la señal de corriente alterna en corriente directa esto se debe a que los variadores cuentan con pantallas lcd que trabajan con corriente directa además facilita para realizar las dos etapas siguientes.

### **2. Filtrado de la corriente directa DC.**

Al tener una corriente directa lo que se sucede internamente en el variador es filtrar la corriente o suavizar la corriente continua de esta manera en la señal rectificadas las variaciones se reducen al máximo por ende la onda que es generada es mucho más limpia y sin perturbaciones para posterior seguir su proceso.

### **3. Inversión de corriente continua a corriente alterna.**

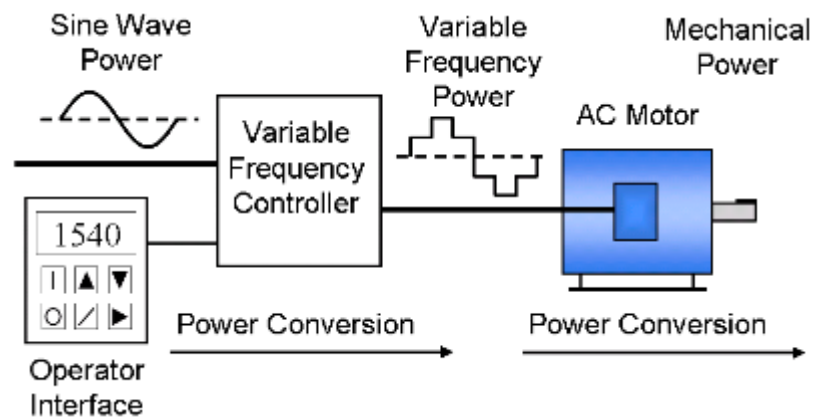
Para culminar con el proceso interno del VFD se trabaja con la corriente directa filtrada la misma que es transformada a una corriente alterna trifásica cuadrada donde se hace uso de la tecnología IGBT es decir se trabaja con un grupo de transistores. La señal cuadrada obtenida de

la transformación es la que simula una señal eléctrica trifásica que excita los bobinados de los motores permitiendo así su control. (Igueren, s/f)

Estas tres etapas son fundamentales en los variadores de frecuencia ya que existen variadores con entrada monofásica y salida monofásica, entrada monofásica y salida bifásica, entrada bifásica y salida trifásica, al tener varias alternativas de VFD es necesario contar con las etapas antes mencionadas para poder tener en la salida el voltaje requerido.

**Figura 16**

*Etapas de un VFD.*



*Nota.* Etapas de conversión de corriente alterna a directa, filtrado de corriente directa y transformación a corriente alterna. Tomada de (Igueren, s/f)

### **2.11.2 Ventajas de un VFD.**

Al hacer uso de un variador de velocidad sin importar el tipo de alimentación de entrada o el voltaje de salida los VFD proveen ventajas a nivel industrial lo cual los hace bastante funcionales en los diferentes procesos.

- Limita la corriente de arranque.
- Se consigue un rendimiento mayor del motor.
- Controla arranques lentos y suaves como arranques progresivos y fuertes.

- Los circuitos de alimentación de la red y del motor son sencillos.
- No presenta contactos ni elementos móviles.
- Controla la velocidad y frenado del motor.
- Permite ahorrar energía cuando el motor presente cargas elevadas.
- Sirve como elemento de protección ya que puede detectar ausencia de las líneas en la entrada o salida de los equipos.
- Permite medir magnitudes como voltaje, amperaje, revoluciones, frecuencia, etc.
- Es programable y se puede cambiar los datos en cualquier momento.
- Permite realizar la inversión de giro de forma sencilla. (Suarez, 2017)

### **2.12 Variador de Frecuencia KINCO.**

Los variadores de frecuencia KINCO son fabricados en diferente serie dependiendo de las necesidades que requiera el sistema en este caso la serie KINCO - CV100 se encuentra con especificaciones para un alto rendimiento mediante un método de control único para poder elevar el par motor, son bastante precisos y presentan un rango bastante amplio para poder realizar el control de la velocidad. Es un variador polifásico que se puede adaptar a la red eléctrica bifásica o monofásica ya que presentan una función anti-disparo, presentan una protección IP 67W, protección contra polvo y agua siendo un dispositivo resistente a condiciones climáticas lo cual lo hace resistente a la temperatura y humedad. Tienen incluido en su sistema la configuración de la frecuencia de pulso, parámetros de ahorro en caso de corte y parada de energía, control de frecuencia maestro y esclavo, etc.

La serie de variadores CV100 ofrece un trabajo silencioso ya que al momento de su funcionamiento los decibelios son magnitudes pequeñas, trabaja con la tecnología de modulación por ancho de pulso PWM.



**Figura 17**

VFD KINCO CV100-2S-0022G.



*Nota.* Parte delantera del variador de frecuencia Kinco CV100 el cual es utilizado en este proyecto.

**Tabla 3**

*Pines de Conexión.*

Pines de Conexiones Principales					
Conexión a una sola fase	L	N		PE	
Conexión a tres fases	R	S	T	PE	
Botones	U	V	W	-/B1	B2

*Nota.* Se muestra los principales pines de conexión para la entrada y salida del variador.

**Tabla 4**

*Funciones de los Terminales.*

Funciones de los Terminales.	
Nombre del Terminal	Descripción.
R, S, T, / L,N	Entrada trifásica 380 VAC / entrada monofásica 220 AC
+B1/B2	Terminal para frenado
U, V, W/ PE	Terminales trifásicos de salida/ terminal de protección PE

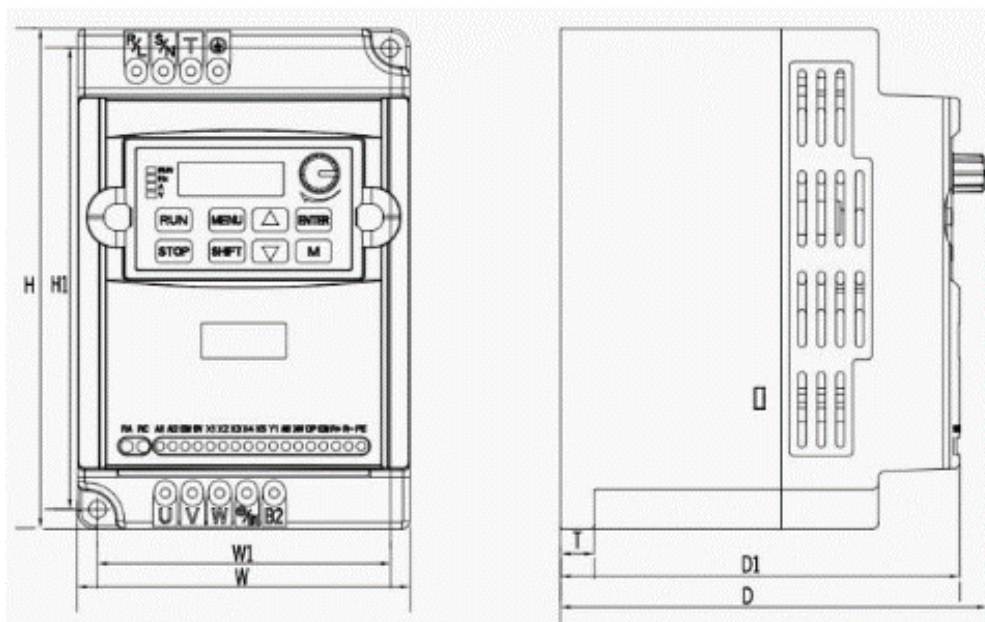
*Nota.* Los nombres de los pines de VFD con su respectiva funcionalidad al momento de ser conector con un sistema eléctrico.

### **2.12.1 Plano de la Estructura del Variador CV100-0022G.**

Las dimensiones exactas que tiene el variador CV100-0022G ya sea lateral frontal o de profundidad están en el sistema internacional de medidas en este caso se presentan en mm.

**Figura 18**

Dimensiones VFD CV100-0022G.



*Nota.* La figura muestra las caras del variador en la cual se colocaron letras identificativas de cada parte para poder verificar sus medidas. Tomada de (KINCO, s/f).

**Tabla 5**

Dimensiones del Variador CV100-0022G.

Dimensiones Externas (mm).									
Modelo	Agujero de instalación (d)	Peso (Kg)	W	H	D	W1	H1	D1	T1
CV100-0022G	5	1	101	152	129	89	140	121	10

*Nota.* Se presentan las dimensiones en mm dela variador mostrado en la figura 18. Tomada de (KINCO, s/f).

### 2.13 Software COFASO.

El software Cofaso es una herramienta CAD para realizar proyectos eléctricos y electrónicos de alta gama. Su lógica programable está basada en el sistema especial con acceso directo a la lógica aplicable básicamente es un sistema controlado por parámetros, facilita una estructura independiente para cada sistema a realizarse. Presenta una interfaz amigable con el usuario mediante estructuras de red, maneja una comunicación TCP/IP.

**Figura 19**

*Software Cofaso.*



*Nota.* Se muestra el entorno de programación del software Cofaso en el cual se realizarán circuitos eléctricos. Tomada de (Electroclub Didactic, 2021).

### 2.14 Transformador.

El transformador eléctrico forma parte del grupo de máquinas eléctricas junto con los motores y generadores. Al hablar de un transformador la idea principal es transformar tipo de energía eléctrica alterna en otro valor de corriente alterna, en el campo eléctrico y electrónico no existen transformadores de corriente directa, esta máquina eléctrica opera en su entrada únicamente con corriente alterna mientras que a la salida el valor del voltaje es aumentado o reducido.

Es una máquina eléctrica estática la cual permite variar algún tipo de magnitud eléctrica ya sea corriente o voltaje, los valores en la salida del transformador pueden aumentar o disminuir esto dependerá de las características propias del mismo. La familia de los transformadores se puede desglosar dependiendo de su operatividad como la potencia, comunicaciones o por sus aplicaciones ya sea elevador o reductor de voltaje, también pueden ser de aislamiento o de impedancia. (Ingeniería Mecafenix, s/f)

Por su operatividad.

- Autotransformador.
- Transformador por el tipo de fase, monofásico 110V, bifásico 220V, Trifásico 380V.
- Transformador por comunicaciones.
- Transformador de media.
- Transformador por impedancia.
- Transformador por potencia.

Por su aplicación.

- Transformador reductor de voltaje/corriente.
- Transformador elevador de voltaje/corriente.
- Transformador aislador.
- Transformador con diodo dividido.
- Transformador con frecuencia variable.
- Transformador de pulsos
- Transformador de frecuencia variable. (Ingeniería Mecafenix, s/f)

### 2.14.1 Partes de un Transformador.

El transformador está compuesto por tres partes principales las cuales actúan para la conversión de la corriente o de voltaje estos componentes son:

- Devanado Principal.
- Núcleo.
- Devanado secundario.

**Figura 20**

*Partes de un Transformador.*



*Nota.* Se muestra un transformador de corriente alterna bifásico 220V a 12VAC. Tomada de (Ingeniería Mecafenix, s/f).

