



“Readecuación del sistema de alimentación eléctrica por inversores para el suministro eléctrico de los accesorios de cabina de pasajeros de tipo interfaz USB mediante el manual de instalación y operación del fabricante en la aeronave Hawker Siddeley 125”

Guevara Pico, Bryan Adrian

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Mecánica Aeronáutica Mención Aviones

Monografía previa a la obtención del Título de Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica Mención Aviones

Ing. Inca Yajamin, Gabriel Sebastian

17 de marzo del 2021

Latacunga



Departamento de Ciencias de la Energía y la Mecánica

Carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Aviones

Certificación

Certifico que la monografía, **“Readecuación del sistema de alimentación eléctrica por inversores para el suministro eléctrico de los accesorios de cabina de pasajeros de tipo interfaz USB mediante el manual de instalación y operación del fabricante en la aeronave Hawker Siddeley 125”** Fue realizada por el señor **Guevara Pico, Bryan Adrian** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 17 de marzo del 2021

Firma:

Ing. Inca Yajamín, Gabriel Sebastián

C.C.: 1722580329

Reporte de verificación



Urkund Analysis Result

Analysed Document: MONOGRAFIA GUEVARA PICO BRYAN ADRIAN.pdf (D98661219)
Submitted: 3/17/2021 4:13:00 PM
Submitted By: baguevara2@espe.edu.ec
Significance: 1 %

Sources included in the report:

MONOGRAFIA BRANDON PACHECO.pdf (D98298996)
RONNY REYES MONOGRAFIA SIN GRAFICOS.pdf (D97029785)
<https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/18103/1/TFG-P-380.pdf>

Instances where selected sources appear:

4

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Gabriel Sebastián Inca Yajamín".

Ing. Inca Yajamín, Gabriel Sebastián

C.C.: 1722580329



Departamento de Ciencias de la Energía y la Mecánica

Carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Aviones

Responsabilidad de autoría

Yo, **Guevara Pico, Bryan Adrián** con cédula de ciudadanía N° 1804706453 declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“Readecuación del sistema de alimentación eléctrica por inversores para el suministro eléctrico de los accesorios de cabina de pasajeros de tipo interfaz USB mediante el manual de instalación y operación del fabricante en la aeronave Hawker Siddeley 125”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas. Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 17 de marzo del 2021

Firma:

Guevara Pico, Bryan Adrián

C.C.: 1804706453



Departamento de Ciencias de la Energía y la Mecánica

Carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Aviones

Autorización de publicación

Yo, **Guevara Pico, Bryan Adrián**, con cedula de ciudadanía 1804706453 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“Readecuación del sistema de alimentación eléctrica por inversores para el suministro eléctrico de los accesorios de cabina de pasajeros de tipo interfaz USB mediante el manual de instalación y operación del fabricante en la aeronave Hawker Siddeley 125”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 17 de marzo del 2021

Firma:



Guevara Pico, Bryan Adrián

C.C.: 1804706453

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación se lo dedico a mis padres por el constante apoyo económico y emocional que me han brindado a lo largo de las etapas de mi formación profesional, por cada uno de los valores inculcados como la honestidad, la perseverancia los cuales me han permitido superar cada una de las adversidades y dificultades que se puedan presentar a lo largo de mi vida y que me han permitido alcanzar mis metas.

A mi esposa e hija que me han motivado a esforzarme y se han convertido en mi soporte para luchar cada día por conseguir mejores cosas siendo ellas mi mayor inspiración para seguir adelante en el camino que me lleve a cumplir mis sueños y lograr que ellas se sientan orgullosas de mi

GUEVARA PICO BRYAN ADRIAN

Agradecimiento

En primera instancia, agradezco a Dios por toda la sabiduría y la paciencia que ha derramado sobre mí para poder enfrentar de con serenidad cada uno de los obstáculos que se me han presentado a lo largo de la carrera para poder alcanzar una de mis metas profesionales que es obtener el título de Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica y poder desempeñarme de la mejor manera en el campo de la aviación

A mis padres y esposa por el apoyo incondicional que me han brindado en los momentos más difíciles que he pasado durante el transcurso de la carrera, por la motivación dada para no rendirme y culminar de forma adecuada la carrera y poder cumplir todas mis metas.

A mis profesores por cada uno los conocimientos impartidos que me han ayudado a superarme y ser partícipe de esta gran experiencia de estudiar y trabajar en la aviación sobre todo en un campo tan importante como lo es la mecánica aeronáutica.

GUEVARA PICO BRYAN ADRIAN

Tabla de contenidos

Carátula.....	1
Certificación	2
Reporte de verificación.....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento	7
Tabla de contenidos.....	8
Índice de tablas	12
Índice de figuras.....	13
Resumen	15
Abstract	16
Planteamiento del problema de investigación	17
Antecedentes.....	17
Planteamiento del problema.....	18
Justificación e importancia	20
Objetivos.....	21
<i>Objetivo General</i>	21
<i>Objetivos Específicos</i>	21
Alcance	22
Marco teórico.....	23
Aeronave Hawker Siddeley 125 – Generalidades.....	23
<i>Características de la aeronave</i>	23
Sistema eléctrico de la Aeronave Hawker	24

Generación AC.....	24
Generación DC.....	25
Sistema de entretenimiento en cabina	31
Mantenimiento de aeronaves	33
<i>Mantenimiento en línea.....</i>	<i>33</i>
Modificación	34
<i>Modificación mayor.....</i>	<i>34</i>
Componentes para modificación.	34
Conductores eléctricos.....	35
<i>Características de los conductores eléctricos.....</i>	<i>35</i>
<i>Partes de los conductores.....</i>	<i>36</i>
<i>Sistema AWG.....</i>	<i>37</i>
<i>Selección del conductor</i>	<i>39</i>
<i>Cálculos para la selección.....</i>	<i>41</i>
<i>Conductor auténtico para aeronaves.....</i>	<i>45</i>
Dispositivos de protección eléctrica	46
<i>Tipos de dispositivos de protección.....</i>	<i>47</i>
<i>Selección de protecciones.....</i>	<i>50</i>
Terminales	51
<i>Regletas de terminales.....</i>	<i>52</i>
<i>Consideraciones generales</i>	<i>53</i>
<i>Tipos de terminales.....</i>	<i>54</i>
<i>Selección de terminales.....</i>	<i>55</i>
Tomacorrientes	56
<i>Tipos de tomacorrientes.....</i>	<i>57</i>

<i>Consideraciones generales</i>	59
Inversor	59
<i>Funcionamiento de un inversor</i>	59
<i>Inversores apropiados para aeronaves</i>	59
<i>Tipos de inversores</i>	60
<i>Dimensionamiento del inversor</i>	63
Desarrollo del tema	66
Preliminares.....	66
Consideraciones Generales	66
Instalación del sistema de accesorios de cabina	67
<i>Medición de distancias en la cabina de pasajeros</i>	67
<i>Selección de materiales para la modificación</i>	68
<i>Construcción del armazón del centro de control del circuito</i>	73
<i>Instalación de los accesorios de cabina de pasajeros</i>	74
Instalación del sistema de protección de los tomacorrientes.....	78
<i>Instalación de los sistemas de alimentación</i>	80
Identificación del cableado.....	86
Prueba de funcionamiento.....	87
Análisis de costos	88
<i>Costos Primarios</i>	88
<i>Costos Secundarios</i>	90
<i>Costo total del proyecto de titulación</i>	91
Conclusiones y recomendaciones.....	92
Conclusiones.....	92

Recomendaciones.....	93
Bibliografía	94
Anéxos.....	97

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Equivalencia AWG en mm²</i>	39
Tabla 2. <i>Selección de protecciones</i>	50
Tabla 3. <i>Sumatoria de potencias requeridas</i>	70
Tabla 4. <i>Costos primarios</i>	88
Tabla 5. <i>Costos secundarios</i>	90
Tabla 6. <i>Costo total</i>	91

Índice de figuras

Figura 1. Aeronave Hawker Siddely	23
Figura 2. Generación AC	25
Figura 3. Generadores de la aeronave	27
Figura 4. Localización de paneles	28
Figura 5. Batería Principal	29
Figura 6. Batería Opcional.....	30
Figura 7. Receptáculo de planta externa	31
Figura 8. Sistema de entretenimiento a bordo	32
Figura 9. Conductores eléctricos	35
Figura 10. Partes de un conductor.....	37
Figura 11. Rangos de caída de voltaje	40
Figura 12. Cálculo de caída de voltaje de los conductores	41
Figura 13. Cuadro para el cálculo de longitud máxima con flujo continuo.....	42
Figura 14. Cuadro para la selección de longitud máxima	42
Figura 15. Capacidad de conducción de corriente del cable de cobre.	44
Figura 16. Capacidad de conducción de corriente del cable de aluminio.....	45
Figura 17. Fusible.....	48
Figura 18. Disyuntor	49
Figura 19. Regleta de terminales.....	52
Figura 20. Composición de un terminal	53
Figura 21. Tomacorriente tradicional	56
Figura 22. Tipos de tomacorrientes según su diseño.....	57
Figura 23. Tomacorriente mixto	58
Figura 24. Inversor estático	61
Figura 25. Inversor Rotativo	62
Figura 26. Ejemplo para la selección de inversor	64
Figura 27. Medición de distancias	67
Figura 28. Plano con la ubicación y distancias de los componentes.....	68
Figura 29. Tomacorriente seleccionado.....	69

Figura 30. Inversor de 1600W	71
Figura 31. Selección de conductor	72
Figura 32. Corte de madera para la elaboración de la caja.....	73
Figura 33. Montaje del centro de control y carga	74
Figura 34. Trazo de líneas para el corte	74
Figura 35. Corte de la zona donde se colocarán los tomacorrientes.....	75
Figura 36. Eliminación de rebabas	76
Figura 37. Eliminación de filos cortantes	76
Figura 38. Montaje del cableado.....	77
Figura 39. Instalación de tomacorrientes.	78
Figura 40. Conducción del cableado	79
Figura 41. Instalación de Disyuntores.....	80
Figura 42. Instalación del selector de 3 posiciones.....	81
Figura 43. Instalación del enchufe	82
Figura 44. Remachado de terminales	83
Figura 45. Conexión de los terminales en el inversor	84
Figura 46. Ensamblaje de enchufe	85
Figura 47. Conexión del inversor.....	85
Figura 48. Conexión en el receptáculo de planta externa	86
Figura 49. Codificación de cableado.....	87
Figura 50. Prueba de funcionamiento.....	87

Resumen

El presente proyecto detalla el procedimiento del reacondicionamiento del sistema eléctrico por inversor para el suministro de los accesorios de cabina de la aeronave Hawker Siddeley la cual pertenece a la carrera de Mecánica Aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas -ESPE, debido a ello se realizará dicha innovación para que la aeronave escuela se mantenga actualizada. El sistema de entretenimiento de pasajeros es una innovación tecnológica que la mayoría de los fabricantes y las aerolíneas han ido adaptando en las aeronaves para permitir que los usuarios disfruten de una mayor comodidad durante el vuelo, uno de los componentes de este sistema es el sistema de accesorios de cabina que permite la alimentación eléctrica de aparatos electrónicos como computadores, tablets y celulares mediante tomacorrientes universales y de interfaz USB. La aeronave escuela previo a la realización de este proyecto no contaba con este sistema haciendo que los sistemas que posea la queden obsoletos y no estén en línea con los avances tecnológicos que se dan en aviación Como resultado de este trabajo, la Universidad de las fuerzas Armadas “ESPE” contará con una aeronave escuela que posee sistemas actualizados como el sistema de accesorios de cabina de pasajeros que le permiten ir a la par de las actualizaciones y avances que cada día se van dando en la aviación moderna y que permitirán que tanto los docentes y los estudiantes se beneficien.

Palabras claves:

- **INVERSOR**
- **IFE (Entretenimiento en Vuelo)**
- **ACCESORIOS DE CABINA**
- **SISTEMA ELÉCTRICO**

Abstract

This project details the procedure for the reconditioning of the electrical system by inverter for the supply of cabin accessories of the Hawker Siddeley aircraft which belongs to the Aeronautical Mechanics career of the Technology Management Unit of the University of the Armed Forces -ESPE, due to this innovation will be carried out so that the school aircraft is kept up to date. The passenger entertainment system is a technological innovation that most manufacturers and airlines have been adapting in aircraft to allow users to enjoy greater comfort during the flight, one of the components of this system is the cabin accessory system that allows the power supply of electronic devices such as computers, tablets and cell phones through universal outlets and USB interface. The school aircraft prior to the realization of this project did not have this system making the systems that it has become obsolete and are not in line with the technological advances that occur in aviation. As a result of this work, the University of the Armed Forces "ESPE" will have a school aircraft that has updated systems such as the system of cabin accessories that allow it to keep up with the updates and advances that are occurring every day in modern aviation and that will allow both teachers and students to benefit.

Key words:

- **INVERTER**
- **IFE (In Flight Entertainment)**
- **CABIN ACCESORIES**
- **ELECTRICAL SYSTEM**

Capítulo I

1. Planteamiento del problema de investigación

1.1. Antecedentes

Basados en un análisis de la historia de la aviación se ha podido determinar que durante los inicios de la aviación las aeronaves funcionaban con sistemas simples cuyo principal fin era el de permitir la operación de la aeronave mas no el garantizar el confort de los pasajeros y la tripulación, pero con el avance de la tecnología y la constante evolución aeronáutica las aeronaves empezaron a contar con sistemas para satisfacer más necesidades de los ocupantes durante el viaje como sistemas integrados de entretenimiento que permiten que los usuarios provean de carga eléctrica a sus aparatos electrónicos.

Actualmente en nuestro país son pocos los explotadores aéreos que cuentan con aeronaves en cuyos sistemas se incluyan sistemas de entretenimiento dentro del cual se encuentran interfaces de carga eléctrica de tipo USB en cada una de las butacas ocupadas por los pasajeros ya que estos se encuentran instalados en aeronaves más sofisticadas como Airbus A330 y A340-600 los cuales cuentan con conectores universales de energía (UE, USA, UK), conectores USB para cargar, escuchar y visualizar tus propios contenidos, pero compañías extranjeras que operan en el país como Avianca y Iberia poseen aeronaves con modificaciones que permiten ofrecer estas comodidades.

La Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” debe priorizar la autorización de estos proyectos ya que permiten adaptar a las aeronaves escuela sistemas actuales e

innovadores, sistemas que si se encuentran instalados en las aeronaves modernas para lograr que los estudiantes conozcan cómo se va modernizando la aviación día con día ya que la aeronave escuela Hawker Siddeley 125 de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" no cuenta con sistemas de accesorios de cabina de pasajeros como son interfases USB para la carga de dispositivos electrónicos que permitirán a los estudiantes mejorar las experiencias de aprendizaje interactivo, por ello se realizará la instalación de un inversor basado en el manual de instalación y operación del inversor para suministrar energía a las interfaces USB.

1.2. Planteamiento del problema

A los inicios de la aviación las aeronaves contaban con sistemas básicos para su funcionamiento, pero con el avance de la tecnología en un campo que está en constante evolución como la aviación las aeronaves se han ido equipando de mejor manera con sistemas que permiten varias funciones, uno de estos sistemas es el sistema de accesorios de cabina de pasajeros que les permite a los pasajeros conectar sus dispositivos electrónicos a una alimentación eléctrica de carga, sin embargo estos sistemas solo se encuentran en aeronaves de última generación y aeronaves como las que se usan para la formación de profesionales en la rama de Mecánica Aeronáutica no cuentan con este sistema lo que hace que no estén en vanguardia con el avance de la tecnología que día a día se va equipando en las aeronaves

Con la constante evolución de la aeronáutica los sistemas con los que están equipados las aeronaves escuela de la universidad han quedado obsoletos debido a que hoy en día las aeronaves cuentan con otros sistemas innovadores como los

accesorios de cabina de pasajeros que permiten el entretenimiento de los usuarios y la inexistencia de estos en las aeronaves provocan que dichas aeronaves escuelas no se adapten a los cambios que obligadamente sufre la aviación y que no vayan a la par de los nuevos conceptos e innovaciones que sufren las aeronaves con el avance de la tecnología provocando que solo tengan instalados sistemas netamente básicos originales de la aeronave que son nada innovadores y no están equipados con un sistema de alimentación eléctrica para dispositivos electrónicos como las aeronaves más sofisticada que hoy existen que poseen instalados dispositivos de carga de energía de tipo universales y USB.

La no aplicación de este proyecto puede conllevar a que las aeronaves que dispone la universidad para la instrucción sigan quedándose fuera de línea y retrasadas de los avances que se van generando debido a la inexistencia de sistemas innovadores como un sistema de accesorios de cabina para la carga de dispositivos electrónicos, que las mantengan en la misma ruta del avance constante de la tecnología que se aplica en la aviación generadas por las nuevas necesidades que a diario surgen para satisfacer las necesidades que se presentan y así garantizar la comodidad y confort de los usuarios

Luego de que el inversor sea instalado en la aeronave, los estudiantes y docentes podrán contar con un sistema de accesorios de cabina de pasajeros nuevo e innovador en la aeronave que garantizará que se adapte a los cambios tecnológicos y este a la par de las aeronaves más modernizadas que hoy existen como los Airbus A330 y A340-600.

1.3. Justificación e importancia

La Carrera de Mecánica Aeronáutica de la UFA "ESPE" siendo la primera y única considerada como Centro de Instrucción Aeronáutica Civil que forma técnicos de mantenimiento aeronáutico en todo el territorio ecuatoriano con sede en Latacunga provincia de Cotopaxi, es la encargada de formar profesionales de excelencia en el campo de la aeronáutica, siendo una institución que está en constante modernización e innovación, brinda las herramientas necesarias para que los estudiantes adquieran conocimiento de calidad, para lo cual es necesario implementar mejores materiales didácticos y recursos técnicos

El principal beneficio de este proyecto radica en la viabilidad de la readecuación del sistema eléctrico de la aeronave mediante un inversor eléctrico para obtener una alimentación eléctrica de los accesorios de cabina para garantizar que la aeronave se equipe de este sistema que se acomoda a los nuevos conceptos y evolución de la industria aeronáutica que avanza a pasos agigantados buscando satisfacer la mayoría de necesidades.

Es importante que este sistema sea instalado para que las aeronaves escuela cuenten con sistemas innovadores y actualizados que se encuentran presentes en las aeronaves modernas para que así los estudiantes pueden instruirse de forma adecuada y saber desenvolverse en el campo laboral.

1.4. Objetivos

1.4.1. *Objetivo General*

Equipar a la aeronave Hawker Siddeley 125 con el sistema inversor eléctrico para la alimentación eléctrica de accesorios de cabina de pasajeros de interfaz USB mediante el manual de instalación y operación del fabricante

1.4.2. *Objetivos Específicos*

- Recopilar información bibliográfica sobre la instalación de sistemas inversores eléctricos en aeronaves.
- Desarrollar la implementación del inversor mediante el manual de instalación y operación
- Analizar los resultados de un test de funcionamiento para verificar que el sistema funcione adecuadamente.

1.5. Alcance

Mediante la instalación de este sistema se busca alcanzar que los estudiantes puedan utilizar sus equipos electrónicos como una herramienta educativa que les permita captar de mejor manera los conocimientos impartidos por los docentes, así como documentar cada una de las actividades realizadas durante las prácticas y los docentes puedan tener a la mano la información y el material pedagógico para impartir sus clases.

Capítulo II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Aeronave Hawker Siddeley 125 – Generalidades

El HS-125 se originó como una iniciativa de De Havilland antes de que esta empresa pasara a formar parte del grupo de Hawker Siddeley. Voló por primera vez bajo la identificación de DH-125 el 13 de agosto de 1962. Durante varios años el DH-125 fue conocido como Jet Dragon del cual solo se construyeron 8 aviones que pertenecieron a la serie 1; luego se cambió a la serie 1A para denotar las ventas para el mercado de Norteamérica y 1B para denotar a las ventas para los mercados mundiales se fabricaron un total de 77. (Mason, 1991)

Figura 1.

Aeronave Hawker Siddeley



Nota. La grafica muestra la aeronave hawker siddeley perteneciente a la carrera de Mecánica Aeronáutica.

2.1.1. **Características de la aeronave**

La aeronave Hawker Siddeley 125 posee dos motores a reacción en la parte trasera del fuselaje, es un monoplano con alas bajas ligeramente inclinadas y flaps

ranurados de gran tamaño para permitir la correcta operación de la aeronave dentro y fuera de aeródromos pequeños, es uno de los diseños de primera generación de los jets ejecutivos que más éxito tuvo, ha tenido y que actualmente sigue en desarrollo y producción bajo la empresa Raytheon. (Mason, 1991)

2.2. Sistema eléctrico de la Aeronave Hawker

2.2.1. Generación AC

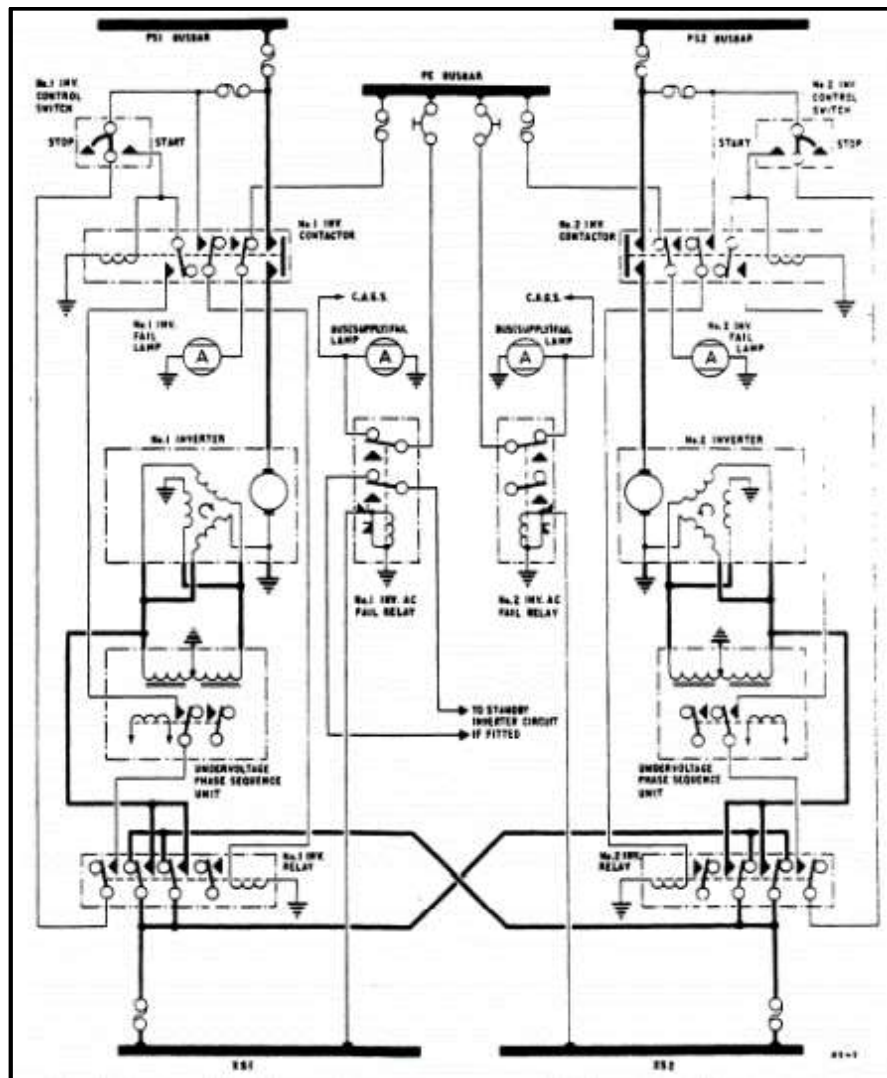
La alimentación monofásica de 115 voltios y 400HZ de corriente alterna por lo general son suministrados por las salidas de dos inversores trifásicos de 2,5 kVA (No. 1 y No. 2) que transforman 28 VDC de las barras PS1 y PS2. Un inversor de reserva (No. 3), si se encuentra instalado, entrega suministro monofásico de 115 voltios, 400 Hz con una salida de 150 VA, para alimentar solamente a los servicios prioritarios en el improbable caso de que ambos inversores principales fallaran. Cada inversor posee sus circuitos de control de voltaje y frecuencia individuales. (BAe, s.f.)

Los inversores principales se encuentran instalados en la bahía de equipo trasero al lado derecho, se encuentran montados sobre una estructura cerrada de soporte uno sobre otro. Para tener acceso a los inversores existen instalados en la parte interna de la estructura dos paneles desmontables. (BAe, s.f.)

Los bloques de terminales de distribución XS1 y XS2 son alimentados gracias una salida de una sola fase de cada inversor principal, el inversor N° 1 a la XS1 y el N° 2 a la XS2. Cuando los dos inversores principales fallan la salida del inversor de reserva se conecta solamente al bloque de distribución XE. En panel AD están ubicados los bloques de terminales de distribución. (BAe, s.f.)

Figura 2.

Generación AC



Nota. La grafica muestra el diagrama esquemático del sistema de inversión de la aeronave hawker y la distribución de las barras. Tomado de (BAe, s.f.)

2.2.2. Generación DC

Los sistemas de alimentación de DC se dan a través de sistemas gemelos de generación, que se encuentran conectados a los servicios de la aeronave mediante una forma de distribución de barras BUS divididas, para cada mitad de la barra bus principal

(dividida) los sistemas de generación entregan una fuente de alimentación de DC. Para proporcionar un suministro de energía DC durante una emergencia para los servicios más necesarios y de requerirse para el encendido del motor se instalan baterías en la aeronave, además se instala una conexión para suministro externo. Si se encuentra instalada una APU se puede contar con la energía necesaria para la aeronave mientras esta se encuentra en tierra. (BAe, s.f.)

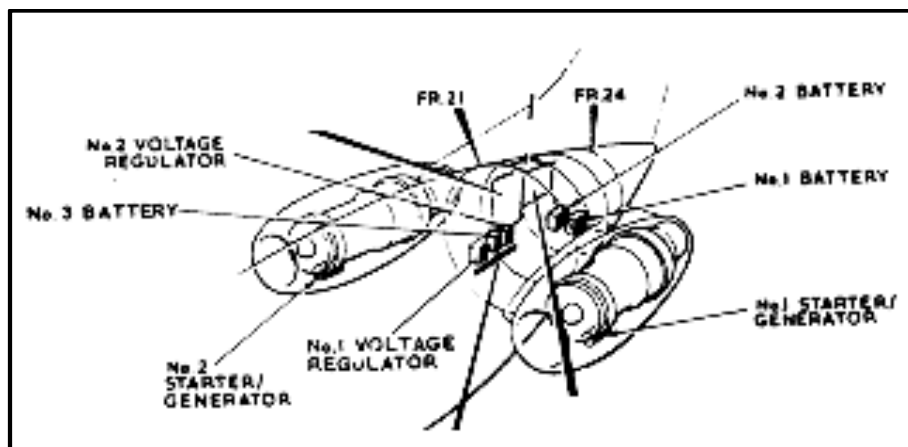
Un generador/arrancador con dos propósitos se instala en cada motor ya que son usados tanto para el arranque del motor como para generar energía. Un relé de arranque/generador permite que exista una transición automática en las formas de funcionamiento de arranque a generación. Para evitar que el suministro inicial se conecte al sistema de distribución el funcionamiento del relé implica que este se active en el modo de arranque y se desactive en el modo de generación. (BAe, s.f.)

- **Arranque/generador**

Gracias a un suministro interno de 48 VDC entregado por las baterías de la aeronave conectadas en serie o con un suministro de tierra de 24VDC, la máquina Rotax tipo BCO107 y BCO108 funciona en el modo de arranque, además de ello posee la función de generador en donde puede suministrar 28VDC ya que tiene la capacidad de combinar las dos funciones. Este elemento está conformado por un bobinado que consta de un campo de derivación, bobinados de compensación, cuatro polos principales y cuatro interpolos cada uno de estos elementos están ubicados dentro de una carcasa que posee una armadura que está montada sobre dos rodamientos de bola ubicados cada uno en los extremos de la carcasa. (BAe, s.f.)

Figura 3.

Generadores de la aeronave



Nota. El grafico muestra la ubicación típica de los generadores de corriente DC en los motores de la aeronave. Tomado de (BAe, s.f.)

- **Barras de distribución**

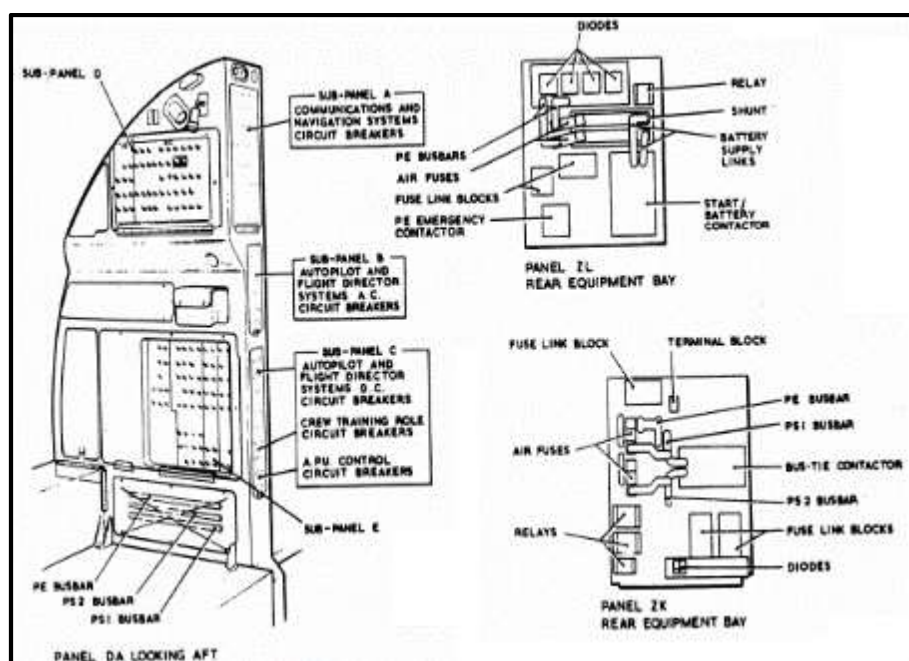
La aeronave cuenta con un sistema de distribución compuesto barras colectoras este es un sistema de separación de barras (Split-bus) que permiten el suministro de energía DC proveniente de los generadores, las baterías de la aeronave o una fuente externa en tierra a los servicios de la aeronave. Este sistema incluye una barra colectora PE para los servicios esenciales y una barra principal PS que se considera dividida en dos secciones separadas, designadas como PS1 y PS2. Las barras colectoras PS1 y PS2 se encuentran ubicadas en el panel DA, así como la barra PE se extiende en los paneles ZK y ZL. Se proporciona una salida negativa a tierra mediante la estructura de la aeronave. (BAe, s.f.)

Cuando el contactor de enlace se activa se encuentran conectadas las barras colectoras PS1 y PS2, dicho contactor se controla mediante el interruptor de enlace,

que únicamente se encuentra operativo cuando se encuentra en línea cualquiera de los dos generadores. Cuando se desenergiza el contactor de enlace y el generador se encuentra en línea, el PS1 puede alimentarse del generador 1 o de la batería 1 y el PS2 del generador 2 o la batería 2. Si para proporcionar energía únicamente se encuentran disponibles las baterías las barras PS1 y PS2 son aisladas de las baterías. Los generadores y las baterías se desconectan automáticamente cuando un suministro externo es conectado a las barras PS1 y PS2. (BAe, s.f.)

Figura 4.

Localización de paneles



Nota. El ilustración muestra la localización de los paneles donde se encuentra ubicadas cada una de las barras colectoras del sistema de generación DC Tomado de (BAe, s.f.)

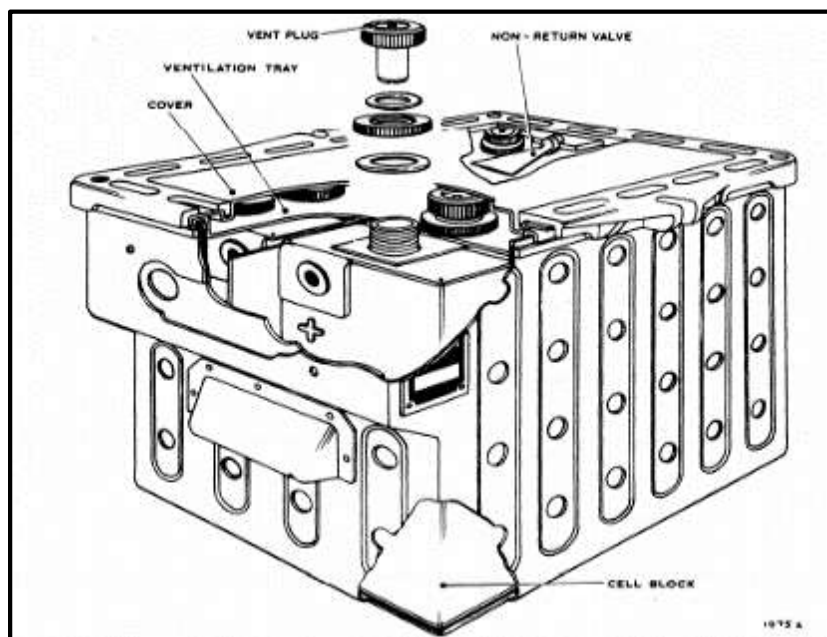
Para alimentar la barra colectora PE se utiliza una fuente de corriente continua directa que proviene de las barras colectoras PS1 y PS2 o cuando el contactor de emergencia está activado de las baterías que están conectadas en paralelo. (BAe, s.f.)

- **Baterías**

Son instaladas dos baterías principales para garantizar la alimentación eléctrica continua para los servicios esenciales si se produjera un fallo en los sistemas principales de generación, así como para suministrar energía para el arranque de motores cuando no exista un suministro de tierra. (BAe, s.f.)

Figura 5.

Batería Principal



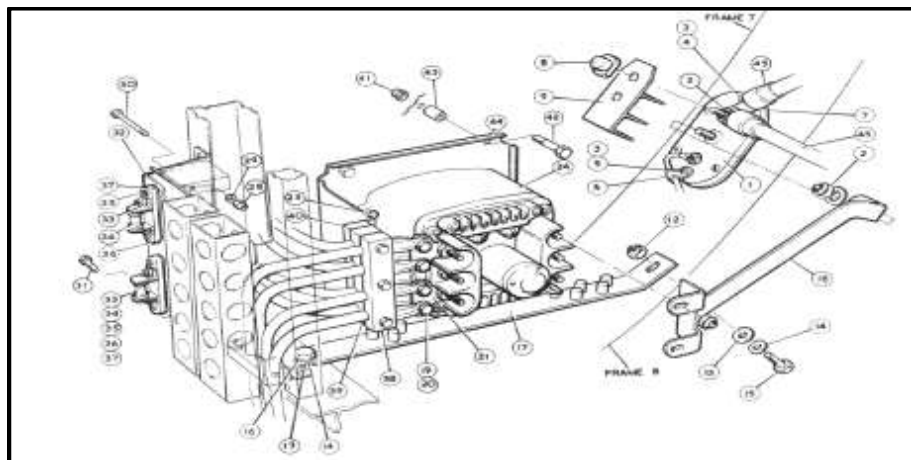
Nota. La figura muestra una batería principal típica de la aeronave Hawker para el suministro de 24 voltios DC y varios de sus principales componentes. Tomado de (BAe, s.f.)

- **Suministro externo GPU**

Para el suministro externo está disponible una planta que externa que se conecta a la aeronave mediante un receptáculo de suministro externo que dirige la energía al sistema de barras colectoras mediante el contactor de suministro en tierra y a la línea de suministro de arranque a través del contactor de arranque de suministro en tierra, siendo los dos contactores controlados mediante el interruptor master de suministro de tierra (Tierra/Vuelo). (BAe, s.f.)

Figura 7.

Receptáculo de planta externa



Nota. El gráfico presenta el receptáculo de planta externa y cada uno de los componentes de este sistema. Tomado de (BAe, s.f.)

2.3. Sistema de entretenimiento en cabina

Un sistema de entretenimiento en vuelo es un conjunto de opciones que posee el pasajero para hacer de su viaje más confortable y se conoce como IFE por sus siglas en inglés. Por lo general suele incluir pantalla ubicadas en los asientos que permiten visualizar películas, series o información sobre el vuelo, además puede incluir sistemas de conexión wifi, conexión de auriculares y tomacorrientes para el suministro de carga

eléctrica para dispositivos electrónicos como computadoras y celulares, el equipamiento y sofisticación del sistema depende de cada aerolínea y aeronave ya que cada una personaliza el sistema de acuerdo a su comodidad. (Perez, 2017)

Dicho sistema hace posible que cada uno de los pasajeros pueda visualizar lo que desee y está basado en un servidor ubicado en la aeronave y que se conoce como LRU (Unidad Reemplazable en línea) que es el encargado de controlar cada una de las pantallas gracias a las conexiones Ethernet. Cada una de las series o películas se encuentran alojadas en otros LRU que poseen discos duros. Y el contenido es actualizado mediante fibra óptica. (Perez, 2017)

Figura 8.

Sistema de entretenimiento a bordo



Nota. En este grafico podemos observar cómo un sistema de entretenimiento a bordo de una aeronave que consta de pantallas en cada asiento. Tomado de (Perez, 2017)

En lo que tiene que ver con los conectores para carga eléctrica de dispositivos electrónicos estos están distribuidos en diversas zonas de los asientos y su ubicación

en la aeronave depende de cada explotador, lo que hay que tomar en cuenta es el no afectar a la comodidad del pasajero es por ello que por lo general se encuentran ubicados en la parte inferior de los asientos, a los lados o al frente del pasajero. Este sistema alberga diversos tipos de tomacorrientes entre los que están el tomacorriente universal de tipo (UE, USA, UK) para computadoras portátiles, interfaces USB de carga de tipo A y C para celulares que proporcionan una alimentación eléctrica garantizando la comodidad del pasajero.

2.4. Mantenimiento de aeronaves

El mantenimiento es la realización de trabajos que son requeridos para garantizar la conservación de la aeronavegabilidad de las aeronaves lo cual puede incluir la realización de una o varias de las siguientes tareas: reacondicionamiento, inspección, reemplazo de componentes, rectificación de defectos e implementación de una modificación o reparación. (DAC, 2017)

2.4.1. *Mantenimiento en línea*

Son todas las operaciones de mantenimiento que se realizan antes del vuelo debido a que son sencillas y permiten asegurar la aeronavegabilidad de la aeronave, entre las tareas se incluye la realización de caza fallas, el reemplazo de componentes permitidos en línea(LRU), la corrección de defectos sencillos, chequeo o mantenimiento programado que incluyan inspecciones visuales que permitan encontrar condiciones insatisfactorias obvias y que no requieran de la realización de extensas inspecciones detalladas. Generalmente son inspecciones de pre-vuelo, diarias, semanales y las inspecciones conocidas como chequeo A. También son consideradas como inspecciones en línea las inspecciones de 100 horas o anuales realizadas en aeronaves pequeñas. (DAC, 2017)

2.5. Modificación

Se considera como una modificación de la aeronave o componente de la aeronave a todo cambio en el diseño de tipo que no sea considerada como una reparación y puede incluir una modificación mayor y menor. (DAC, 2017)

2.5.1. Modificación mayor

La **Dirección General de Aviación Civil** mediante la RDAC 43 Capítulo A Definiciones establece que es una modificación mayor.

Una modificación mayor significa un cambio de diseño de tipo que no esté indicado en las especificaciones de la aeronave, del motor de la aeronave o de la hélice que pueda influir notablemente en los límites de masa y centrado, resistencia estructural, performance, funcionamiento de los grupos motores, características de vuelo u otras condiciones que influyan en las características de la aeronavegabilidad o ambientales, o que se hayan incorporado al producto de conformidad con prácticas no normalizadas. (DAC, 2017)

NOTA: En algunos Estados se utiliza el término “alteración” en lugar de “modificación”. Para los efectos de la reglamentación RDAC los términos “alteración” y “modificación” se utilizan como sinónimos.

2.6. Componentes para modificación.

Los componentes para realización de una modificación en una aeronave deben de seleccionarse tomando en cuenta varios parámetros y realizando cálculos que permitan establecer que los componentes seleccionados son los adecuados.

2.7. Conductores eléctricos

La principal característica de los conductores eléctricos es su capacidad para no mostrar mucha resistencia a la circulación de corriente eléctrica a través de ellos, dicha característica se debe a que tanto sus propiedades físicas como eléctricas garantizan que la conducción de electricidad a través del conductor no produzca la destrucción o deformación del material del que se encuentra construido el conductor. (Torres, s.f.)

Figura 9.

Conductores eléctricos



Nota: En esta imagen podemos ver ejemplos de conductores eléctricos Tomado de (Torres, s.f.)

2.7.1. Características de los conductores eléctricos

Su principal objetivo es permitir la conducción fácil de electricidad gracias a la baja resistencia que opone a la corriente debido a que posee electrones libres en su estructura interior.

Maleables: Un conductor eléctrico debe tener la capacidad de deformarse sin romperse, esto debido a que en todos los campos en los que son usados están sometidos a curvaturas y dobleces; debido a esto, la maleabilidad es una propiedad de los conductores de vital importancia. (Torres, s.f.)

Resistentes: Los materiales empleados en los conductores deben poseer una resistencia al desgaste, debido a que deben soportar las condiciones de cargas de estrés mecánico a las que comúnmente están sometidos, que junto a las temperaturas elevadas que soporta debido a la conducción de la corriente pueden llegar a causar daño en un conductor inadecuado. (Torres, s.f.)

Capa aislante: en todos los casos en los que sean empleados los conductores, los conductores deberán estar en toda ocasión recubiertos por una adecuada capa aislante para evitar los roces entre los conductores o el contacto con las superficies por donde se encuentran instalados, así mismo permite una fácil manipulación por las personas evitando que entren en contacto directo con la corriente que se encuentra fluyendo a través del conductor. (Torres, s.f.)

2.7.2. Partes de los conductores

Los conductores eléctricos independientemente de si son de hilos o sólidos, están formados por 3 partes:

Alma conductora: es el alma central del conductor que siempre se encuentra construida de elementos metálicos debido a la buena conductividad eléctrica que poseen y los más comunes están hechos de cobre, el alma conductora es la zona conductora por donde fluye la corriente eléctrica. (Tecnología, s.f.)

Aislante: es el material a través del cual no puede fluir la corriente eléctrica, sino que actúa como envoltura del alma conductora para que la corriente no se desvíe fuera de esta. Generalmente el aislante suele estar constituido de material polímero, es decir plástico. Los que se utilizan con mayor frecuencia son el Policloruro de vinilo (PVC), el Caucho Etileno-Propileno (EPR) y el Polietileno Reticulado (XLPE). (Tecnología, s.f.)