**2.14.1.1 Devanado Primario.** Es la entrada del transformador, la bobina primaria es la que se conecta a la alimentación que es transportada hasta llegar a la línea del suministro del núcleo, este devanado dependerá del tipo de transformador, por lo general son para voltaje high o low.

**2.14.1.2 Núcleo.** Al igual que en los motores está formado por chapas de acero al silicio, aquí se encuentran dos partes indispensables que son las columnas en estas van colocadas las culatas y los devanados primario y

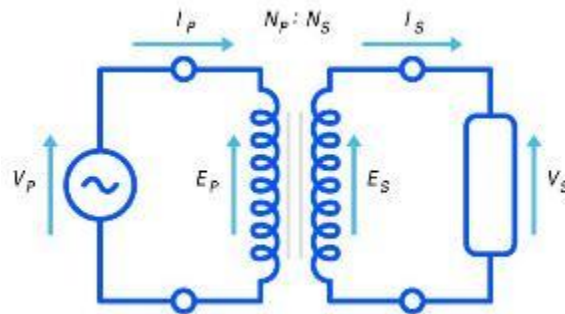
secundario. El núcleo actúa como un conductor eléctrico ya que permite el paso del flujo magnético alterno.

**2.15.1.3 Devanado Secundario.** En el devanado secundario se obtendrá la transformación de la corriente, los valores en la salida del transformador dependerán de las vueltas de hilo tanto en el devanado primario y devanado secundario los cual permitirán tener la relación de transformación que conlleva a la siguiente igualdad.(-11-).

$$rt = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s} \quad (-11-)$$

**Figura 21**

*Relación de Transformación.*



*Nota.* Se puede observar todas las magnitudes eléctricas que actúan en el transformador. Tomada de (endesa Fundación, s/f).

### **2.14.2 Principio de Funcionamiento.**

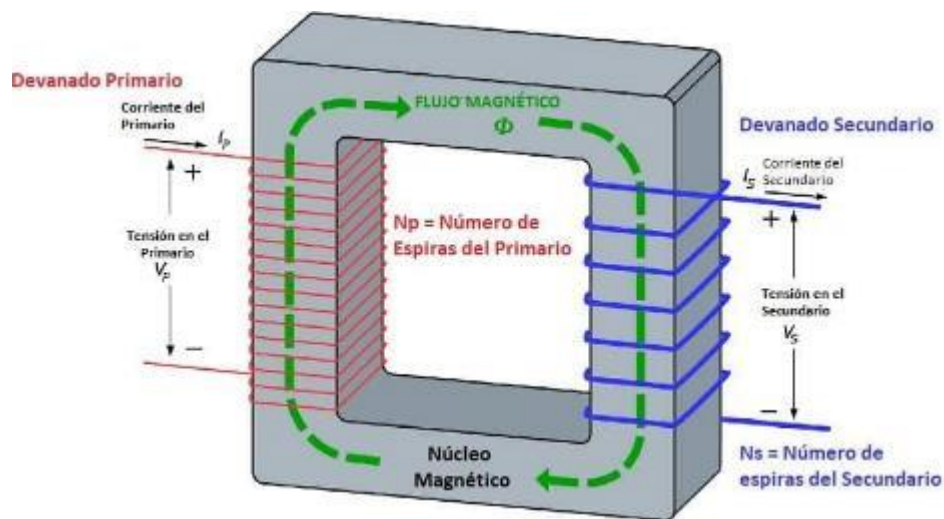
La principal causa de su funcionamiento es que está fundamentado en la inducción electromagnética la cual es quien genera una corriente inducida. Al conectar la bobina o el devanado principal con una fuente de voltaje de corriente alterna en el interior del núcleo se produce una inducción del flujo magnético el cuál es conducido por el núcleo hasta llegar a la

bobina secundaria o devanado secundario aunque el flujo magnético total que es transportado hasta la bobina secundaria no siempre es el ideal ya que se ve reducido en un porcentaje bastante pequeño.

Al llegar el flujo magnético al devanado secundario se produce un voltaje variable, este voltaje dependerá del tipo de transformador que se esté utilizando. En la salida del transformador se obtendrá un voltaje mayor o menor, existen transformadores tap central los cuales darán dos valores de voltajes mientras que en los tradicionales en la salida solo se obtendrá un valor único de voltaje.

**Figura 22**

*Transformador Eléctrico.*



*Nota.* Se muestra el principio de funcionamiento de un transformador evidenciando la dirección del flujo magnético. Tomada de (TecnologíaIndustrial.ec, 2021).

### 2.15 Alternadores Cessna.

La aeronave Cessna T206 es de fabricación americana con una capacidad de carga bastante pequeña, ya que su peso aproximadamente es de 3600lb, esta aeronave puede llevar hasta 6 personas en las cuales ya se encuentra incluida la tripulación, su envergadura es de 36 ft



con un largo de 28.7 ft. Esta aeronave es bastante utilizada para operadores de fumigación, paracaidismo, transporte aéreo, ambulancia aérea, transporte de carga y pasajeros, fotografía aérea, etc.

### **Figura 23**

*Cessna T206.*



*Nota.* Aeronave Cessna T206, matrícula y fabricación americana. Tomada de (HPA High Performance Aviation, s/f).

#### **2.16 Alternador 28 V DC P/N 9910591-12.**

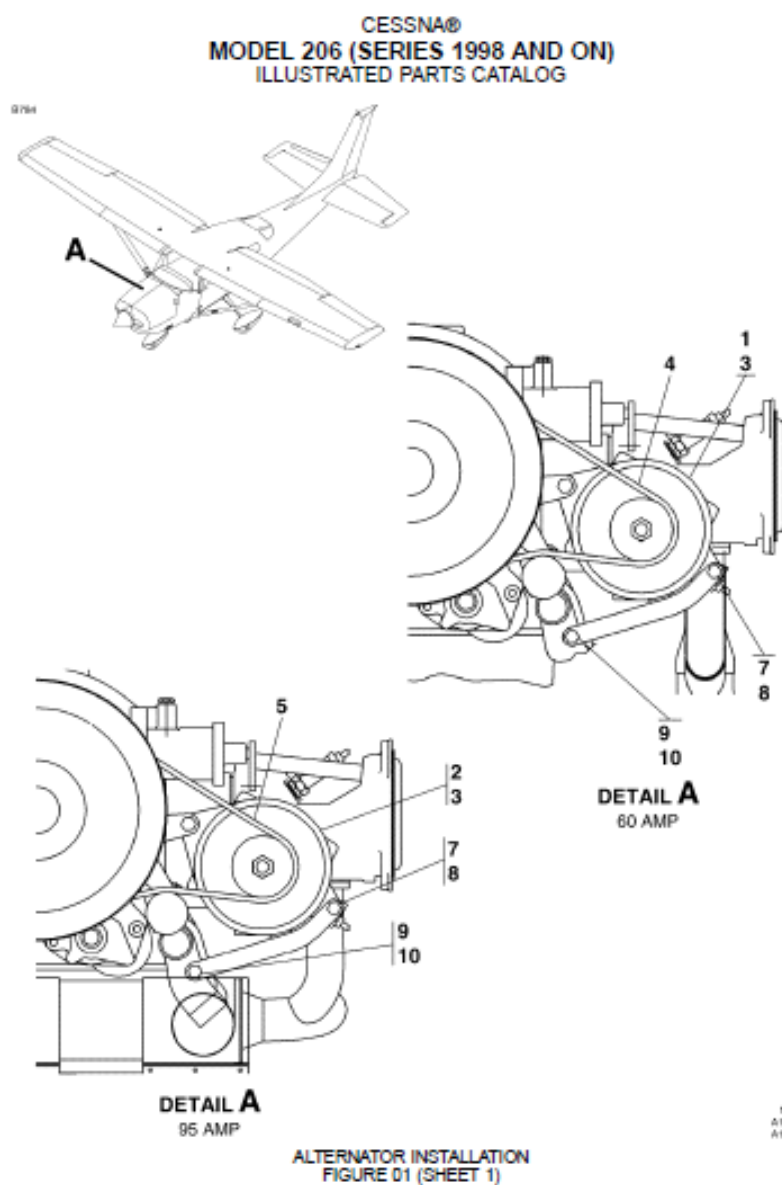
El alternador que ocupa la aeronave Cessna T206 es fabricado por la empresa Hartzell Engine Technologies la cual fabrica gran parte de los equipos utilizados en aviación ya que cuenta con gran experiencia laboral y gran poder de conocimiento. La creación de los alternadores para distintas aeronaves hace que sean equipos aéreos navegables, cuentan con las certificaciones pertinentes que exige la FAA Federal Aviation Administration.

Con número de parte del alternador P/N 9910591-12 permite conocer las características específicas del componente, además se podrá ver en el IPC Illustrated Parts Catalog el proceso

para el desmontaje del mismo. El alternador es girado mediante un sistema de poleas, la polea motriz se encuentra en el motor de la aeronave en este caso un motor turbohélice, mediante el movimiento de esta gira el alternador y produce 28VDC, los cuales son distribuidos a toda la aeronave en especial a la cabina, además actúa con un sistema de arranque.

### Figura 24

IPC Alternador 9910591-12.



*Nota.* Proceso para la instalación del alternador de la aeronave Cessna T206. Tomada de (Cessna©, 2016, pág. 4).

#### **2.16.1 Especificaciones Eléctricas.**

- Generador de voltaje 28 VDC.
- Generador de corriente 60 ACD.

#### **2.16.2 Especificaciones Mecánicas.**

- Velocidad de 800 r.p.m. en mínimas.
- Velocidad de 12500 r.p.m. en máximas.
- Peso del alternador junto con la polea es de 16lbs. (DOMÍNGUEZ CHUIZA , 2015, pág. 34)

### **2.17 Instrumentos de Medición.**

Los instrumentos de medición que actúan en el banco de prueba son tres: voltímetro, amperímetro y tacómetro, estos tres instrumentos permitirán monitorear el estado del alternador ya que se podrá ver el voltaje que este entrega, la intensidad de corriente que produce según el tipo de carga y con el tacómetro se puede verificar las revoluciones por minuto a las que está girando, esto dependerá de las r.p.m. con las que se trabaje en los rangos mínimos y máximos de velocidad. Existen dos tipos de instrumentos de medición en el mercado los instrumentos análogos y los instrumentos digitales.

#### **2.17.1 Voltímetro Digital.**

El voltímetro es un equipo indispensable para todo lo que se encuentra relacionado con la electrónica y la electricidad, este es utilizado en los dos tipos de corriente ya sea alterna o directa, la aplicación de cada tipo de voltímetro depende de los tipos de medidas que se requiere, además su escalado no siempre es el mismo ya que unos son construidos para voltajes

relativamente pequeños alrededor de los mV, mientras que otros son construidos para voltajes altos como los kV.

El voltímetro permite medir la diferencia de potencial o tensión entre dos puntos de un circuito eléctrico. Las puntas o terminales del voltímetro siempre se deben colocar en paralelo al elemento que se desea medir. El voltímetro en su interior cuenta con una resistencia eléctrica elevada de  $10M\Omega$  conectada en serie con un galvanómetro para que al momento en que se conecte dicho voltímetro este no presente ningún tipo de consumo eléctrico.

Los valores medidos se presentan en escalas numéricas, al hablar de un dispositivo digital inmediatamente tendrá una pantalla de cristal líquido, en la actualidad existen voltímetros digitales programables los cuales podrán mostrar un valor pico o el valor eficaz RMS, al ser un instrumento digital también presenta un error en su valor de medición pero el porcentaje de error en este tipo de instrumentos es bastante pequeño ya que su precisión se encentra entre  $\pm 0.5\%F.S.$  (factor de seguridad).

**Figura 25**

*Voltímetro Digital.*



*Nota.* Voltímetro digital con pantalla lcd de 4 dígitos.Tomada de (INGECOM ELÉCTRICOS SAS, s/f).

### **2.17.2 Amperímetro Digital.**

Al existir instrumentos análogos los amperímetros no son la excepción del avance de la tecnología por lo que existen amperímetros digitales y estos pueden clasificarse en los tradicionales que miden la corriente por medio de dos terminales y la pinza amperimétrica que puede medir la intensidad de corriente que se consume por medio de un pinza, la misma que abraza al conductor para poder medirlo, ambos tipos de amperímetros digitales cuentan con una pantalla de cristal líquido, esta pantalla dependerá del tipo de instrumento que se esté utilizando ya que en algunos casos con un número mayor de display permite tener una medición bastante amplia.

Al igual que los voltímetros están constituidos por resistencias y un galvanómetro pero la gran diferencia es que las resistencias bajas llamadas shunt se conectan en paralelo con el galvanómetro. El galvanómetro viene incluido en el amperímetro pero haciendo uso solo del galvanómetro este también puede medir intensidad de corriente en valores muy pequeños, al tener un amperímetro con resistencias y un galvanómetro se pueden medir cantidades de amperios altos, bajos y muy bajos.

Los amperímetros digitales son más precisos que los análogos ya que su escala de error se maneja en  $\pm 0.3\% F.S.$  además presentan varias escalas de medición por lo cual se conectan en paralelo las resistencias shunt ya que son resistencias independientes y permiten una escala diferente. A diferencia de los amperímetros análogos convencionales los digitales reemplazan las partes móviles por tarjetas electrónicas lo cual mejora el rendimiento del equipo. Para poder realizar la medición en los amperímetros digitales siempre se deben conectar en serie con la carga o los instrumentos a medir, además permite medir la continuidad de un circuito. Si se conectaría en paralelo al amperímetro este se quemaría de manera instantánea ya que en su interior la resistencia es muy baja por lo que crearía una sobrecarga interna.

**Figura 26***Amperímetro Digital.*

*Nota.* Amperímetro digital con pantalla lcd de 4 dígitos.Tomada de (Ingeniería Mecafenix, 2018).

### **2.17.3 Tacómetro Láser.**

Un tacómetro permite medir la cantidad de rotaciones de una máquina, eje o motores. Las medidas realizadas por este tipo de tacómetros pueden ser de dos tipos ya sea por contacto directo con la máquina rotativa o mediante láser logrando una medida óptica. El tacómetro tiene en su interior elementos rotatorios los cuales giran a la misma velocidad del eje, este mecanismo permite girar los rodamientos internos y poder contar la cantidad de giros que presenta. La unidad de medida de un tacómetro es en r.p.m. revoluciones por minuto, cada revolución representa una vuelta completa es decir 360°.

Un tacómetro láser es un tacómetro digital, este tipo de tacómetro es bastante utilizado en la industria ya que permite medir a los elementos rotativos de máquinas eléctricas que se ven comprometidas por la envergadura o simplemente por el sitio en el que se encuentran instalados ya que la línea de vista se ve obstruida directamente, se procede a realizar una

medición angular la cual no presenta un grado de error mayor a una medición en línea recta, una ventaja de estos tipos de tacómetros es que presentan un grado mayor de seguridad para el operador ya que se pueden medir a distancias bastante considerables, para la medición de las r.p.m. por medio de láser interviene un rayo de luz que direcciona al objeto que se requiere medir, este mismo rayo rebota en dirección de una banda reflectante que se encuentra ubicada en la máquina. Los tipos de mediciones que permite este tacómetro pueden ser lineal y angular, además cuentan con un microprocesador el mismo que permite cambiar el sistema de medida de r.p.m. a ft, yardas por minuto o segundo. La distancia de medida dependerá el tipo de fabricante del tacómetro, por lo general existe un rango de medida estándar que se encuentra entre los 2 metros y los 10 metros. El valor que presente el láser se ve reflejado en la pantalla de cristal líquido lcd, la medición se realiza en fracciones de segundos es decir casi una medición instantánea. (Grupo SKF 2014, 2014)

### **Figura 27**

*Tacómetro Láser.*



*Nota.* Tacómetro láser digital con pantalla lcd. Tomada de (Inst. PCE, s/f).

### 2.18 Breaker 220V.

Los breakers son los principales elementos de protección en los circuitos eléctricos, son los primeros equipos que reciben la alimentación eléctrica emitida por la empresa proveedora de energía, al ser los primeros receptores de esta energía actúan como protecciones de todos los demás equipos ya que protegen a los circuitos de cortos eléctricos y sobrecargas. Los elementos de protección o breakers son conectados en serie en todos los tipos de circuitos eléctricos, al ser una protección de 220V cuentan con un protección bipolar o protección de dos polos, en la entrada de cada polo ingresa una fase L1 y L2 respectivamente, cada una de ellas conduce 110V. El amperaje de cada breaker dependerá de la cantidad de consumo del circuito, el valor del amperaje del breaker viene dado desde los 5 amperios en adelante.

**Figura 28**

*Breaker 220V.*



*Nota.* Elemento de protección o breaker de 220V con una protección bipolar. Tomada de (Electric Artisan, 1993).



### 2.18.1 *Parámetros de un Breaker.*

Al saber cuáles son los parámetros o las características del circuito eléctrico a conectar se podrá determinar el tipo de breaker que se debe utilizar. Para la selección del tipo de breaker se debe tener en cuenta lo siguiente:

- **Corriente Nominal.** Esta corriente será la corriente total que consumirá el circuito. Todos los equipos a conectarse en el circuito tendrá un consumo por lo tanto la corriente podrá variar entre 10 – 60A. (DOMÍNGUEZ CHUIZA , 2015, pág. 78)
- **Voltaje Nominal.** Será el valor del voltaje con el que trabajará el circuito, existen circuitos donde se trabaja con voltajes combinados 110 y 220V, 110 y 380V, 220 y 380V, etc. Para cada alimentación monofásica, bifásica o trifásica se deberá conectar un disyuntor diferente.
- **Número de Polos.** Los números de polos del disyuntor dependerá de la alimentación del circuito. Los números de polos van desde 1 polo hasta 4 polos. La cantidad de polos representa la cantidad de líneas que se manejan, en un circuito monofásico se ocupa un disyuntor de un polo, circuitos bifásicos se trabaja con un disyuntor de 2 polos, circuito trifásico con disyuntores de 3 o 4 polos.
- **Capacidad de Descanso.** La corriente nominal de apagado es la corriente del circuito más alta. La capacidad de descanso es la rapidez con la que el disyuntor puede cortar la energía al circuito en el punto de instalación. (electric-in-home.com, 2018).

### 2.19 Luces Piloto 220V

Las luces piloto son elementos indicadores las cuales mediante una alimentación o retroalimentación emiten un rayo de luz el cual es visible para el operador, estas luces indican presencia de energía eléctrica. Estas luces pueden encenderse directamente o bajo condiciones del sistema en que se esté empleando. La luces piloto al ser un elemento indicador óptico vienen en diferentes tonalidades lo cual permite identificar en qué estado se encuentra el sistema.

- Las luces de color rojo indicarán que el equipo o el circuito se encuentra con fallas por lo tanto se deberá parar completamente el funcionamiento.
- Las luces de color naranja o ámbar indicarán que el equipo o el circuito se encuentra con fallas lo cual es una advertencia.
- Las luces de color verde indicarán que el sistema se encuentra operativo por lo tanto el mecanismo seguirá con su funcionamiento.

**Figura 29**

*Luces Piloto.*



*Nota.* Luces piloto con alimentación de 220V .Adaptada de (Importadora OTECE, 2003).

## CAPÍTULO III

### 3. Desarrollo del tema

El presente proyecto de titulación tiene como motivo principal solventar las necesidades del Grupo de Aviación del Ejército N° 44 'PASTAZA' perteneciente al Fuerte Militar "AMAZONAS", al adquirir un instrumento de trabajo que servirá para la verificación del correcto funcionamiento del alternador de la aeronave Cessna T206 mediante el uso de un banco de prueba, el mismo que facilitará los trabajos de mantenimiento y verificación del alternador de dicha aeronave.

El proceso de implementación de este banco de pruebas consta de 5 etapas:

1. Preliminares.
2. Diseño Mecánico.
3. Diseño eléctrico y electrónico.
4. Programación del sistema de control de velocidad rotacional
5. Ensamblaje de equipos.
6. Pruebas de funcionalidad.

**TEMA:** "CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL ALTERNADOR DE LA AERONAVE CESSNA T206 EN EL GRUPO DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO N° 44 'PASTAZA' "

**CAMPO:** Electrónica y Aviónica.

**BENEFICIARIOS:** Personal técnico del Centro de Mantenimiento Aeronáutico G.A.E. N° 44 'PASTAZA'

**UBICACIÓN:** Provincia de Pastaza en la parroquia Shell.

**INSTITUCIÓN EJECUTORA:** Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" extensión Latacunga (ESPE-L)

Una recolección de datos sobre las características técnicas del alternador permitió la ejecución del banco de pruebas, evidenciando la viabilidad y complejidad que representa realizar este tipo de mantenimientos, además guiándose en los manuales técnicos de la aeronave como son el WDM (Wiring Diagram Manual), IPC (Illustrated Parts Catalog) entre otros.

Para la recopilación de la información sobre los datos técnicos que presenta dicho alternador se procedió a la obtención del número de parte P/N en donde se consiguió dimensiones, especificaciones, procedimientos para la verificación de los datos.

### **3.1 Preliminares**

El Centro de Mantenimiento G.A.E. N° 44 'PASTAZA', perteneciente al Fuerte Militar "AMAZONAS" tiene la responsabilidad de conservar la aeronave en condiciones de aeronavegabilidad, mediante el mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo para de esta manera cumplir con las inspecciones en los tiempos establecidos por el fabricante.

Por lo tanto en este capítulo se detallan minuciosamente los procedimientos utilizados en la construcción e implementación del banco de pruebas para el alternador de la aeronave Cessna T206, en el Grupo de Aviación del Ejército N° 44 'PASTAZA'. Para el ensamblaje de todos los instrumentos utilizados en dicho banco se cumplió con todos los procedimientos técnicos de operación y funcionalidad, siempre tomando en cuenta las normas de seguridad junto con los EPP (equipos de protección personal), manipulación y conexión de los equipos eléctricos y mecánicos entre otros.