Cubierta protectora: su principal función es proteger mecánicamente al cable o hilo. Brinda protección al alma conductora y al aislante de los daños químicos y/o físicos como el frío, el calor, la lluvia, golpes, raspaduras, cortes, etc. Suelen estar contruidos de nilón, aunque no todos los conductores poseen está cubierta debido a que en algunas ocasiones el propio aislante cumple las funciones de aislante y cubierta protectora. (Tecnología, s.f.)

Figura 10.

Partes de un conductor



Nota: En esta imagen podemos ver de forma detallada cuáles son los componentes que forman parte de un conductor Tomado de *Área Tecnología* (s.f.).

2.7.3. Sistema AWG

El AWG, American Wire Gauge por sus siglas en inglés o también denominada Calibres de Alambre Estadounidense por sus siglas en español, es un índice clasificatorio que muestra el diámetro, la resistencia y la medida de los conductores eléctricos. (Beyondtech, 2016)

Como su nombre lo sugiere este sistema fue desarrollado y es utilizado en Norte América y se ha usado desde 1857, es un sistema contra intuitivo, lo que quiere decir

que mientras más bajo sea el valor de AWG reflejado en la tabla el grosor del alambre conductor será mucho mayor. (Beyondtech, 2016)

La razón para adaptar este sistema de numeración se debe al principio de que en cada ocasión que un metal en bruto es sometido a un proceso de trefilado dicho metal se vuelve más delgado y largo. En base a esto el AWG hace referencia a la cantidad de veces que el metal conductor debe someterse al proceso de trefilado para lograr obtener el diámetro que se desea, lo que se evidencia, por ejemplo, en un alambre con calibre 24 AWG que ha sido trefilado 24 veces. (Beyondtech, 2016)








- **Medidas de los conductores en sistema AWG**

La tabla AWG establece el grosor del conductor a través del cual el electrón que proviene de la corriente puede fluir fácilmente en condiciones normales, si se busca reducir la resistencia al paso de corriente el tamaño del alambre debe ser mayor. El sistema AWG incluye 44 tamaños de conductor estandarizados y su rango va de 0 a 40, pero también se incluyen 3 medidas adicionales que son 00, 000 y 0000, dichas medidas hacer referencia al grosor que posee el conductor. (Beyondtech, 2016)

- **Equivalencia AWG en mm²**

Los tamaños de los conductores y alambres eléctricos por lo general esta categorizados en calibres si se utiliza el sistema AWG (American Wire Gauge), a pesar de ello es más común nominarlos según el diámetro del conductor en el sistema métrico decimal y establecer categorías en milímetro cuadrados en función del diámetro de la sección.

Tabla 1.**Equivalencia AWG en mm²**

FOTO	Calibre / AWG	Sección en MM ²	Consumo de corriente	Ejemplos
	4	25mm ²	Muy alto	Equipos industriales (se requiere de 240 volts).
	6	16mm ²	Alto	Aires acondicionados, estufas eléctricas y acometidas de energía eléctrica.
	8	10mm ²	Medio – alto	Secadoras de ropa, refrigeradores, aires acondicionados de ventana.
	10	6mm ²	Medio	Hornos de microondas, licuadoras, contactos de casas y oficinas.
	12	4mm ²	Medio – bajo	Cableado de iluminación, contactos de casas, extensiones reforzadas.
	14	2.5mm ²	Bajo	Extensiones de bajo consumo, lámparas.
	16	1.5mm ²	Muy bajo	Productos electrónicos como termostatos, timbres.

Nota: En esta tabla se muestra la equivalencia de los calibres AWG en el sistema métrico decimal. Tomado de (FAA, 2018)

2.7.4. Selección del conductor

Los conductores deben poseer la adecuada resistencia mecánica que garanticen su funcionamiento bajo diversas condiciones, los niveles permitidos de caída de voltaje no deben ser excedidos. Se debe asegurar que los conductores se encuentren protegidos por dispositivos de protección que pertenezcan al circuito del sistema y que adapten los parámetros para la conducción de la corriente del circuito. Si se utiliza conductores con un calibre inferior al N° 20, debe tomarse en consideración parámetros como la resistencia mecánica y aspectos de la instalación de estos conductores como vibración, flexión y terminación. ((FAA), 1998)

- **Caída de voltaje**

En los conductores de energía principales que van de la fuente de generación o desde la batería a la barra BUS la caída de voltaje no debe superar el 2 % del voltaje permitido en el momento en que el generador se encuentra conduciendo corriente nominal o la batería está descargándose en un tiempo de 5 minutos. ((FAA), 1998)

Figura 11.

Rangos de caída de voltaje

Nominal system voltage	Allowable voltage drop continuous operation	Intermittent operation
14 28 115 200	0.5 1 4 7	1 2 8 14

Nota: Los datos contenidos en la figura muestran los rangos máximos de caída de voltaje aceptables en los circuitos de carga entre la barra y la tierra del equipo instalado. Tomado de ((FAA), 1998)

- **Resistencia**

La resistencia de la línea de retorno de la corriente mediante la estructura de la aeronave por lo general es considerada insignificante. Esta suposición se basa en la creencia de que se ha generado una unión correcta a la estructura o que existe una línea especial para el retorno de corriente eléctrica que posee la capacidad para transportar la corriente eléctrica necesaria cuando exista una insignificante caída de voltaje. La siguiente figura presenta fórmulas y datos que pueden ser usadas para conocer la resistencia eléctrica y la caída de voltaje en los conductores en base a los datos de la figura 14. ((FAA), 1998)

Figura 12.

Cálculo de la caída de voltaje de los conductores.

Voltage drop	Run Lengths (Feet)	Circuit Current (Amps)	Wire Size From Chart	Check-calculated voltage drop (VD)= (Resistance/Ft) (Length) (Current)
1	107	20	No. 6	VD= (.00044 ohms/ft) (107)(20)= 0.942
0.5	90	20	No. 4	VD= (.00028 ohms/ft) (90)(20)= 0.504
4	88	20	No. 12	VD= (.00202 ohms/ft) (88)(20)= 3.60
7	100	20	No. 14	VD= (.00306 ohms/ft) (100)(20)= 6.12

Nota: La siguiente figura muestra los datos y fórmulas que pueden usarse para determinar la resistencia eléctrica y la caída de voltaje de los conductores eléctricos en base a la longitud, el tamaño y el voltaje del conductor Tomado de ((FAA), 1998)

Quando en el circuito la caída de voltaje no supera los límites determinados por el fabricante de la aeronave o del equipo, el valor de la resistencia del circuito se considera como satisfactorio. Al comprobar un circuito, el voltaje que entra debe conservarse en un valor constante. ((FAA), 1998)

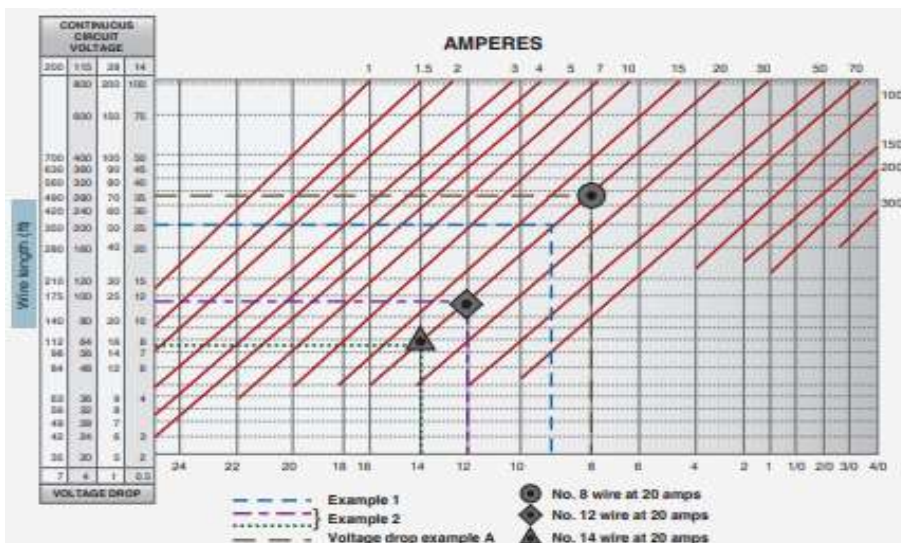
2.7.5. Cálculos para la selección

- **Cálculo de longitud máxima de alambre**

Las figuras 14 y 15 muestran una forma para poder determinar la longitud máxima del conductor en base a la corriente de circuito dada. Las figuras también pueden usarse para determinar las longitudes máximas de tendido ligeramente más largas de alambres de plata o níquel, realizando una multiplicación de la longitud máxima de tendido por la relación de resistencia del conductor estañado y dividiendo para la resistencia de la plata o el níquel. ((FAA), 1998)

Figura 13.

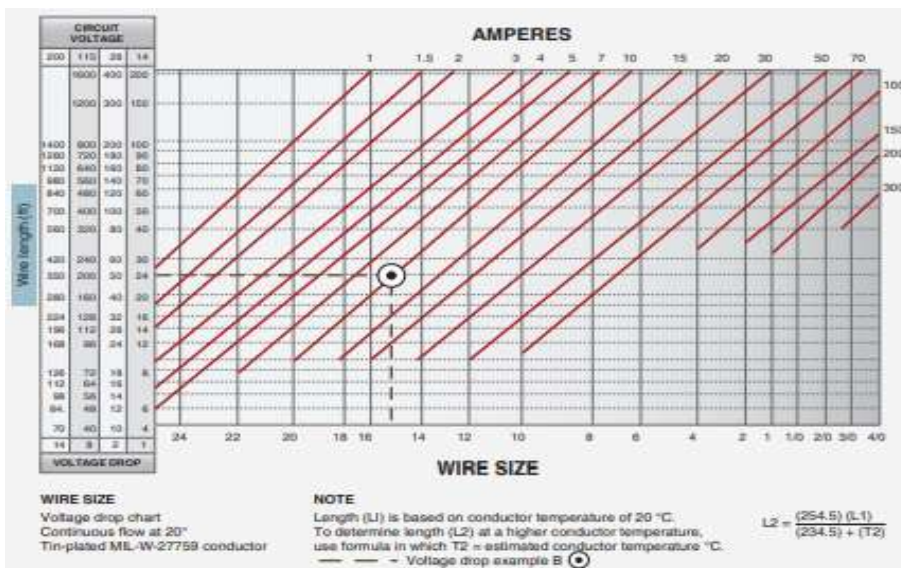
Cuadro para el cálculo de longitud máxima



Nota: La siguiente figura muestra los parámetros para el cálculo de longitud con flujo continuo
Tomado de (FAA, 2018)

Figura 14.

Cuadro para la selección de longitud máxima



Nota: La siguiente figura muestra los parámetros para el cálculo de longitud con flujo intermitente
Tomado de (FAA, 2018)

- **Cálculo de longitud máxima de alambre a temperaturas elevadas**

Si la temperatura promedio o estimada de un conductor (T_2) sobrepasa los 20°C , como en lugares de operación donde la temperatura ambiente es elevada o en conductores de alimentación eléctrico con una carga completa, la longitud máxima permisible del tendido (L_2) debe hallarse basados en L_1 (bajo el valor estándar de 20°) utilizando la fórmula que a continuación se presenta para el conductor de cobre. ((FAA), 1998)

$$L_2 = \frac{(254.5^\circ\text{C})(L_1)}{(234.5^\circ\text{C}) + (T_2)}$$

Para conductores de aluminio se debe utilizar la formula siguiente:

$$L_2 = \frac{(258.1^\circ\text{C})(L_1)}{(238.1^\circ\text{C}) + (T_2)}$$

Las fórmulas mostradas usan el reciproco del coeficiente de temperatura resistiva del material para tener presente el aumento de la resistencia de conductor que se produce debido a la operación en elevadas temperaturas. ((FAA), 1998)

- **Cálculo de T_2**

Para hallar el T_2 de los conductores que conducen un gran porcentaje de corriente a elevadas temperaturas, es recomendable realizar pruebas de laboratorio con el uso de un banco de carga y una cámara de alta temperatura. Dichas pruebas deben de ser realizadas tomando en cuenta la temperatura ambiente prevista en los casos más extremos y con las combinaciones de carga máxima de corriente. ((FAA), 1998)

$$T_2 = T_1 + (T_R - T_1) \left(\sqrt{\frac{I_2}{I_{max}}} \right)$$

Donde:

T_1 = Temperatura ambiente

T_2 = Temperatura estimada del conductor

T_R = Temperatura nominal del conductor

I_2 = Corriente del circuito

I_{max} = Corriente máxima admisible

- **Cálculo de caída de voltaje**

Como medio adicional para verificar los resultados, en la figura se puede leer la resistencia de flujo continuo dada para un calibre de conductor establecido y dicho valor multiplicarlo por la longitud de recorrido que tendrá el cable y la corriente del circuito.

Figura 15.

Capacidad de conducción de corriente del cable de cobre.

Wire Size	Continuous duty current (amps)-Wires in bundles, groups, harnesses, or conduits. (See Note #1)			Max. resistance ohms/1000ft@20 °C tin plated conductor (See Note #2)	Nominal conductor area - circ.mils
	Wire Conductor Temperature Rating				
	105 °C	150 °C	200 °C		
24	2.5	4	5	28.40	475
22	3	5	6	16.20	755
20	4	7	9	9.88	1,216
18	6	9	12	6.23	1,900
16	7	11	14	4.81	2,426
14	10	14	18	3.08	3,831
12	13	19	25	2.02	5,874
10	17	26	32	1.26	9,354
8	38	57	71	0.70	16,983
6	50	76	97	0.44	26,818
4	68	103	133	0.28	42,615
2	95	141	179	0.18	66,500
1	113	168	210	0.15	81,700
0	128	192	243	0.12	104,500
00	147	222	285	0.09	133,000
000	172	262	335	0.07	166,500
0000	204	310	395	0.06	210,900

Nota: La siguiente figura muestra la capacidad de conducción de corriente y resistencia del cable de cobre Tomado de Circular de ((FAA), 1998)

Los cálculos de caída de voltaje de los cables de aluminio se pueden desarrollar multiplicando el valor dado de la resistencia dependiendo el calibre del conductor que se

encuentra mostrado en la figura, por la longitud del recorrido del conductor y la corriente del circuito. ((FAA), 1998)

Figura 16.