### 3.2 Diseño mecánico

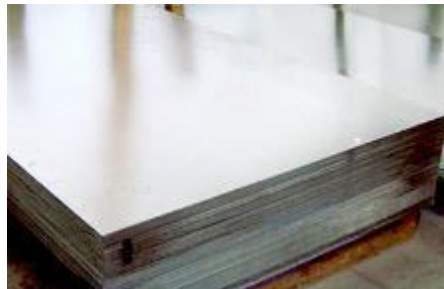
Para la elaboración estructural de este banco se basa en referencias internacionales ya que en el mercado nacional no se cuenta con estos tipos de banco de pruebas, basado en los modelos a seguir, se debe tener consideración ya que los bancos del mercado internacional han sido construidos para alternadores de automóviles. Se investigan datos técnicos y teóricos con sus respectivas aplicaciones lo cual conlleva a una conclusión la cual permitirá realizar la construcción adecuada para el banco de pruebas. Posteriormente se especifican componentes utilizados en la estructura física en conjunto con los planos que se manejarán en este proyecto.

#### 3.2.1 Creación del diseño mecánico

Para la construcción y creación de la estructura metálica del banco se emplearon materiales netamente de hierro inoxidable, para el esqueleto del banco se ocupó un tubo cuadrado de 1" (1 pulgada) de 2 mm de espesor, las bases de las cajoneras y las puertas con un tubo de cuadrado de 1" (1 pulgada) de 1.5 mm de espesor, para los soportes del motor y del alternador  $\frac{1}{8}$  de plancha de tol de 6 mm de grosor, en el recubrimiento del banco se trabajó con planchas de tol de 2 mm de grosor.

#### Figura 30

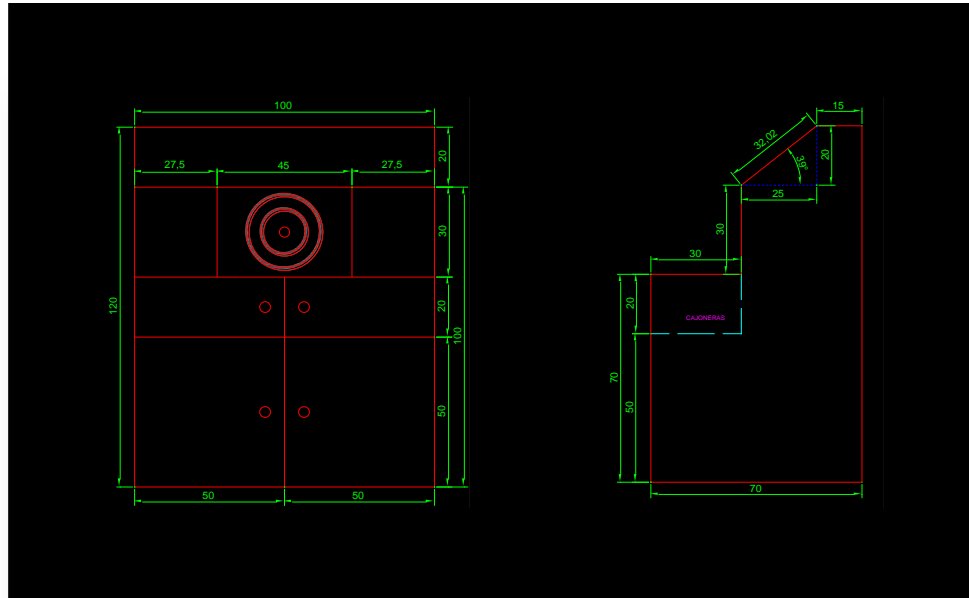
*Materiales Usados en la Estructura.*



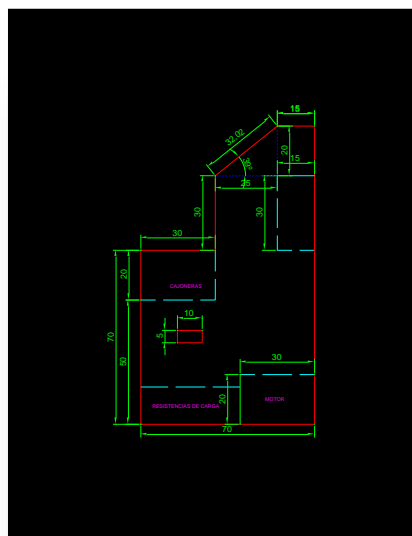
*Nota.* Los materiales ocupados en la estructura son de acero inoxidable lo cuales fueron cortados según las dimensiones necesarias. Adaptada de (Acero Comercial Ecuatoriano S.A., 1957), (METALHIERRO, s/f)

La implementación de la estructura está basada en los planos que se muestran en las figuras posteriores, el total de la estructura se divide en cuatros pisos los mismos que tienen diferente funcionabilidad, la estructura del banco al ser construida con materiales resistentes a las vibraciones y movimientos bruscos su movilidad se ve comprometida debido a su gran volumen por lo tanto el banco se considera estático.

En la primera división del banco se encuentran colocadas unas puertas que permiten tener un acceso bastante cómodo para maniobrar algunos equipos si se considera necesario alguna modificación o reparación, en la segunda se encuentran unas cajoneras para colocar herramientas, equipos pequeños, etc. La tercera división sirve para acoplar el alternador al banco y por último la cuarta división en donde se encuentra en panel de control del banco de pruebas.

**Figura 31***Plano Estructural Externo.*

*Nota.* En la figura se muestra la vista frontal y lateral de la estructura interna de banco con sus dimensiones reales en una escala de 1/10, se puede visualizar los 4 niveles antes mencionados.

**Figura 32***Plano Estructural División Interna.*

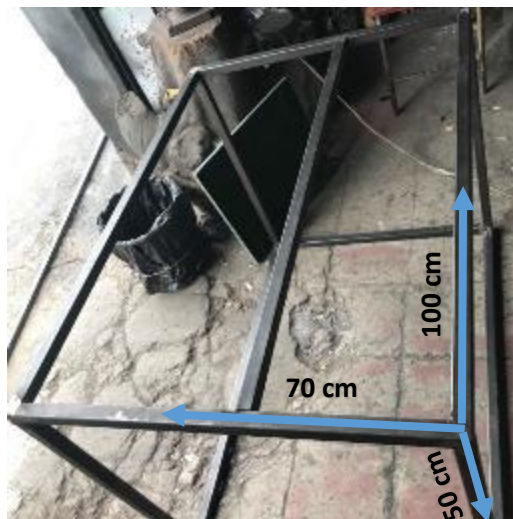
*Nota.* En la figura se muestra la vista lateral de la estructura interna del banco el cual presenta divisiones para los diferentes equipos.

Al tener el diseño general del banco de pruebas con sus planos en dimensiones a escala de 1/10 se procede a la construcción de la estructura en relación el modelo a entregar, el cual permitirá tener una interpretación más clara para la construcción al empezar con el esqueleto o estructura interna de banco hasta culminar con los terminados de la parte externa del banco.

El siguiente paso a seguir con la construcción de la base principal del banco, la misma que es creada mediante un cuadro de 100 cm de ancho por 50cm de altura con una profundidad de 70 cm, estas medidas son con especificaciones para que el banco pueda soportar movimientos bruscos o vibraciones muy fuertes.

### **Figura 33**

*Cuadro Base.*



*Nota.* El diseño del cuadro base nos permite tener una tracción bastante fuerte.

Al tener culminado el cuadro principal se puede unir el cuadro secundario que se encuentra en la parte superior del banco, una vez unidas las dos partes mediante una suelda por electrodo se procede a pulir el material sobrante de la suelada el cual permitirá realizar las



soldaduras de fijación de las láminas de tol las mismas que cubrirán las separaciones internas del banco serán colocador con láminas de tol embutidas y con la soldadura fija.

### Figura 34

*Uso de la Pulidora.*



*Nota.* Al pulir los excesos de suelda se logra tener un nivel estándar en todo el esqueleto del banco.

Una vez culminada la estructura del banco de pruebas se procede a la colocación de las láminas de tol, las láminas están sujetas a los tubos mediante sueldas fijas, en la parte donde se encuentra el desfase para el panel de control en las partes laterales además de la suelda se colocaron remaches para mayor fijación, el banco no es cubierto totalmente ya que impediría el montaje de los elementos eléctricos y electrónicos, por lo cual ciertas partes quedarán descubiertas hasta la culminación total del banco, guiarse en el anexo G. En la tercera división del banco se procedió a la soldadura del panel en donde se acoplará el alternador de la aeronave junto con el motor, esta plancha es de un grosor de 6 mm la cuál es resistente a las revoluciones que produce el motor para poder girar el alternador.

**Figura 35**

*Laminado de la estructura.*



*Nota.* Proceso de laminado de la estructura.

### **3.2.2 Punto de referencia del banco.**

Al estudiar los “mecanismos de transmisión del movimiento”, los cuales pueden ser por ruedas de fricción, sistema de poleas y correa, engranajes y cadenas, se optó por el sistema de poleas y correas ya que tiene gran fiabilidad y un buen funcionamiento silencioso. Este sistema transmite un movimiento giratorio circular el cual se transmite por efecto del rozamiento que ejerce la correa sobre la polea de un eje a otro a ciertas distancias, las correas que unen a estas poleas suelen ser de cintas de cuero flexibles y resistentes. Es fundamental aclarar que en este sistemas se deben multiplicar las revoluciones del motor en 4.33 veces más. (Mecanismos de transmisión del movimiento, s/f)

Para verificar el funcionamiento del alternador son sometidos a las pruebas de operación emitidas por el fabricante con lo cual se determinarán los tipos de poleas y correas

que se utilizarán para la transmisión del movimiento, para este se debe realizar los cálculos según los puntos de referencia del sistema de transmisión del movimiento mediante poleas y correas basándose en un sistema estándar.

### **3.2.3 Cálculos para el sistema de transmisión mediante poleas y correas.**

Para tener claro el cálculo de transmisión de velocidad mediante poleas se debe tener en cuenta que existen dos tipos de poleas utilizadas entre ellas la polea primaria conocida como polea motriz o conductora la que da el movimiento y la secundaria llamada conducida o recorrida la que recibe ese movimiento. Dependiendo del tamaño de cada polea se derivan cuatro casos puntuales que son:

- Polea motriz igual que la polea conducida es decir tienen el mismo diámetro la velocidad de los ejes serán iguales.
- Polea motriz mayor que la polea conducida es decir el diámetro de la polea motriz es mayor que la conducida, la velocidad de giro aumenta.
- Polea motriz menor que la polea conducida es decir el diámetro de la polea motriz es menor que la conducida, la velocidad de giro disminuye.
- La inversión de giro cuando la correa va cruzado entre las poleas.

#### **a) Datos e incógnitas del sistema de transmisión.**

Para hacer los cálculos del sistema se debe tener en cuenta los datos tanto del motor como del alternador, estos datos permitirán conocer las dimensiones de las poleas, la velocidad tangencial de la correa, la distancia entre poleas y la longitud de la banda.

$$N1= 1735 \text{ r.p.m.}$$

$$N2=?$$

$$D1=355.6\text{mm}$$

$$D2 = 75 \text{ mm}$$

b) Cálculo del diámetro de la polea conducida mediante las r.p.m.

$$d1 * n1 = d2 * n2$$

$$\frac{355.6 \text{ mm} * 1735 \frac{1}{\text{min}}}{75 \text{ mm}} = n2$$

$$n2 = 8226.21 \frac{1}{\text{min}}$$

c) Cálculo de la velocidad de transmisión de las poleas.

$$i = \frac{n1}{n2} = \frac{d2}{d1}$$

$$i = \frac{1735 \frac{1}{\text{min}}}{8226.1 \frac{1}{\text{min}}} = \frac{75 \text{ mm}}{355.6 \text{ mm}}$$

$$i = 0.210 = 0.210$$

d) Cálculo de la velocidad tangencial.

$$P1 = d1 * \pi$$

$$P1 = 355.6 \text{ mm} * \pi$$

$$P1 = 1117.15 \text{ mm}$$

$$V_{t1} = P1 * n1$$

$$V_{t1} = 1117.15 \text{ mm} * 1735 \frac{1}{\text{min}}$$

$$V_{t1} = 1938255.853 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

$$1938255.853 \frac{\text{mm}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} * \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}}$$

$$V_{t1} = 32.30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

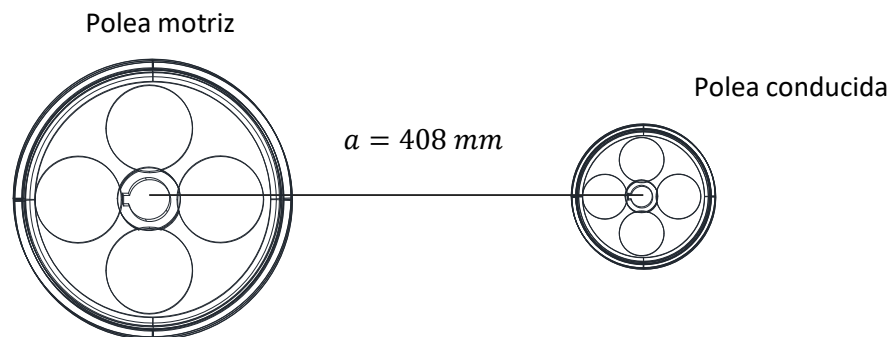
Nota: La velocidad tangencial que transmite las poleas a la correa es de  $32.30 \frac{m}{s}$  que se encuentra fuera de los rangos establecidos por el fabricante que son los  $30 \frac{m}{s}$ , al estar fuera del límite se deberá implementar un mecanismo de sujeción a la correa para que con la velocidad transmitida no se desprenda del carril de las poleas, para ello se colocarán templadores en los costados y así evitar posibles accidentes.

**e) Cálculo de la longitud de la correa.**

Para el cálculo de la longitud de la correa se basó en la figura número 16 en donde se puede observar el tipo de las dos poleas a utilizar en el banco.

**Figura 36**

*Poleas.*



*Nota.* Poleas a utilizar en el banco.

$$Lc = 2a + \frac{\pi}{2}(d1 + d2) + \frac{(d1 - d2)^2}{4a}$$

$$Lc = 2 * 408mm + \frac{\pi}{2}(355.6 mm + 75 mm) + \frac{(355.6 mm - 75 mm)^2}{4 * 408mm}$$

$$Lc = 816mm + 676.38 mm + \frac{78736.36mm}{1632 mm}$$

$$Lc = 816 \text{ mm} + 676.38 \text{ mm} + 48.245 \text{ mm}$$

$$Lc = 1540.625 \text{ mm} * \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}}$$

$$Lc = 154.06 \text{ cm}$$

$$Lc = 154 \text{ cm}$$

#### f) Dimensiones en pulgadas

Polea motriz = 14''

Polea conducida = 2.95''

Longitud de la correa = 60.62''

#### 3.2.4 Distribución del panel de control

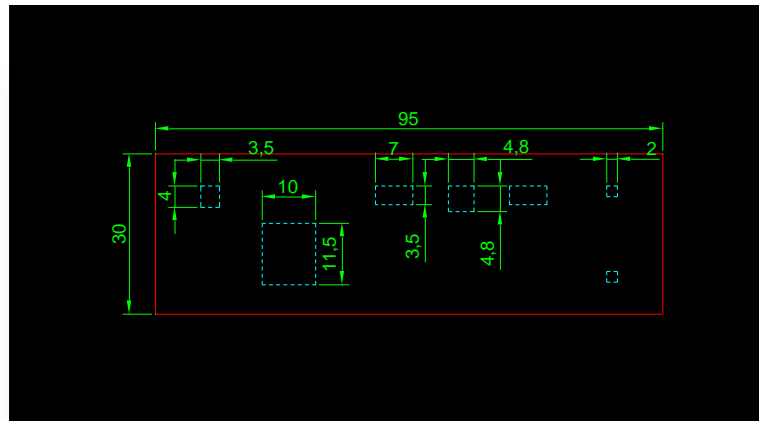
En la distribución del panel de control se tiene diferentes indicadores, elementos de protección, elemento de control y luces indicadoras todo esto está pensado en la distribución estándar de todos los elementos. Este panel será colocado con un ángulo de inclinación para que los técnicos puedan manejar de mejor manera y tener una buena visión de los indicadores. Las perforaciones en la plancha de tol son de las dimensiones de cada elemento, adicional los elementos solo sobresalen a la superficie la parte de maniobra es decir es un sistema empotrado. En el plano del panel de control las medidas se encuentran en escala del 1/10, las medidas reales son en centímetros. Los espacios entre componentes dependen de las especificaciones del fabricante de cada componente.

En el panel de control se instala un interruptor principal para el control de las líneas AC, un interruptor para corriente directa, un variador de frecuencia para el control del motor, un voltímetro y amperímetro para verificar los datos del alternador, un tacómetro, luces

indicadoras que se encenderán dependiendo de las condiciones del banco. Todo el cableado de estos elementos será colocado detrás de este panel control.

**Figura 37**

*Tablero de Control.*



*Nota.* El panel de control con todos los cortes para los elementos a utilizar.

Al tener listo los planos procedemos a realizar las perforaciones en donde se colocarán la mayoría de los elementos electrónicos, estas perforaciones dependerán de cada elemento, en la distribución se mantiene un espacio considerable para el cableado en la parte interna del banco, en la parte izquierda se encontrarán los elementos de protección mientras que en parte derecha estarán luces indicadoras y en la parte intermedia se colocarán los instrumentos de medida junto con el variador de frecuencia.

Para las perforaciones primero se procedió a realizar los dibujos en la plancha de tol y así poder cumplir con las medidas del plano, con ayuda de una moradora se realizó los cortes de acuerdo a las especificaciones de cada elemento y por último para evitar accidentes se procedió a pulir cada perforación logrando así eliminar filos cortantes.

**Figura 38**

*Perforaciones del Panel de Control.*



*Nota.* Perforaciones en el panel de control.

### **3.2.5 Pulimiento del Banco**

EL banco de pruebas al ser una herramienta útil para la parte aviónica sé requiere que cumpla con ciertas especificaciones, todo el banco se encuentra realizado con tubos cuadrados y planchas de tol inoxidable por lo que demanda pulir al banco en su totalidad, para este proceso se ocupó un disco Dronco de 4 pulgadas. El objetivo de pulir el banco es eliminar algún tipo de impureza o a su vez eliminar filos cortantes en caso de que exista alguno, todo este proceso prepara al metal para posteriormente poder realizar el proceso de pintado.



**Figura 39**

*Pulida del Banco.*



*Nota.* En la figura se muestra el pulimiento del panel de control, este proceso se realiza para todo el banco.

### **3.2.6 Pintado del Banco**

El banco al estar listo tras la pulida completa del mismo se procede a pintar todo el banco tanto en la parte interna como en la externa, referirse al anexo H. La pintura que se utilizó posee características de alto rendimiento, es recomendable hacerlo con pinturas de poliuretano puro ya es bastante resistente y es amigable con el metal, para mejor estética y beneficios del banco se realiza con pintura de poliuretano esmaltada, que mantiene las características del poliuretano puro, de manera puntual con este tipo de pintura se trabaja en el campo de la aviación ya que es resistente a temperaturas extremas. El banco al ser utilizado en el oriente ecuatoriano deberá ser resistente a la humedad y temperaturas de calor considerables.

**Figura 40**

*Pintado del Banco.*



*Nota.* El pintado del banco se realiza con pintura de poliuretano puro mediante un compresor de aire.

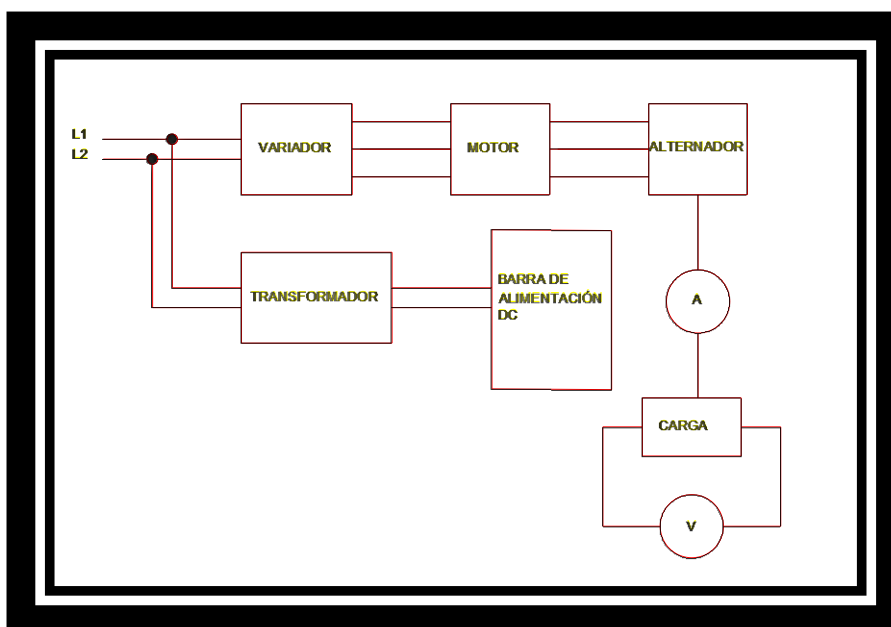
### **3.3 Diseño Eléctrico y Electrónico**

En el diseño eléctrico y electrónico del banco se maneja dos tipos de alimentación, la monofásica que permitirá alimentar un transformador de corriente alterna a corriente directa para así poder hacer uso de los equipos de medición los mismos que tienen una entrada de alimentación entre los 4 y 30 VDC, el otro tipo de alimentación será bifásica, la cual manejará la parte de potencia del banco, esta será utilizada por el variador que entregará una salida trifásica y así poder activar al alternador de la aeronave.

Para el diseño de la circuitería total del banco se utiliza un software de simulación con lógica aplicable a la industria, aquí se puede colocar todas las protecciones necesarias del circuito de potencia y de control, su entorno es bastante amigable ya que las conexiones de los componentes en su gran mayoría son automáticas, mientras que las restantes se realizan de forma manual por su grado de dificultad.