Capacidad de conducción de corriente del cable de aluminio

Wire Size	Continuous duty current (amps) Wires in bundles, groups or harnesses or conduits (See table 11-9 Note #1)		Max. resistance ohms/1000ft @ 20 °C
	Wire conductor temperature rating		
	105 °C	150 °C	
8	30	45	1.093
6	40	61	0.641
4	54	82	0.427
2	76	113	0.268
1	90	133	0.214
0	102	153	0.169
00	117	178	0.133
000	138	209	0.109
0000	163	248	0.085

Nota: La siguiente figura muestra capacidad de conducción de corriente y resistencia del cable de cobre Tomado de ((FAA), 1998)

2.7.6. Conductor auténtico para aeronaves

Casi todos los diseños de conductores para aeronaves deben cumplir con requerimientos que necesitan que los fabricantes sometan a pruebas rigurosas a los cables antes de que estos puedan agregarse a la lista de productos calificados (QPL) y sea permitida la fabricación del cable. Los fabricantes de aeronaves que poseen sus especificaciones de conductores propias siempre lleva un estricto control. Este cable de uso militar o de fabricante de equipo de avión original (OEM) instalado en las aeronaves solo debería haberse fabricado en estos parámetros definidos para los cables. Los cables para aeronaves de empresas no autorizadas y con marcaciones fraudulentas de la identificación específica deben ser considerados como conductores no aprobados ya que por lo general poseen una calidad inferior debido a las pocas o nulas pruebas de control de calidad. Deben realizarse esfuerzos para garantizar la utilización de conductores auténticos y estrictamente probados para las aeronaves. ((FAA), 1998)

- **Identificación**

Todo conductor empleado en aeronaves debe contar con su identificación impresa en toda su longitud. Una práctica común colocar junto al número de parte la entidad comercial y gubernamental de cinco dígitos y las letras (C.A.G.E) código que permite identificar el fabricante del cable. Gracias a ello cuando existe un conductor que necesita ser reemplazado es fácil identificar un conductor nuevo que cumpla con las capacidades de rendimiento requeridas y se evita utilizar un cable nuevo inadecuado o de menores capacidades de rendimiento.

2.8. Dispositivos de protección eléctrica

Uno de los problemas más serios y graves que puede presentar un circuito eléctrico es el cortocircuito directo que es un término que hace referencia a un momento en el que algún bloque del circuito en el que se encuentra presente toda la tensión del sistema, se pone en contacto directo con la conexión de tierra o el retorno del sistema. Esto ocasiona que se genere un camino para el flujo de corriente que no posee más resistencia que la contenida en los conductores eléctricos, que por lo general tienen muy poca resistencia. (FAA., 2018)

El calibre de los conductores utilizados en cualquier circuito se determina basado en la cantidad de corriente que pueda conducir bajo condiciones normales de funcionamiento. Si existiera un flujo de corriente por encima de lo normal, como sucede con el cortocircuito directo, se producirá un rápido incremento de temperatura generando calor. Si no se controla el excesivo flujo de corriente generado por el cortocircuito, el exceso de calor presente en el cable puede provocar que se derrita una sección del conductor y por lo menos abra el circuito. Por ello para proteger los circuitos

eléctricos de estos fallos y los daños que se podrían provocar existen diversos tipos de elementos de protección. (FAA., 2018)

2.8.1. Tipos de dispositivos de protección

- **Fusibles**

Los fusibles son elementos que consisten en una carcasa de vidrio o de plástico dentro de la cual está encerrada una tira de metal, dicha tira tiene un punto de fusión muy bajo y por lo general está construida de plomo, cobre o estaño, cuando existe un excedente de corriente de la que soporta el fusible, la tira de metal de este sube su temperatura, se calienta y se rompe, debido a esto se detiene el flujo de corriente en el circuito evitando dañar elementos vitales en la aeronave. Comúnmente se utilizan dos tipos de fusibles instalados en los circuitos de las aeronaves. (FAA, 2018)

- **Tipos de fusibles**

Fusibles de cartucho: Están constituidos por un tubo de cristal o cuerpo cerámico, un elemento fusible (hilo o lámina) de material conductor y dos terminales conductores, estos son de acción rápida los cuales cuando se excede la capacidad de corriente establecida se abren de forma inmediata, esto es de gran importancia en dispositivos eléctricos que pueden ser destruidos rápidamente cuando existe una circulación de corriente excesiva en ellos, aunque sea por un corto tiempo. (FAA, 2018)

Fusibles lentos o de alta capacidad de ruptura: son generalmente instalados en zonas de la red de distribución de energía, un ejemplo de instalación de estos dispositivos es en la interconexión de barras de distribución. Su principal característica es que poseen mucha más precisión debido a que no son afectados por la temperatura

ambiente ni por flujos momentáneos de intensidad superiores a las soportadas, así mismo no generan llamas al fundirse. (FAA, 2018)

Figura 17.

Fusible



Nota: La siguiente figura muestra un fusible típico utilizado en las aeronaves Tomado de (FAA, 2018)

- **Disyuntor**

Un disyuntor es un tipo de interruptor eléctrico desarrollado para dar protección a un circuito eléctrico de los daños que puede causar un cortocircuito o una sobrecarga. Su principal función es hallar la presencia de una condición de falla y cortar rápidamente el flujo de energía. Una vez que un disyuntor ha actuado este puede ser reconfigurado para regresar a una operación normal, a diferencia de los fusibles que deben ser reemplazados luego de que han operado. Todo disyuntor reajutable debe abrir el circuito en el que ha sido instalado cuando se presente una condición de falla o sobrecarga en el circuito, independientemente de la posición en la cual se encuentre el control de operación. (FAA, 2018)

Figura 18.

Disyuntor



Nota: La siguiente figura muestra un disyuntor utilizado en aeronaves Tomado de (FAA, 2018)

Cuando un disyuntor ha actuado este no debe de ser reestablecido inmediatamente, sino que debe realizarse una revisión del circuito y eliminar la falla que ha causado que el disyuntor actuara. En algunas ocasiones los disyuntores se disparan sin ningún motivo solo en estos casos se debe reajustar el disyuntor inmediatamente una sola vez, pero si posterior al reajuste el disyuntor vuelve a dispararse es porque existe una falla en el circuito por lo cual se debe solucionar el problema antes de volver a resetear el disyuntor. (FAA, 2018)

- **Tipos de disyuntores**

Existen diferentes tipos de disyuntores que son de uso común en los sistemas de las aeronaves, dichos disyuntores pueden ser magnéticos, térmicos o electrónicos, por lo general los disyuntores de tipo térmico y electrónicos son los más utilizados en la aviación comercial, mientras que los de tipo magnético únicamente se usan aeronaves ligeras para los circuitos del arranque o la batería. (Gago, 2016)

Tipo magnético: Cuando existe una corriente demasiado excesiva a la que soporta el circuito y esta fluye en el circuito se provoca que un electroimán tenga la suficiente fuerza para lograr mover una armadura pequeña que hace que el interruptor se dispare. (FAA., 2018)

Tipo de sobrecarga térmica: Este tipo de disyuntor posee una tira bimetálica que, cuando sufre un sobrecalentamiento debido a una corriente excesiva, se dobla impidiendo que esta se enganche en la palanca del disyuntor y genera que este se abra o dispare. (FAA., 2018)

2.8.2. Selección de protecciones

Para la protección de los conductores deben usarse fusibles o disyuntores que deben estar ubicados lo más cercanamente posible de la barra de la fuente de alimentación eléctrica. Por lo general el fabricante del equipo eléctrico que va a ser instalado especifica el tipo de disyuntor o fusible que se debe usar. (FAA, 2018)

Tabla 2.

Selección de protecciones

Calibre del cable de cobre	Amperaje del Disyuntor	Amperaje del Fusible
22	5	5
20	7.5	5
18	10	10
16	15	10
14	20	15
12	30	20
10	40	30
8	50	50
6	80	70
4	100	70

Calibre del cable de cobre	Amperaje del Disyuntor	Amperaje del Fusible
2	125	100
1		150
0		150

Nota: En esta tabla se muestra el disyuntor y fusible adecuado que debe usarse dependiendo del calibre del conductor. Tomado de (FAA, 2018)

2.9. Terminales

Los terminales son elementos eléctricos que tienen como principal función permitir la conexión entre dos cables o conexas los diversos componentes de un circuito eléctrico y son muy utilizados en casi todas las industrias que utilizan circuitos eléctricos o requieren la conexión de aparatos eléctricos o electrónicos mayor mente en el automovilismo, la aviación y el sector industrial. (Coelectrix, 2017)

Los terminales son fijados en los extremos de los conductores eléctricos para permitir la conexión de dichos conductores a las regletas de terminales o a los elementos que requieran esta conexión en el equipo eléctrico o electrónico. La resistencia a la tracción existente en la unión del cable y el terminal debe ser por lo menos equivalente a la resistencia a la tracción propia del cable. (FAA, 2018)

Previo al ensamblaje del conductor con los conectores, terminales y empalmes se debe quitar el aislamiento de los extremos de la conexión para permitir que el conductor desnudo quede descubierto. El aislamiento de los conductores de cobre puede ser quitado de diferentes formas dependiendo del calibre del conductor y del tipo de aislamiento. (FAA, 2018)

2.9.1. *Regletas de terminales*

Los conductores generalmente suelen unirse en las regletas de terminales. Debe de ser utilizada una regleta de terminales que cuente con barreras para impedir que los terminales de los montantes cercanos vayan a entrar en contacto entre sí. Cuando sea necesario realizar la conexión de más de cuatro terminales entre sí, se deberá montar un pequeño bus de metal mediante dos o más espárragos adyacentes. ((FAA), 1998)

En todos los casos la corriente no debe de ser conducida por el espárrago, sino que debe darse por las superficies de contacto de los terminales. Las regletas de bornes deben ser montadas considerando que los objetos metálicos sueltos no vayan a caer sobre los espárragos o los bornes. Frecuentemente deben de ser inspeccionadas las regletas de terminales que permiten la conexión de los sistemas electrónicos y de radio al sistema eléctrico de la aeronave, para hallar conexiones sueltas, objetos metálicos que pudieran haber caído en la regleta de terminales, suciedad y acumulación de grasa. Estas condiciones negativas podrían generar un arco eléctrico que puede ocasionar un incendio o fallos al sistema. ((FAA), 1998)

Figura 19.

Regleta de terminales



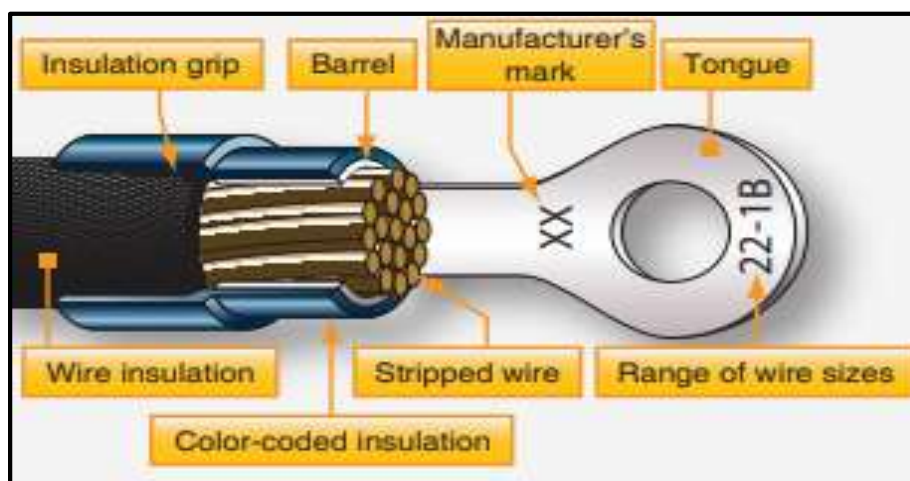
Nota: La siguiente figura muestra regleta de terminales. Tomado de (FAA, 2018)

2.9.2. Consideraciones generales

Deben de ser usados terminales de cable para realizar la conexión del cableado a los bornes del bloque de terminales o a los bornes del equipo. No es posible conectar más de cuatro terminales o tres terminales más una barra colectora a un solo borne. En un montante el número total de terminales está incluido con una barra colectora general que enlaza montantes adyacentes. Debido a ello, en un montante no es permitido colocar cuatro terminales y una barra colectora común. Los terminales deben ser seleccionados con un diámetro de orificio que se acople al diámetro del montante, a pesar de ello cuando los terminales montados en un esparrago poseen diferente diámetro, debe de colocarse el de mayor diámetro en la parte inferior y el de menor diámetro en la parte superior. El ajuste de los terminales no debe generar deformación en los terminales ni en los espárragos. Los terminales deben estar instalados de manera que no haya necesidad de doblar el terminal para extraer el tornillo o la tuerca de fijación. ((FAA), 1998)

Figura 20.

Composición de un terminal



Nota: La siguiente figura muestra la composición de un terminal. Tomado de (FAA, 2018)

2.9.3. Tipos de terminales

- **Terminales pre-aislados**

Los terminales y empalmes pre aislados deben de ser instalados con una herramienta de engaste de gran calidad. Dichas herramientas están provistas de posicionadores para el conductor y estos se ajustan a cada calibre del conductor. Es de gran importancia que la profundidad del engaste sea la apropiada para cada tamaño de conductor. Si el prensado es excesivamente profundo puede cortar o romper los hilos individuales del conductor; en cambio si el prensado es poco profundo puede generar que el conductor no este correctamente fijado al terminal, además pueden ser susceptibles a tener una excesiva resistencia debido a la presencia de corrosión entre el conductor y el terminal engastado. (FAA, 2018)

- **Terminales de cobre**

Los terminales de cobre deben ser instalados en conductores de cobre y no deben colocarse usando soldadura según lo establecido en la norma MIL-T-7928 cuando se instalen estos terminales no deben usarse espaciadores o arandelas entre las lengüetas de los terminales. ((FAA), 1998)

- **Terminales de aluminio**

Los terminales de aluminio que se adaptan a la norma MIL-T-7099 deben remacharse únicamente en conductores de aluminio. Se debe poner énfasis a la instalación de alambres y conductores de aluminio para impedir condiciones que puedan generar una exagerada caída de voltaje y una elevada resistencia en las uniones, lo que puede causar a una falla en la unión. Algunos ejemplos de dichas condiciones son la instalación incorrecta de las arandelas en conjunto con los

terminales, el ajuste inadecuado (torque aplicado en las tuercas) y las áreas de contacto inapropiadas de los terminales. ((FAA), 1998)

- **Terminales de clase 2**

Los terminales de clase 2 que se acoplan a la norma MIL-T-7928 pueden ser utilizados en la instalación, bajo la condición de que en estas instalaciones los terminales de clase 1 sean apropiados para ser sustituidos sin tener que volver a trabajar en la instalación o las lengüetas del terminal. Es importante que los terminales de clase 2 sean del tipo aislado. A excepción de que la temperatura del conductor sobrepase los 105°C, cuando se presente este caso no deben usarse terminales aislados. ((FAA), 1998)

2.9.4. Selección de terminales

La **Asociación Federal de Aviación en la Circular de asesoramiento 43-13-1B Capítulo 11 Sección 14** establece que para la selección de los terminales para un determinado tipo de cable se debe tener en consideración los siguientes aspectos.

En la selección de terminales se debe considerar:

- Valor nominal de la corriente.
- Tamaño del cable (calibre) y diámetro del aislamiento.
- Compatibilidad del material del conductor.
- Tamaño del perno.
- Compatibilidad del material de aislamiento.
- Entorno de aplicación
- Aplicación o no aplicación de soldadura. ((FAA), 1998)

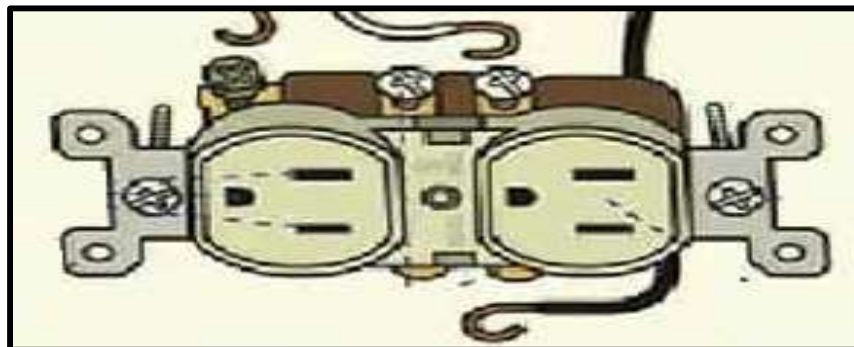
Se prefieren los terminales de lengüeta de anillo pre aislados. La resistencia, el tamaño, los medios de soporte de los espárragos y los postes de conexión, así como el tamaño del cable, deben tenerse en cuenta a la hora de determinar el número de terminales que deben fijarse a cualquier poste. En las aplicaciones de alta temperatura, la temperatura nominal de los terminales no debe ser superior a la temperatura ambiente más el aumento de la temperatura relacionado con la corriente. Debe considerarse el uso de terminales niquelados y de terminales no aislados con manguitos eléctricos para altas temperaturas. Los bloques de terminales deben estar provistos de una holgura eléctrica adecuada o de tiras aislantes entre los herrajes de montaje y las partes conductoras. ((FAA), 1998)

2.10. Tomacorrientes

Se conoce como tomacorriente o también llamado enchufe hembra al elemento eléctrico creado para mantener una conexión eléctrica segura con un enchufe macho también conocida como clavija de función complementaria. (IPL, 2015)

Figura 21.

Tomacorriente tradicional



Nota: La siguiente figura muestra un tomacorriente tradicional. Tomado de (Méndez, 2020)

2.10.1. Tipos de tomacorrientes

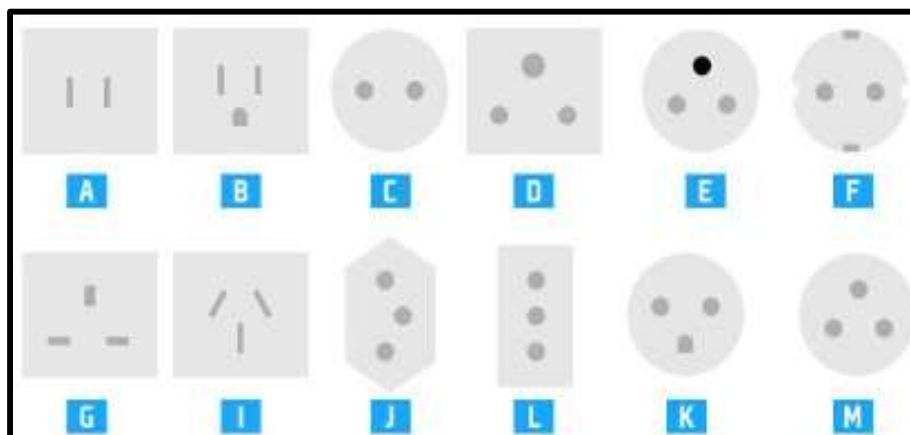
Los tomacorrientes pueden ser clasificados en base a su diseño, e incluyen 14 tipos que están clasificados asignándoles letras en orden alfabético: A, B, C, D, etc. Así mismo se puede clasificar los tomacorrientes usando como criterio el número de hilos conductores y las tensiones de operación; siendo la más común la primera. (IPL, 2015)

- **Tomacorrientes según el diseño**

Como se puede evidenciar en la figura 21 esta clasificación está determinada por el diseño del enchufe y se basa en la distribución y forma de las ranuras donde se inserta el enchufe, es muy fácil de utilizar y debido a ello es una de las clasificaciones más usadas. Aunque existen otras clasificaciones y tipos de tomacorrientes estos no se incluyen ya que muchos países tienen sus propios sistemas para determinar los tomacorrientes lo que impide tener una norma de clasificación estándar. (IPL, 2015)

Figura 22.

Tipos de tomacorrientes según su diseño



Nota: La siguiente figura muestra tipos de tomacorrientes según su diseño Tomado de (IPL, 2015)

- **Tomacorrientes de tipo USB**

Actualmente se han desarrollado tomas eléctricas de tipo USB que en su mayoría son usadas para la carga de dispositivos electrónico como celulares y tabletas, esto debido a su versatilidad y a las ventajas que presenta ya que el usuario no necesita poseer un cargador para poder alimentar a su dispositivo sino que le basta únicamente con poseer el cable del dispositivo para realizar esta acción, debido a ello este tipo de tomacorrientes están desarrollándose a gran velocidad y son cada vez más usados.

- **Tomacorrientes mixtos**

Este tipo de tomacorriente combina en un solo dispositivo uno o varios módulos de tipo USB y un tomacorriente de tipo tradicional, la toma de tipo tradicional permite establecer una conexión eléctrica con una clavija común para alimentar el dispositivo conectado; mientras que el módulo USB está pensado para suministrar energía de forma rápida a equipos que poseen puertos de carga de tipo USB. (Electric, 2020)

Figura 23.

Tomacorriente mixto



Nota: La siguiente imagen hace referencia a un tomacorriente que combina un tomacorriente universal y dos de tipo USB Tomado de VETO Electric, (2020), <https://vetoelectric.com>

2.10.2. Consideraciones generales

Todos los tomacorrientes sobre todo los convencionales poseen dos puertos para conectar las patas del enchufe del dispositivo. Los tomacorrientes contemporáneos poseen un orificio semicircular que recibe la parte del enchufe que se conecta a tierra. Un contacto está interconectado con el orificio y un tornillo de conexión a tierra que debe ser conectado a la tierra de la estructura donde será instalado el tomacorriente para poder entregar protección y evitar las descargas eléctricas cuando se conecta un equipo en el tomacorriente. (Méndez, 2020)

2.11. Inversor

Un inversor de corriente eléctrica es un dispositivo electrónico. La finalidad principal del inversor es modificar un voltaje de ingreso de corriente continua a un voltaje de salida simétrico de corriente alterna, en pocas palabras cambiar de corriente DC a AC, con la magnitud y frecuencia requerida por el usuario. (Planas, 2016)

2.11.1. Funcionamiento de un inversor

Un inversor común está compuesto por un transistor que es controlado por un oscilador, dicho transistor se usa para interrumpir la corriente que entra y producir una onda rectangular, dicha onda suministra energía a un transformador el cual suaviza su forma, convirtiéndola en una onda sinusoidal y generando el voltaje y corriente de salida requerido según el tipo de aparato al cual se suministrará. (Planas, 2016)

2.11.2. Inversores apropiados para aeronaves

Los inversores típicamente transforman la corriente continua (DC) del bus bar principal de una aeronave, en corriente alterna (AC), la cual puede ser utilizada para

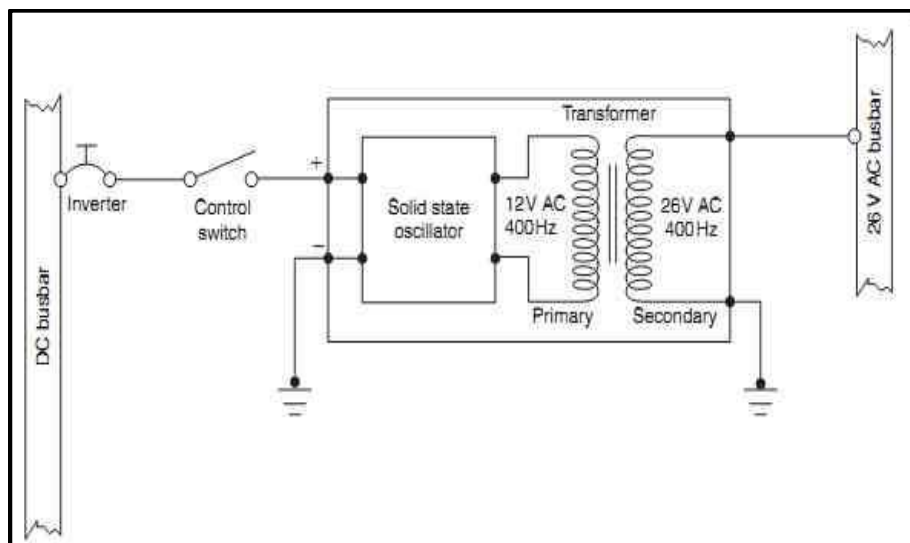
alimentar componentes eléctricos y electrónicos de la aeronave. La corriente DC convertida generalmente es un sistema de 24 voltios utilizable en aeronaves que esta complementado por transformadores, circuitos de conmutación y control. La corriente que sale del inversor debe fluir a través de los disyuntores de una barra colectora para que pueda utilizarse en sistemas de instrumentos, equipos de radios, sistema de luces de aterrizaje y navegación, sistema de indicación de combustible, sistema de generación de calor del tubo pitot y demás accesorios. (Mid-Continent, 2019)

2.11.3. Tipos de inversores

Existen típicamente dos tipos elementales de inversores los cuales son rotativos y estáticos. Cada uno puede tener una configuración monofásica o multifásicos. Los inversores multifásicos son más ligeros que los monofásico en el mismo rango de potencias, pero existen complicaciones con la distribución de la potencia multifásica y en la conservación de las cargas equilibradas (FAA., 2018)

- **Inversor estático**

La mayoría de aeronaves modernas utilizan este tipo de inversor. Para el funcionamiento de este no se requieren elementos móviles ya que son de estado sólido, es decir, que utilizan circuitos electrónicos para convertir la corriente DC en AC. La salida de energía es elevada hasta el voltaje de salida deseado de AC mediante un transformador. Los inversores estáticos poseen las características de ser mucho más pequeños, más compactos y por ende mucho más livianos que los inversores de tipo rotativo. (Mid-Continent, 2019)

Figura 24.*Inversor estático*

Nota: La siguiente imagen muestra un diagrama esquemático con la simbología de un inversor estático Tomado de MCI.co, (2019), (Mid-Continent, 2019)

- **Inversor rotativo**

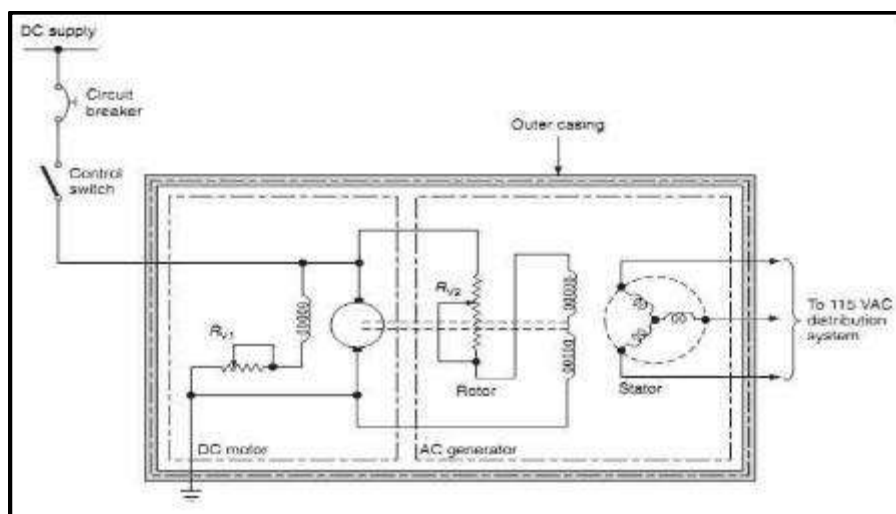
Un inversor de tipo rotativo común posee un motor de corriente DC constituido por cuatro polos que accionan un generador de corriente AC. Las salidas de inversor pueden ser monofásicas o trifásicas, con un voltaje de salida de 26 o 115 VAC.