Figura 41

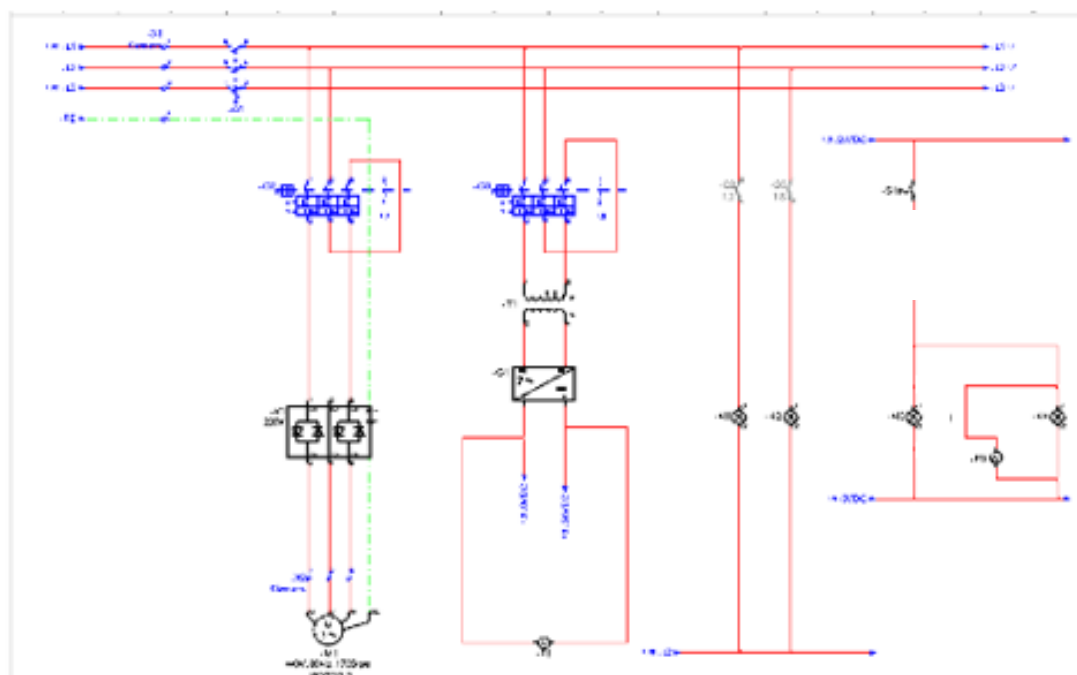
Diagrama de Bloques.



Nota. En el diagrama de bloques se muestra todas las etapas del banco.

Figura 42

Plano Eléctrico.



Nota. El panel de control con todos los cortes para los elementos a utilizar.

### 3.4 Programación del sistema de control de velocidad rotacional.

En la programación para el sistema de control de velocidad rotacional se debe tener en cuenta que este VFD funciona con frecuencia entrante de 60Hz con una frecuencia variable de salida de 0 -90 Hz. La programación del VFD KINCO CV100-2S-0022G se realiza en el panel de control del mismo para esto se debe basar en el manual del fabricante.

Figura 43

Manual VFD.

The image shows a technical manual page for the Mini type VFD of CV100 series. It includes the following sections:

- Introduction:** A brief overview of the VFD's features and safety instructions.
- Specifications:** A table listing various models (CV100-15-0022G, CV100-22-0022G, CV100-30-0022G, CV100-37-0022G, CV100-45-0022G, CV100-55-0022G, CV100-75-0022G, CV100-90-0022G) with their rated output, rated current, and rated speed.
- Wiring Diagram:** A detailed diagram showing the connection of the VFD to the AC power source and the motor. It includes terminals for power (R, S, T), ground (PE), and motor (U, V, W).
- Parameter Table:** A table listing various parameters (P001 to P010) and their default values.
- Troubleshooting Table:** A table with columns for 'Fault code', 'Possible reasons for fault', and 'Action'. It lists various fault codes such as 'Over-voltage', 'Over-current', 'Over-temperature', and 'DC-link over-voltage'.

Nota. Manual de programación del VFD. (KINCO, s/f).

#### 3.4.1 Pasos para la programación del VFD KINCO.

La configuración de la frecuencia a la que se requiera trabajar se debe realizar bajo un procedimiento el cual es detallado paso a paso.

1. Encender el VFD, este se enciende conectado a la red de 220V
2. Verificar que el variador de encuentre en modo STOP.

**Figura 44**

*Botón Stop.*



Nota. Presionar el botón stop del VFD. (KINCO, s/f).

3. Revisar el manual en la lista de parámetros, Grupo A0: Parámetros básicos de operación A0.08.

**Figura 45**

*Parámetro A0.08.*

Function code	Name	Descriptions	Unit	Factory setting	Modif	Setting range
<b>List of Parameters:</b>						
<b>Group A0: Basic operating parameters</b>						
A0.00	User password	0: No password protection. Others: Password protection.	1	0	○	0~FFFF
A0.01	Control mode	0: Vector control without PG 1: Reserve 2: V/F control Note: when choose V/F control, A0.13≠0, b0.13=0, please cancel current control to make motor running more smoothly. But starting torque will be lower.	1	0	×	0~2
A0.02	Main reference frequency selector	0: Digital setting1: 1: AI1 2: AI2 3: Potentiometer 4: DI Pulse	1	3	○	0~5
A0.03	Set the operating frequency in digital mode	A0.11~A0.10	0.01H	50.00	○	0~3000
A0.04	Methods of inputting operating commands	0: Panel control 1: Terminal control 2: Communication control	1	0	○	0~2
A0.05	Set running direction	0: Forward 1: Reverse	1	0	○	0~1
A0.06	Acc time 1	0.0~6000.0	0.1s	6.0s	○	0~60000
A0.07	Dec time 1	0.0~6000.0	0.1s	6.0s	○	0~60000
A0.08	Max. output frequency	50Hz~ 300.00Hz	0.01 Hz	50.00	×	0~30000
A0.09	Max. output	0~480	1V	VFD's	×	0~480

Nota. Parámetro A0.08 máxima frecuencia de salida del VFD. (KINCO, s/f).

- Ingresar al menú, subir hasta el parámetro A0.08 frecuencia máxima de salida.

**Figura 46**

A0.08.



Nota. Presionar el botón menú hasta llegar al parámetro A0.08 del VFD. (KINCO, s/f).

- Presionar enter.

**Figura 47**

Botón Enter.



Nota. Presionar el botón menú del VFD. (KINCO, s/f).

- Con la tecla shift se puede subir o bajar el valor de la frecuencia.
- Revisar el manual en la lista de parámetros, Grupo A0: Parámetros básicos de operación A0.10 – Límite superior de frecuencia.

Figura 48

Parámetro A0.10.

A0.02	Main reference frequency selector	0: Digital setting1: 1: AI1 2: AI2 3: Potentiometer 4: DI Pulse	1	3	○	0~5
A0.03	Set the operating frequency in digital mode	A0.11~A0.10	0.01H	50.00	○	0~3000
A0.04	Methods of inputting operating commands	0: Panel control 1: Terminal control 2: Communication control	1	0	○	0~2
A0.05	Set running direction	0: Forward 1: Reverse	1	0	○	0~1
A0.06	Acc time 1	0.0~6000.0	0.1s	6.0s	○	0~60000
A0.07	Dec time 1	0.0~6000.0	0.1s	6.0s	○	0~60000
A0.08	Max. output frequency	50Hz~ 300.00Hz	0.01 Hz	50.00	×	0~30000
A0.09	Max. output voltage	0~480	1V	VFD's rated values	×	0~480
A0.10	Upper limit of frequency	A0.11~A0.08	0.01 Hz	50.00	○	0~30000
A0.11	Lower limit of frequency	0.00~A0.10	0.01 Hz	0.00	○	0~30000
A0.12	Basic operating frequency	0.00~300.00Hz	0.01 Hz	50.00	○	0~30000
A0.13	Torque boost	0.0% (Auto) .0.1%~30.0%	0.1%	0.0%	○	0~300

Nota. Parámetro A0.10 límite superior de frecuencia del VFD. (KINCO, s/f).

- Ingresar al menú, subir hasta el parámetro A0.10 límite superior de frecuencia.

Figura 49

A0.10



Nota. Presionar el botón menú hasta llegar al parámetro A0.10 del VFD. (KINCO, s/f).

- Presionar enter, el valor del parámetro A0.08 Y A0.10 deben ser los mismos.

**Figura 50***Botón Enter.*

Nota. Presione el botón enter del VFD. (KINCO, s/f).

10. El motor empezará a funcionar a la velocidad que haya sido configurado en este caso a 50 Hz.

### **3.5 Ensamblaje de los Elementos Eléctricos/Electrónicos.**

Al tener el panel de control listo con las perforaciones se procede a colocar los componentes que se encontrarán de forma permanente, al trabajar con un diseño mecánico empotrado los elementos de protección para las dos alimentaciones irán asegurados con un pegamento epoxi-mil, este pegamento es exclusivo para metal y plástico, que lo hace idóneo entre la placa de tol y los elementos cuya carcasa es de plástico, en el caso especial el variador de frecuencia ya que por ser robusto adicional se asegura con un soporte de metal para evitar que este dispositivo pueda sufrir daños y en caso de las luces de igual manera se asegura con epoxi-mil y con una rosca que viene incluido en la misma.

Para el cableado se toman las debidas precauciones por lo que las direcciones del cable tendrán un ángulo de giro de 90°, una vez que se encuentra listo todo el cableado se procede a colocar una protección y asegurar el sistema eléctrico del banco. En figura 51, se puede observar cómo se encontraran colocados los elementos.



**Figura 51**

*Colocación de los Elementos.*



Nota. Colocación de los componentes en el panel de control del banco.

### **3.5.1 Colocación del disyuntor.**

Para la colocación del disyuntor principal se procede a realizar una perforación en el tablero principal en donde el disyuntor se encuentra empotrado, los cortes se realizan de forma rectangular cuyas medidas van de 3.5\*4.0 cm. El disyuntor se encuentra en la parte superior izquierda del banco, este está ubicado de forma estratégica ya que es centrado con medidas de la parte superior y lateral del banco.

**Figura 52**

*Disyuntor Principal.*



Nota. Colocación del disyuntor principal en el panel de control del banco.

### 3.5.2 Montaje del Variador de Frecuencia.

Para el montaje del variador se considera las dimensiones para la conexión con el motor. La perforación para que el variador se encuentre de manera segura se realizan cortes de 10 cm de ancho por 11.5 cm de largo. Al ser el variador un equipo grande se procede a colocar un seguro de metal en la parte trasera del banco, este abraza completamente al variador y evita que este colapse con su propio peso. Para que el soporte se encuentre seguro se colocan remaches número 4 traspasando el panel de control junto con el soporte.

**Figura 53**

*Colocación del Seguro para el Variador.*



Nota. Colocación del variador de frecuencia con el soporte metálico en el panel de control del banco.

### 3.6 Pruebas de Funcionalidad.

En el banco de pruebas para el alternador se realizan las pruebas pertinentes de funcionalidad, para esto preliminarmente se chequea que todas las conexiones eléctricas y electrónicas se encuentren dentro de los estándares de calidad y bajo especificaciones de los diferentes fabricantes de los equipos.

### **3.6.1 Pruebas mecánicas de movimiento y vibraciones.**

Para tener un análisis asertivo sobre la estructura del banco de pruebas se realiza pruebas mecánicas comprobando la resistencia del banco con vibraciones y movimientos que generan el motor trifásico y el alternador de la aeronave Cessna T206, para que estas dos máquinas funcionen de manera conjunta se necesita un sistema de transmisión de movimiento por cual se pone a prueba las poleas junto con la banda de movimiento.

La comprobación se basa en realizar movimientos ascendentes con respecto a la velocidad del motor para así poder comprobar la capacidad de resistencia que presenta la estructura del banco. La velocidad del motor se encuentra controlada por un variador de frecuencia el cual regula la velocidad y protege al motor. La banda o correa de movimiento se encuentra fijada de forma vertical para así poder controlar la velocidad rotacional del alternador, la velocidad del alternador se ve incrementada con respecto a la velocidad del motor ya que el diseño de transmisión de movimiento está hecho para el incremento de velocidad.

#### **Figura 54**

*Prueba del Motor y Polea.*



Nota. En la figura se puede observar cómo se encuentran conectados el motor y la banda de transmisión de movimiento.

### **3.6.2 Pruebas Eléctricas y Electrónicas.**

Para realizar las pruebas del alternador se debe tener en cuenta las especificaciones propias que emite el fabricante, en especial se debe considerar los parámetros de velocidad en mínimas y máximas que se encuentran en el rango de 800 r.p.m. y 12500 r.p.m. Se procede a colocar el alternador en el banco lo cual permite realizar las conexiones en la salida del alternador con las respectivas entradas del banco de pruebas.

Para la configuración del rango de velocidad a las que se someten las pruebas del alternador se ven controladas mediante un rango medio de la velocidad máxima y mínima del alternador, para esto se programa el variador de frecuencia y así poder controlar el rango de operación ideal del alternador.

El tacómetro que se utiliza en el banco de pruebas permite mostrar la velocidad rotacional real es decir la velocidad máxima que alcanza el alternador y una velocidad rotacional media. Este tipo de medida interviene cuando la velocidad del motor como del alternador se ven comprometidas por un cambio de velocidad causado por el técnico al realizar un control manual en el variador de frecuencia.

**Figura 55**

*Mediciones.*



Nota. En la figura se observa una medición real de la velocidad del alternador

**Figura 56**

*Mediciones II.*



Nota. En la figura se observa una medición media de la velocidad del alternador.

En síntesis se ha comprobado que las distintas mediciones que puede realizar el banco de pruebas presentan un error mínimo en un porcentaje de 0.3% F.S. (Factor de seguridad), estas mediciones se ven afectadas dependiendo los parámetros de programación. Tras obtener datos

de las mediciones se puede verificar si el alternador de la aeronave Cessna T206 se encuentra en estado operacional o requiere algún tipo de mantenimiento.

## CAPÍTULO IV

### 4. Conclusiones y recomendaciones

#### 4.1 Conclusiones.

- Se construyó e implementó un banco de pruebas mediante un sistema de control de velocidad rotacional, para el alternador de la aeronave Cessna T206, en el grupo de Aviación del Ejército N° 44 'PASTAZA'.
- El banco de pruebas para el alternador de la aeronave Cessna T-206 cumple con todas las demandas existentes en el Centro de Mantenimiento Aeronáutico G.A.E. N° 44 'PASTAZA', específicamente en la sección de aviónica, el cual permitirá a los técnicos realizar pruebas de verificación del alternador obteniendo velocidad, intensidad de corriente y voltaje.
- Su envergadura es bastante considerable lo que permite tener una gran estabilidad con respecto a vibraciones y movimientos fuertes.
- Mediante las investigaciones de un banco de prueba y el estudio de cada uno de los componentes se logró determinar que el banco construido es de alta calidad, que lo hace idóneo para pruebas constantes.
- El diseño en el Software Cofaso 7.3 facilitó el ensamblado eléctrico del banco lo cual permitirá modificaciones futuras en caso de ser necesario.

#### **4.2 Recomendaciones.**

- Mejorar las especificaciones del motor trifásico si se desea realizar un test de un alternador para otra aeronave ya que su envergadura se ve incrementada.
- Mantener el banco en estado operacional ya que si este queda obsoleto puede trabarse los ejes y se presentarán daños internos del banco.
- Tener presente el tipo de voltaje que se está utilizando en la parte de potencia con en la parte de mando ya que se pueden ver comprometidos ciertos equipos del banco.
- Con el tiempo verificar cada uno de los componentes para alargar la vida útil del banco de pruebas.



### 4.3 Abreviaturas.

**CAD:** Diseño asistido por computadora.

**C.A.** Corriente Alterna.

**C.C.** Corriente Continua

**C.D.** Corriente Directa.

**FAA:** Federal Aviation Administration (Administración Federal de Aviación).

**f.c.e.m.** Fuerza contra electromotriz.

**f.e.m** Fuerza electromotriz.

**F.S.** Factor de seguridad.

**ft:** pies.

**G.A.E.** Grupo de Aviación del Ejército.

**HP:** Caballos de fuerza.

**IGBT:** Insulated Gate Bipolar Transistor (transistor bipolar de puerta aislada).

**IPC:** Illustrated Parts Catalog (Catálogo de partes ilustradas).

**IP 67:** Protección contra polvo y agua.

**lb:** Libras.

**LCD:** Liquid crystal display (pantalla de cristal líquido).

**MET:** Motor eléctrico trifásico.

**MTR:** Monofásico con retorno a tierra.

**PWM:** Modulación por ancho de pulso.

**r.p.m.** Revoluciones por minuto.

**RMS:** Valor cuántico medio, valor pico, valor eficaz.

**TCP/IP:** Protocolo de transmisión de control / protocolo de internet.

**VFD:** Variable Frequency Drive (Unidad de frecuencia variable).

**WDM:** Wiring Diagram Manual (Manual de diagrama de cableado).

#### 4.4 Glosario.

##### A

**Aeronave:** Vehículo con tracción mecánica o manual que puede navegar por la atmósfera.

**Aeronavegabilidad.** Es la aptitud técnica y legal emitida por la autoridad aeronáutica civil que toda aeronave debe tener para poder realizar operaciones de vuelo en condiciones seguras.

**Alternador:** Es un tipo de máquina eléctrica cuya misión es convertir la energía mecánica en energía eléctrica.

**Amperaje:** Es la intensidad de corriente eléctrica cuya unidad de medida son los amperios A.

**Aviónica:** Rama de la aeronáutica que se especializa en el estudio de la electrónica de la navegación aérea y espacial.

##### B

**Banco de pruebas:** Es una máquina para comprobar la funcionalidad de un equipo bajo la supervisión de un técnico calificado, brindan resultados de comprobación exacta, pueden ser repetibles y están sujetos a innovaciones tecnológicas.

##### C

**Cessna:** Es una aeronave cuya función radica en servicios de carga o de transporte comercial pequeña.

**Circuit breaker:** Disyuntor electromagnético que protege los circuitos eléctricos de una sobrecarga o cortocircuito.

**Corriente Alterna:** Tipo de corriente eléctrica cuya magnitud y dirección varían cíclicamente en un máximo positivo y máximo negativo.

**Corriente Directa:** Tipo de corriente eléctrica cuya magnitud y dirección siguen un mismo sentido.

## E

**Estator:** Se refiere a la parte fija de una máquina rotativa.

## H

**Hangar:** Lugar de gran envergadura que se utiliza para la reparación y mantenimiento de aeronaves.

## L

**Ley de Lorenz:** Es la fuerza de campo magnético que recepta una corriente eléctrica en movimiento.

## M

**Mantenimiento:** Son procesos o acciones que se realizan a un determinado objeto para preservar la vida útil del mismo.

**Motor:** Es una máquina eléctrica que produce movimiento para realizar un trabajo.

**O**

**Overhaul:** Es un mantenimiento o reparación de un equipo o instrumento, incluye el cambio de un componente por mal estado o haber culminado su vida útil.

**R**

**Revoluciones por minuto r.p.m.:** Unidad de frecuencia que se utiliza para expresar la velocidad circular de un cuerpo, una revolución por minuto en velocidad angular sería los 360°.

**Rotor:** Es la parte móvil de una máquina ya sea motor o generador que gira dentro de un elemento fijo.

**T**

**Test:** Pruebas para verificación operacional de un equipo, instrumento o componente de una máquina eléctrica.

**V**

**Variador de frecuencia:** Permite el control de velocidad de motores de corriente alterna, puede invertir el giro de un motor, por lo general es utilizado en las industrias.

**Velocidad:** Magnitud física que relaciona el campo de posición con el tiempo, su unidad de medida es el metro por segundo  $\frac{m}{s}$ .

**Voltaje:** O tensión es la magnitud física que impulsa a los electrones a lo largo de un conductor en un circuito eléctrico.

## Bibliografía.

- Acero Comercial Ecuatoriano S.A. (1957). *Acero Comercial Ecuatoriano S.A.* Obtenido de <https://www.acerocomercial.com/>:  
<https://www.acerocomercial.com/productos/genericos/aceros-genericos/tol/tol/#:~:text=Descripci%C3%B3n&text=Tol%20negro%20fr%C3%ADo%2C%20se%20lo,como%20encofrados%2C%20placas%2C%20calderos>.
- Área Tecnología. (s/f). *Área Tecnología*. Obtenido de <https://www.areatecnologia.com/>:  
<https://www.areatecnologia.com/electricidad/motores-corriente-continua.html>
- Benjamín Castro, J. (Septiembre de 2012). *Diseño y construcción de probador de alternadores y motores de arranque para vehículos*. Obtenido de <http://www.redicces.org.sv>:  
<http://www.redicces.org.sv/jspui/handle/10972/963>
- BUN-CA. (Marzo de 2009). *Motores Eléctricos*. Obtenido de <http://www.bun-ca.org/>:  
<http://www.bun-ca.org/wp-content/uploads/2019/02/Motores.pdf>
- Carpio, B. (s/f). *Motor asíncrono*. Obtenido de <https://www.monografias.com/>:  
<https://www.monografias.com/trabajos91/motor-asincrono/motor-asincrono.shtml>
- Centro de Formación M Cañas. (s/f de Noviembre de 2002). *Iniciación a la variación de velocidad*. Obtenido de <http://automata.cps.unizar.es/>:  
[http://automata.cps.unizar.es/bibliotecaschneider/VVD/Iniciacion\\_VVD.pdf](http://automata.cps.unizar.es/bibliotecaschneider/VVD/Iniciacion_VVD.pdf)
- Cessna©. (1 de Julio de 2016). *443999987-Cessna-206-Chapter-24-Illustrated-Parts-Catalogue*. Obtenido de <https://es.scribd.com/>:  
<https://es.scribd.com/document/443999987/Cessna-206-Chapter-24-Illustrated-Parts-Catalogue>
- Compañía Levantina de Reductores. (11 de julio de s/f). *Motores trifásicos, bifásicos, monofásicos: todo lo que necesitas saber*. Obtenido de <https://clr.es/>:  
<https://clr.es/blog/es/motores-monofasicos-bifasicos-trifasicos/>
- Concepto Definición . (s.f.). *Concepto Definición*. Obtenido de [conceptodefinicion.de](http://conceptodefinicion.de):  
<https://conceptodefinicion.de/motor-electrico/>
- Contreras Villamizar, E. F., & Sánchez Rodríguez, R. (s/f de 2010). *Diseño y construcción de un banco de prácticas en motores eléctricos, como apoyo a la asignatura diseño de máquinas II*. Obtenido de <http://tangara.uis.edu.co/>:  
<http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2010/133923.pdf>
- Delgado, R. (02 de 12 de 2015). Conexión y arranque de motores trifásicos . *Revistadigital INESEM*. Obtenido de <https://revistadigital.inesem.es/>: /gestion-integrada/conexion-arranque-motores-trifasico/#:~:text=Los%20motores%20trifásicos%20son%20motores,sistema%20trifásico%20de%20corriente%20alterna.