Actualmente únicamente las aeronaves más antiguas siguen utilizando este tipo de inversores, debido a la poca fiabilidad que otorgan, así como el peso excesivo y la ineficiencia que presenta. (Mid-Continent, 2019)

El motor de corriente DC que emplea permite hacer que gire un generador de corriente AC y por ello la unidad normalmente posee un circuito regulador de voltaje para garantizar la estabilidad del voltaje. (Mid-Continent, 2019)

Figura 25. Inversor Rotativo

Inversor Rotativo



Nota: La siguiente imagen muestra un diagrama esquemático con la simbología de un inversor rotativo Tomado de (Mid-Continent, 2019)

Inversor rotativo de imanes permanentes: Un inversor de imanes permanentes está constituido de un motor de corriente continua y un conjunto generador de imanes permanentes para la corriente alterna. Una carcasa común alberga un estator separado perteneciente a cada uno. El armazón del motor se encuentra montado en un rotor y mediante una agrupación de conmutadores y escobillas está conectado al suministro de CC. Los bobinados del campo del motor se encuentran colocados en la carcasa y se conectan de forma directa al suministro de CC. En el extremo opuesto del eje de la armadura del motor se encuentra montado un rotor de imán permanente, y los bobinados del estator se encuentran montados en la carcasa, debido a ello se puede extraer la CA del inversor sin el uso de escobillas. (FAA., 2018)

Inversor rotativo de tipo inductor: Los inversores de tipo inductor usan un rotor construido de láminas de hierro blando que posee ranuras cortadas de forma

lateral en la superficie para ofrecer polos que pertenecen al número de polos que pertenecen al estator. Las bobinas de campo se encuentran enrolladas en un grupo de polos estacionarios y las bobinas del inductor de CA en el otro grupo de polos estacionarios. Cuando se suministra corriente DC a las bobinas de campo, se genera un campo magnético. Dentro de las bobinas de campo el rotor gira haciendo que los polos del rotor se alineen con los polos estacionarios, se determina una trayectoria con baja reluctancia para el flujo que va desde el polo de campo, pasando por los polos del rotor hasta llegar al polo de la carcasa de corriente AC y mediante la carcasa retorna al polo de campo. En esta condición hay una elevada cantidad de flujo magnético que une las bobinas de corriente AC. (FAA., 2018)

2.11.4. Dimensionamiento del inversor

- **Consideraciones generales**

La sumatoria de las potencias (determinada en watts) utilizadas por los equipos que van a operar de manera simultánea a partir del suministro de energía del inversor, no deberán superar el 80% de la potencia nominal del inversor. Durante su operación constante de 24 horas del día el inversor deberá trabajar con una eficiencia mínima de operación de 90%. (La mayoría de estos equipos cuentan con su propio control de eficiencia que permite conocer en qué porcentaje se encuentra trabajando). (Sebastian, 2018)

Una consideración esencial para la selección del inversor es el voltaje que se especifica tanto por el voltaje en ingresa en el inversor en DC (puede ser 12V, 24V, 48V) como por el voltaje que sale del inversor en AC (puede ser 110-120V o 220-230V) esta es una consideración inicial que se debe tener para seleccionar el inversor ya que

hay que conocer con que voltaje vamos a suministrar el inversor y que voltaje requerimos según la aplicación que se la vaya a dar al inversor. (Sebastian, 2018)

- **Cálculo del inversor**

Como una regla establecida; en un sistema de energía la potencia máxima que consume un inversor está dada por el total de potencia, esto quiere decir que es el sumatorio total de las potencias (watts) que consume cada uno de los elementos instalados. Para poder entender de mejor manera podemos hacerlo planteando el siguiente ejemplo tomando los datos de consumo de potencia que vienen en las placas de cada artefacto. (Sebastian, 2018)

Figura 26.

Ejemplo para la selección de inversor

Dispositivos (Carga)	Potencia (W)	Unidades	Pot. Inst (W)
Bombillas en la cocina	30	2	60
Fluorescente	40	3	120
Televisor	70	1	70
Cafetera	200	1	200
Microondas	900	1	900
Radio reloj	1	1	1
Ventilador de mesa	15	1	15
Refrigerador (mini)	20	1	20
			1386

Nota: La siguiente imagen los datos de consumo de potencia de varios artefactos y su sumatoria para poder realizar el cálculo para la selección de un inversor. Tomado de Energía solar Eliseo Sebastián, (2018), Eliseo Sebastián, <https://eliseosebastian.com/inversores-calidad-y-dimensionamiento/>

En base al dato obtenido de la sumatoria de potencias en nuestro caso el valor dado en la ilustración anterior, se toma en cuenta el coeficiente de pérdida para garantizar el rendimiento adecuado del inversor. Dicho valor de eficiencia para calcular el rendimiento se toma entre el 80% y 90%. (Sebastian, 2018)

En este caso aplicaremos un porcentaje de eficiencia de 90% y para calcular el tamaño del inversor está dado por la siguiente fórmula:

$$P(\text{Inversor}) = \frac{P(\text{Instalada})}{\% \text{ Rendimiento}}$$

Resolviendo:

Datos para el cálculo:

$$P(\text{Instalada}) = 1386 \text{ W}$$

$$90\% \text{ Eficiencia} = 0.90$$

Reemplazando los datos:

$$P(\text{Inversor}) = \frac{P(\text{Instalada})}{\% \text{ Rendimiento}}$$

$$P(\text{Inversor}) = \frac{1386 \text{ W}}{0.90}$$

$$P(\text{Inversor}) = 1540 \text{ W}$$

Con base a este valor podemos seleccionar un inversor adecuado y que posea un porcentaje de rendimiento que garantice su funcionamiento cuando se requiera mayor demanda de potencia y este no se sobrecargue.

Capítulo III

3. Desarrollo del tema

3.1. Preliminares

Por medio de la modificación realizada y a la vez culminada, en el presente capítulo se detalla el procedimiento seguido, el mismo que se llevó a cabo para realizar la readecuación del sistema de alimentación eléctrica por inversores para el suministro eléctrico de los accesorios de cabina de pasajeros, para ello se utilizó la información técnica contenida en la Circular de Asesoramiento 43-13-1B, el Manual del técnico de mantenimiento de la aviación – Generalidades y el Manual del técnico de mantenimiento de la aviación – Fuselaje. Para la realización de la readecuación se contó con el apoyo del Ingeniero Gabriel Inca quien es el director del proyecto de titulación encargado de realizar la revisión del cumplimiento de cada una de las actividades a realizar.

El proyecto de titulación tiene por finalidad realizar una modificación que permita que la aeronave escuela este actualizada y cuente con sistemas tecnológicos que las grandes aeronaves comerciales poseen debido a la constante evolución de la aviación y así evitar que los sistemas de la aeronave queden obsoletos y garantizar que los estudiantes puedan familiarizarse con estos sistemas nuevos que se presentan debido a los avances tecnológicos y a la evolución de la aviación.

3.2. Consideraciones Generales

Previo a la realización de cada una de las actividades que a continuación van a ser detalladas se debe principalmente investigar los métodos de selección de materiales autorizados por las autoridades aeronáuticas para utilizar los materiales adecuados para poder realizar la modificación. Por lo cual, la modificación debe ser realizada

tomando encuentra cada una de las normativas establecidas por la autoridad aeronáutica en las normativas RDAC. especialmente la RDAC 43 Apendice 1 y los procedimientos contenidos en los manuales.

3.3. Instalación del sistema de accesorios de cabina

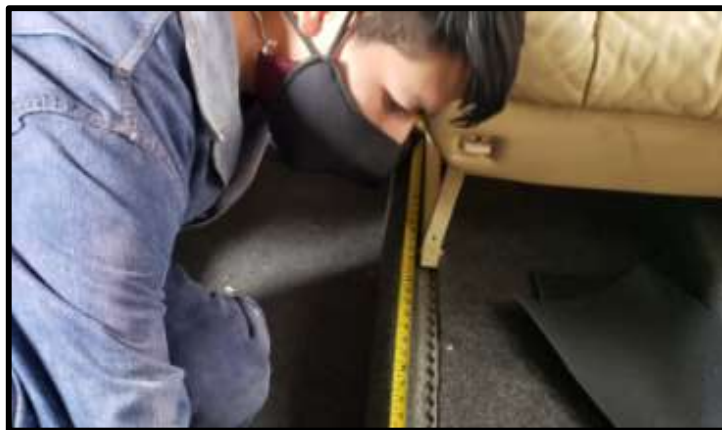
El sistema de accesorios de cabina pasajeros permite contar con suministro eléctrico para la alimentación de dispositivos electrónicos a bordo de la aeronave para ello se instaló tomacorrientes mixtos con tomas universales y de tipo USB que permiten cargar dichos dispositivos.

3.3.1. Medición de distancias en la cabina de pasajeros.

Se realizó la medición de las distancias existentes entre cada asiento de la aeronave para determinar el lugar donde se colocarán los tomacorrientes, así como las distancias existentes entre el receptáculo de planta externa y el lugar donde serán colocados el sistema inversor y el centro de carga monofásico.

Figura 27.

Medición de distancias



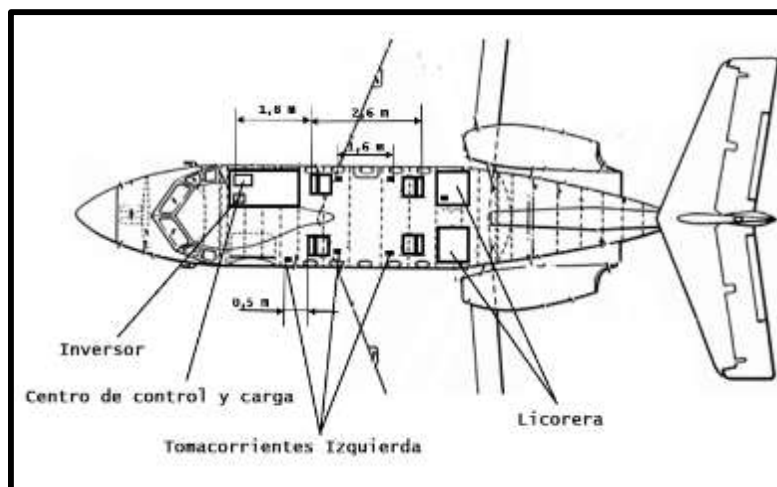
Nota. Se debe previamente determinar los lugares donde van a ser colocados los componentes para tomar adecuadamente las medidas.

- **Elaboración de plano**

Se elaboró un plano en el cual se plasman las distancias tomadas previamente para facilitar la instalación de los componentes y comprender de mejor manera la distribución que deberá tener el cableado para poder determinar de mejor manera la longitud que debe utilizarse para evitar la falta o el excedente del conductor en el momento de realizar la instalación del sistema en la aeronave.

Figura 28.

Plano con la ubicación y distancias de los componentes.



Nota. La figura representa un esquema de la distribución de los componentes del sistema.

3.3.2. Selección de materiales para la modificación

- **Selección de tomacorrientes**

Se seleccionó un tipo de tomacorriente mixto que combina una toma de tipo universal y dos tomas USB esto debido a la necesidad de contar con suministro eléctrico para computadoras, así como para dispositivos electrónicos, la toma tradicional del tomacorriente entrega 110VAC y 15A, mientras que las tomas USB entregan 5VDC y 2A debido a que los dispositivos electrónicos solo pueden cargarse con corriente

continua, para ello los puertos USB poseen un módulo cuya circuitería transforma el voltaje AC en DC.

Figura 29.

Tomacorriente seleccionado



Nota. Hay que tomar en cuenta las tomas de conexión ya que cada toma está destinada a recibir una línea de fase identificada con la letra L y una línea neutra identificada con la letra N. Tomado de Mercado Libre

- **Selección de inversor**

Para la selección del inversor el primer aspecto a considerar es el voltaje de entrada que en este caso es de 24 VDC, además se deben realizar cálculos basados en los aparatos electrónicos que estarán conectados y tomar en consideración la potencia que consume cada uno, para ello establecemos que se conectarán 1 computadora en cada tomacorriente siendo el consumo de potencia de cada una de ellas 200 Watts, la sumatoria de las potencias requeridas es la dimensión que debería tener el inversor,

pero para garantizar su correcto funcionamiento se toma un coeficiente de eficiencia del 90%.

Tabla 3.

Sumatoria de potencias requeridas

Aparato Electrónico	N° de instalados	Potencia Individual Requería	Potencia total
Computadora	6	200 W	1200 W
Puertos USB	12	10 W	120 W
Total de potencia requerida			1320 W

Nota: Hay que tomar en cuenta todos los aparatos que podrían usarse para conocer cuál es la potencia máxima requerida.

$$P(\text{Inversor}) = \frac{P(\text{Instalada})}{\% \text{ Rendimiento}}$$

$$P(\text{Inversor}) = \frac{1320 \text{ W}}{0.90}$$

$$P(\text{Inversor}) = 1467 \text{ W}$$

En base al resultado obtenido en el cálculo se seleccionó un inversor de 1600 W de potencia para garantizar su eficiencia con diversos aparatos funcionando al mismo tiempo a continuación se da a conocer la información y datos del inversor seleccionado.

Inversor de corriente serie TCI: Este es un inversor perteneciente a la serie TC-600-2600W que presenta una solución de suministro de corriente AC cuando existe un corte de energía o cuando el suministro de corriente AC no se encuentra disponible.

Dicho inversor convierte la energía de los rangos de 12V/24V/48V de corriente DC dependiendo del modelo en corriente AC estándar de 110V/220V teniendo una potencia continua de 300 a 1300W. Tiene incorporados transformadores de alta frecuencia para garantizar una gran capacidad de carga y alta eficiencia, lo que lo convierte en un inversor ideal para todas las aplicaciones que se le quiera dar.

Figura 30.

Inversor de 1600W



Nota: Es importante seleccionar un inversor adecuado para garantizar que abastezca correctamente a las demandas de potencia.

- **Selección de conductor**

La selección del conductor se dio tomando en cuenta el mayor amperaje usado para ello se toma el caso hipotético de usar un taladro industrial de 1300 W y calculando el amperaje necesitado por este aparato para funcionar para ello se usó la fórmula de la potencia y a ello se suma el amperaje utilizado por los puertos USB del tomacorriente los cuales son de 2 amperios por cada uno de los puertos, para la selección del

conductor una vez conocido el amperaje requerido se puede utilizar la tabla de equivalencias de AWG en milímetros en la cual consta el amperaje máximo resistido por cada calibre de conductor.

$$P = V * I$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{1300 \text{ W}}{110 \text{ V}}$$

$$I = 11,82A$$

$$I_{Total} = I_1 + I_2$$

$$I_{Total} = 11,82A + 4A$$

$$I_{Total} = 15,82A$$

Con base en el valor obtenido del cálculo se procede a seleccionar en la tabla el AWG adecuado seleccionando el calibre AWG 12 debido a que soporta una tensión de 20A y al ser el valor obtenido superior a 15 no se puede usar un calibre de AWG 14

Figura 31.

Selección de conductor

AWG	Diámetro (mm)	Amperaje (Admisible en Cobre @ 60°C)
4	5.189	70
6	4.115	55
8	3.264	40
10	2.580	30
12	2.053	25
14	1.626	15

Nota: Es importante seleccionar un conductor con el amperaje admisible adecuado para garantizar el funcionamiento correcto del circuito.

3.3.3. Construcción del armazón del centro de control del circuito

Con la utilización de madera MDF se construyó una caja que servirá para almacenar tanto los sistemas de protección del circuito como el selector del tipo de alimentación del circuito, debido a ello a este armazón en adelante se lo conocerá como centro de control y carga.