- Doctrina, P. d. (2011). *Historias y Tradiciones Militares del Ejército Ecuatoriano*. Quito, Pichincha, Ecuador: Grab Carlos G. Égüez Espinoza. Obtenido de [https://issuu.com/ceheesmil/docs/historias\\_y\\_tradiciones\\_militares/278](https://issuu.com/ceheesmil/docs/historias_y_tradiciones_militares/278)
- DOMÍNGUEZ CHUIZA , E. I. (Abril de 2015). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para generadores D.C. de aeronaves del ala de combate Nº 22* . Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec>: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10432/1/UPS-GT001520.pdf>
- Domínguez Chuiza, E. I. (Abril de 2015). <https://dspace.ups.edu.ec/>. Obtenido de Diseño y construcción de un banco de pruebas para generadores D.C. de aeronaves del ALA DE COMBATE Nº22: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10432/1/UPS-GT001520.pdf>
- Electric Artisan. (s/f de s/f de 1993). *TOMC5-63 3KA 110V 220V Curva C 2P 63A Mini disyuntor MCB*. Obtenido de <https://www.elcb.net/>: <https://www.elcb.net/product/tomc5-63-2p-63a-mcb/>
- electric-in-home.com. (02 de Agosto de 2018). *Por qué parámetros se selecciona el disyuntor. Selección de interruptores automáticos*. Obtenido de <https://electric-in-home.com/>: <https://electric-in-home.com/es/on-what-parameters-the-circuit-breaker-is-selected-selection-of-circuit-breakers/>
- Electroclub Didactic. (s/f de 2021). *Cofase 7.1 software para diseño de diagramas electricos*. Obtenido de <http://www.electroclub.com.mx/>: <http://www.electroclub.com.mx/2018/03/cofaso-71-software-para-diseno-de.html#:~:text=Cofaso%20es%20una%20herramienta%20CAD,y%20documentaci%C3%B3n%20espec%C3%ADficos%20del%20sector.>
- endesa Fundación. (11 de Julio de s/f). *El transformador Eléctrico*. Obtenido de <https://www.fundacionendesa.org/>: <https://www.fundacionendesa.org/es/recursos/a201908-corrientes-alternas-con-un-transformador-electrico>
- FARINA, A. L. (Octubre de 2016). *Motor eléctrico Monofásico*. Obtenido de <https://www.editores-srl.com.ar/>: [https://www.editores-srl.com.ar/sites/default/files/ie314\\_farina\\_motor\\_electrico\\_monofasico.pdf](https://www.editores-srl.com.ar/sites/default/files/ie314_farina_motor_electrico_monofasico.pdf)
- Farina, A. L. (s/f de Abril de 2018). *Motores eléctricos trifásicos: uso, componentes y funcionamiento*. Obtenido de [www.editores-srl.com.ar](http://www.editores-srl.com.ar): [https://www.editores-srl.com.ar/sites/default/files/ie330\\_farina\\_motores\\_electricos.pdf](https://www.editores-srl.com.ar/sites/default/files/ie330_farina_motores_electricos.pdf)
- Fernández, J. H. (s/f de 2017). *Motores eléctricos para la industria*. Obtenido de <https://www.usmp.edu.pe/>: [https://www.usmp.edu.pe/vision2017/pdf/materiales/MOTORES\\_ELECTRICOS\\_PARA\\_LA\\_IN.pdf](https://www.usmp.edu.pe/vision2017/pdf/materiales/MOTORES_ELECTRICOS_PARA_LA_IN.pdf)
- Granero, A. (17 de Diciembre de 2018). *Arranque de motores Síncronos*. Obtenido de [imseingenieria.blogspot.com](http://imseingenieria.blogspot.com): <http://imseingenieria.blogspot.com/2018/12/arranque->

de-los-motores-sincronos.html#:~:text=Para%20arrancar%20tanto%20un%20motor,veces%20superior%20a%20la%20propia.

Grupo SKF 2014. (Agosto de 2014). *Tacómetro láser y de contacto multifuncional*. Obtenido de <https://www.skf.com/>:  
[https://www.skf.com/binaries/pub201/Images/0901d196804c985d-13239ES\\_TKRT20\\_tcm\\_201-35818.pdf](https://www.skf.com/binaries/pub201/Images/0901d196804c985d-13239ES_TKRT20_tcm_201-35818.pdf)

HiSoUR. (s.f.). *Principio de motor eléctrico*. Obtenido de <https://www.hisour.com/>:  
<https://www.hisour.com/es/principle-of-electric-motor-40858/>

HPA High Performance Aviation. (s/f de s/f de s/f). *Cessna 206*. Obtenido de <https://www.flyhpa.com/>: <https://www.flyhpa.com/services/aircraft-sales-and-acquisitions/airplane-buyers-guide/cessna-aircraft/cessna-206/>

<http://www.sapiensman.com/>. (s/f). *Conceptos de electrotecnia para aplicaciones industriales*. Obtenido de <http://www.sapiensman.com/>:  
[http://www.sapiensman.com/electrotecnia/motor\\_electrico1.htm](http://www.sapiensman.com/electrotecnia/motor_electrico1.htm)

Iguren. (s.f.). *90*.

Iguren. (s/f de s/f). *¿Qué es y cómo funciona un variador de frecuencia?* Obtenido de <https://iguren.es/>: <https://iguren.es/blog/como-funciona-un-variador-de-frecuencia/>

Importadora OTECE. (s/f de s/f de 2003). *Luz piloto LED 22mm ND16-22D/4 CHINT*. Obtenido de <https://www.otece.com.ec/>: <https://www.otece.com.ec/producto/luz-piloto-led-22mm-nd16-22d4-chint/>

INGECOM ELÉCTRICOS SAS. (s/f de s/f de s/f). *Voltímetro Digital 10600 AC - EBCHQ*. Obtenido de <https://ingecomsas.com/>: <https://ingecomsas.com/producto/voltimetro-digital-10-600-ac-ebchq/>

Ingeniería Mecafenix. (06 de Agosto de 2018). *El amperímetro como funciona y para que sirve*. Obtenido de <https://www.ingmecafenix.com/>:  
<https://www.ingmecafenix.com/medicion/el-amperimetro/>

Ingeniería Mecafenix. (s/f de s/f). *¿Qué es un transformador eléctrico y como funciona?* Obtenido de <https://www.ingmecafenix.com/>:  
<https://www.ingmecafenix.com/electronica/transformador-electrico/>

Inst. PCE. (s/f de s/f de s/f). *Tacómetro digital PCE*. Obtenido de <https://www.pce-iberica.es/>:  
<https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-revolucion/tacometro-pce-dt100.htm#:~:text=En%20la%20medici%C3%B3n%20%C3%B3ptica%20se,puede%20alcanzar%20hasta%20600%20mm.>

KINCO. (s/f de s/f). *Mini Type of CV100 series*. Obtenido de <https://en.kinco.cn/>:  
[https://en.kinco.cn/Download/D\\_enUserManual/VFD/CV100%20leaf-EN20200313.pdf](https://en.kinco.cn/Download/D_enUserManual/VFD/CV100%20leaf-EN20200313.pdf)



- KINCO. (s/f de s/f de s/f). *MINI VFD de la serie CV100*. Obtenido de en.kinco.cn:  
[https://en.kinco.cn/Download/D\\_enUserManual/VFD/CV100%20leaf-EN20200313.pdf](https://en.kinco.cn/Download/D_enUserManual/VFD/CV100%20leaf-EN20200313.pdf)
- Mecanismos de transmisión del movimiento*. (s/f). Obtenido de <https://www.edu.xunta.gal/>:  
[https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/4\\_mecanismos\\_de\\_transmision\\_del\\_movimiento.html](https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/4_mecanismos_de_transmision_del_movimiento.html)
- METALHIERRO. (s/f). *METALHIERRO*. Obtenido de <https://metalhierro.com/>:  
<https://metalhierro.com/producto/2449-tubo-cuadrado-125x4.00mm>
- Principio de motor eléctrico*. (s/f de s/f de s/f). Obtenido de <https://www.hisour.com/>:  
<https://www.hisour.com/es/principle-of-electric-motor-40858/>
- rlopez33. (s/f). *Fuerza de Lorenz [Figura]*. Obtenido de <https://sites.google.com/>:  
<https://sites.google.com/site/tecnorlopez33/tema4-maquinas-electricas/04-motores-de-cc>
- rlopez33. (s/f). *Motores de CC*. Obtenido de <https://sites.google.com/>:  
<https://sites.google.com/site/tecnorlopez33/tema4-maquinas-electricas/04-motores-de-cc>
- Soler&Palau Ventilation Group. (1951). *¿ Qué es un motor monofásico? características, tipologías y aplicaciones*. Obtenido de <https://www.solerpalau.com/>:  
[https://www.solerpalau.com/es-es/blog/motor-monofasico/#:~:text=En%20los%20motores%20monof%C3%A1sicos%20\(a,%C2%B0%20respecto%20del%20devanado%20principal](https://www.solerpalau.com/es-es/blog/motor-monofasico/#:~:text=En%20los%20motores%20monof%C3%A1sicos%20(a,%C2%B0%20respecto%20del%20devanado%20principal)
- Suarez, L. X. (03 de Agosto de 2017). *Variadores de frecuencia para control de velocidad de motores asíncronos jaula de ardilla*. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/>:  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/12956/1/T-UCE-0010-002-2017.pdf>
- Tayupanta, G., & Posligua Yépez, R. A. (Mayo de 2017). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para alternadores*. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/>:  
<http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/6496>
- Tecnología. (s/f de s/f de s/f). *MOTOR TRIFASICO*. Obtenido de  
<https://www.areatecnologia.com/>:  
<https://www.areatecnologia.com/electricidad/motor-trifasico.html>
- TecnologíaIndustrial.ec. (s/f de s/f de 2021). *Transformador eléctrico*. Obtenido de  
<https://www.tecnologia-industrial.es/>: <https://www.tecnologia-industrial.es/tecnologiaindustrial/transformador/>
- TERCESA S.L Sertec Trasmisiones. (s/f de 1985). *TERCESA S.L Sertec Trasmisiones*. Obtenido de  
<https://tercesa.com/>: <https://tercesa.com/noticias/motor-de-corriente-continua-tipos-y-partes/>
- www.mheducation.es. (s/f de s/f de s/f). *Máquinas eléctricas rotativas*. Obtenido de  
<https://www.mheducation.es/>:  
<https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448127641.pdf>

# Anexos