Figura 32.

Corte de madera para la elaboración de la caja



Nota: La caja debe ser construida teniendo en cuenta que debe ser resistente para poder proteger de forma adecuada a los componentes que estarán dentro de ella.

- **Montaje del centro de control carga en la aeronave**

Se coloca la caja en la zona del armario que se encuentra en la cabina de pasajeros detrás del asiento del copiloto para ello la caja se fija a la estructura utilizando tornillos de rosca rápida que permiten sujetar correctamente la caja al mueble; además se realizan varios agujeros por donde serán conducidos los conductores.

Figura 33.

Montaje del centro de control y carga



Nota: El centro de control y carga permite colocar los componentes del sistema de accesorios de cabina de forma ordenada para su fácil identificación y operación.

3.3.4. Instalación de los accesorios de cabina de pasajeros

- **Toma de medidas del tomacorriente**

Se realizó la medición de la parte del tomacorriente que ingresará en la estructura de la aeronave cercana a los asientos, para poder realizar los agujeros en la zona donde se ubicará cada tomacorriente, con dichas dimensiones se procedió a trazar en la estructura las líneas por donde deberá realizarse el corte.

Figura 34.

Trazo de líneas para el corte



Nota: Es importante usar regla o escuadra para tazar las líneas para que cuando se realice el corte este sea uniforme.

- **Realización del corte en la estructura**

Con la ayuda de un taladro y una broca 3/16 se realizó el corte en la estructura para obtener el agujero que albergara el tomacorriente, para ello se realizan varios agujeros sucesivos siguiendo las líneas trazadas, luego de ello con un rectificador se elimina el material existente entre cada agujero para sacar la parte de la estructura cortada.

Figura 35.

Corte de la zona donde se colocarán los tomacorrientes.



Nota: El corte debe realizarse siguiendo las líneas trazadas para obtener un agujero uniforme.

- **Eliminación de rebabas**

Utilizando discos abrasivos se eliminaron las rebabas que quedaron en el agujero luego de haber realizado el corte para así obtener unos filos uniformes en el contorno del agujero y evitar que el tomacorriente pueda sufrir algún daño.

Figura 36.

Eliminación de rebabas



Nota: Es importante que los agujeros tengan uniformidad para evitar que el tomacorriente sufra daños como ralladuras o cortes en su superficie.

- **Eliminación de filos cortantes del agujero**

Una vez eliminadas las rebabas con una lima se eliminaron los filos cortantes que quedaron en el contorno del agujero, esta tarea se realizó para evitar sufrir cortes en el momento de realizar la instalación.

Figura 37.

Eliminación de filos cortantes



Nota: Los filos cortantes no eliminados pueden causar daño.

- **Montaje del cableado de los tomacorrientes**

Se introdujo el cableado que alimentará los tomacorrientes por los agujeros realizados previamente en las paredes interiores del fuselaje y por debajo del piso de la aeronave, dichos conductores están protegidos por canaletas para evitar que estos se enreden o sufran algún corte durante su montaje, los extremos de los conductores que se conectarán a los tomacorrientes se ubicaron en los espacios establecidos para la colocación de los mismos.

Figura 38. *Montaje del cableado*

Montaje del cableado



Nota: Se debe evitar que el cableado este demasiado tensionado.

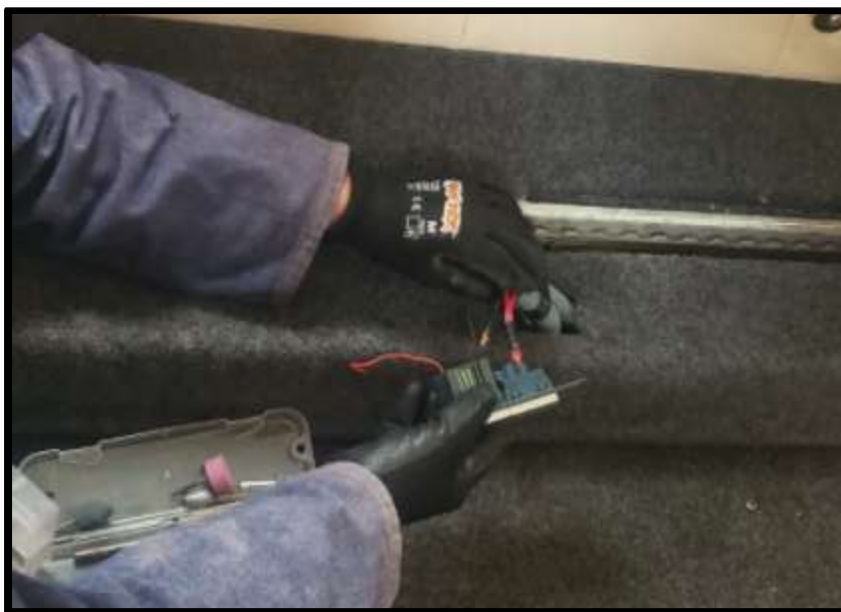
- **Instalación de los tomacorrientes**

Una vez que cada grupo de cableado se ubicó en la zona específica se instaló cada uno de los tomacorrientes colocando el conductor negro en el puerto con la letra N que hace referencia a la línea neutro y el conductor rojo en el puerto con la letra L que hace referencia a línea o también conocida como fase, la conexión de cada uno de los

tomacorrientes se realizó siguiendo un circuito eléctrico en serie, además cada parte del sistema de tomacorrientes estará protegida por elementos de protección disyuntores.

Figura 39. *Instalación de tomacorrientes.*

Instalación de tomacorrientes.



Nota: Hay que realizar la conexión respetando las tomas establecidas para cada tipo de línea sea de fase o neutro.

3.3.5. Instalación del sistema de protección de los tomacorrientes.

Es importante que el circuito cuente con un sistema que lo proteja de daños que pueda sufrir debido a los fallos que puede presentar el circuito como corrientes excesivas o cortocircuitos, por ello se ha instalado un disyuntor para cada grupo de tomacorrientes.

- **Conducción del cableado**

Los extremos de los cables del lado izquierdo como derecho fueron protegidos con cobertores del tipo flexible para evitar que estos se enreden con los demás cables

presentes en la zona del armario por donde fueron conducidos los dos grupos de cables para su posterior conexión, para poder ubicar dichos conductores se realizaron agujeros en la estructura para que estos puedan introducirse con facilidad en el centro de carga y control.

Figura 40.

Conducción del cableado



Nota: Es de suma importancia colocar cobertores en los grupos de cableado para evitar que estos se enreden entre sí o con conductores adyacentes.

- **Conexión del sistema de tomacorrientes al centro de carga monofásico**

Una vez que los extremos de los dos grupos de cableado constituidos por un cable de neutro (conductor negro) y cable de fase (conductor rojo) pertenecientes al sistema de tomacorrientes de cada lado han sido introducidos en el centro de control y carga se realizó la conexión al sistema de protección colocando la línea de fase del lado izquierdo en el receptáculo A correspondiente al primer disyuntor y la línea de fase del lado derecho al receptáculo B correspondiente al segundo disyuntor, así mismo las líneas de neutro se colocaron en los receptáculos identificados con la letra N.

Figura 41.

Instalación de Disyuntores



Nota: Es importante identificar correctamente cuales son los receptáculos para la línea de fase y de neutro.

3.3.6. Instalación de los sistemas de alimentación

El sistema de accesorios de cabina de pasajeros cuenta con dos sistemas de alimentación el primero obtenido la energía entregada por un inversor de 1300W, y la segunda de una conexión directa de 110V que se enchufa directamente al sistema de tomacorrientes.

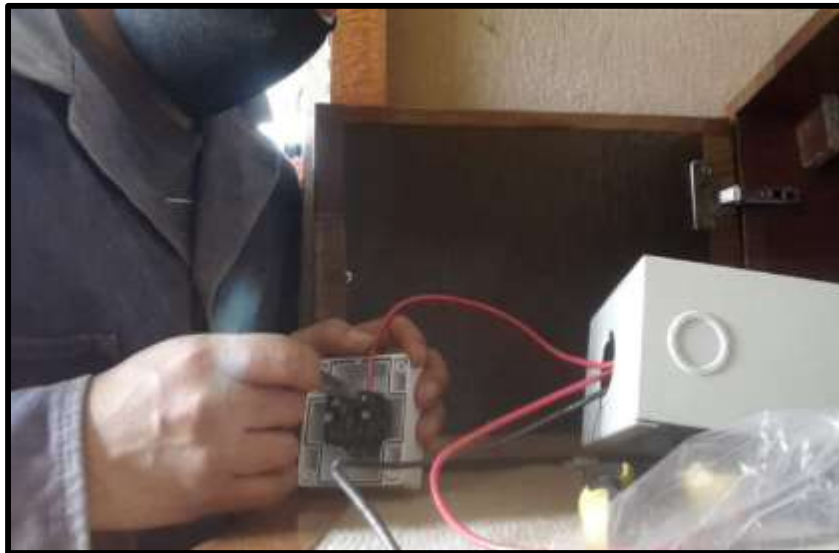
- **Instalación del selector de 3 posiciones**

Debido a la existencia de dos sistemas de alimentación de corriente el uno mediante el inversor eléctrico y el otro mediante alimentación directa 110VAC se instaló un selector de 3 posiciones que permite seleccionar si utilizar la corriente del inversor, la corriente directa de 110V o mantener el sistema de accesorios de cabina apagado.

Para ello se conectan dos cables rojos en las tomas que salen del selector hacia las tomas de entrada de corriente del disyuntor

Figura 42.

Instalación del selector de 3 posiciones



Nota: El selector permite tener un control del encendido del sistema y de la fuente de alimentación que se desea usar..

- **Instalación del sistema de alimentación directa 110V**

Se realizó la instalación de un tomacorriente que permitirá conectarse a un suministro eléctrico directo desde un tomacorriente externo a la aeronave, para ello desde el tomacorriente instalado en la aeronave se conectó un cable rojo que identifica a la línea de fase a una de las tomas de ingreso de corriente del selector y un cable negro a la toma de ingreso de la línea de neutro en el disyuntor. Es importante tomar en cuenta que en un tomacorriente el agujero más pequeño es para la línea de fase y el más grande para la línea de neutro.

Figura 43.

Instalación del tomacorriente



Nota: Es de gran importancia verificar que los conductores estén correctamente sujetos al tomacorriente.

- **Instalación del sistema inversor**

El sistema de inversión permitirá transformar los 24 VDC entregados por la planta externa en 110VAC para el funcionamiento de los tomacorrientes, este sistema de inversión contará con dispositivos de protección de tipo fusibles para evitar que en un fallo el inversor sufra daños.

- **Instalación de los dispositivos de protección**

Se instalaron dos fusibles de 25 A para la protección del sistema, el primer fusible para proteger la línea positiva y el segundo para la línea negativa para ello se colocaron terminales del tipo faston hembra en los extremos del cableado de los fusibles, los extremos de ingreso de corriente estarán conectados al receptáculo de planta externa y los extremos de salida se conectarán directamente a los pines de

ingresar del inversor identificados con color rojo para en pin positivo y color negro para el pin negativo.

Figura 44.

Remachado de terminales



Nota: Los terminales de tipo faston permiten realizar conexiones de manera rápida y asegurando la seguridad de la conexión.

- **Conexión del inversor a los dispositivos de protección**

Para la conexión del sistema inversor se usaron dos terminales redondos remachados en los extremos del conductor que van conectados desde el inversor hacia los dispositivos de protección, mientras que los extremos del conductor que se conectan a los

fusibles cuentan con terminales del tipo faston macho, una vez que los terminales fueron colocados se conectó el cableado en el inversor ubicando el conductor rojo en el pin positivo y el conductor negro en el pin negativo, luego de realizar esto se conectó el inversor al sistema de protección mediante los terminales de tipo faston.

Figura 45.

Conexión de los terminales en el inversor



Nota: Los terminales redondos se ensamblan en los espárragos de entrada de corriente DC del inversor que están identificados con color rojo y negro para la línea positiva y negativa respectivamente.

- **Instalación de inversor**

Una vez que se ha conectado el sistema de protección para el inversor fue necesario conectar el inversor al sistema de tomacorrientes para que este pueda ser usado como fuente de alimentación, para poder entregar los 110VAC el inversor cuenta con dos tomas de tipo tomacorriente, por ello para poder realizar la conexión se debe primero ensamblar un enchufe que pueda conectarse directamente en el inversor.

- **Ensamblaje del enchufe**

El enchufe al igual que el tomacorriente cuenta con tomas específicas para las líneas de fase (contactor más corto) y neutro (contactor más largo) por ello se conectó el conductor rojo en la toma que corresponde a la línea fase y el conductor negro a la toma que corresponde a la fase neutro; luego que se realizó esto el conductor rojo se conectó a la toma restante del selector de posiciones y el conductor negro directamente al receptáculo de la fase neutro que poseen los disyuntores.

Figura 46.

Ensamblaje de enchufe



Nota: Hay que tomar en cuenta que al igual que los tomacorrientes los contactores poseen un punto de conexión específico para la conexión de las líneas.

- **Conexión del enchufe al inversor**

Una vez que el enchufe fue ensamblado se procedió a conectarlo en la toma en forma de toma corriente que posee el inversor que en el momento de conectarse al suministro de planta externa ya podrá suministrar corriente continua.

Figura 47.

Conexión del inversor



Nota: La conexión del inversor al sistema de tomacorrientes puede realizarse desde cualquiera de las dos tomas de salida existentes.

- **Conexión del inversor al receptáculo de planta externa**

Se realizó la conexión del inversor a los pines del receptáculo de planta externa para ello en los extremos que salen desde los dispositivos de protección del sistema de inversión se colocaron terminales para ubicarlos en los espárragos que posee el receptáculo de planta externa, el conductor que lleva la línea de positivo se colocó en el pin del medio y el que lleva la línea del negativo en el pin superior.

Figura 48.

Conexión en el receptáculo de planta externa



Nota: Es de gran importancia identificar correctamente que pin del receptáculo de planta externa pertenece al positivo, al negativo y a tierra.

3.7. Identificación del cableado

Se le asignan códigos a los conductores en base al código de función del circuito que establece una letra para el cableado dependiendo del sistema al que pertenece y la función que cumple en ese sistema.

Figura 49.

Codificación de cableado



Nota: La codificación de los conductores permite su fácil identificación cuando se requiera realizar un mantenimiento o inspección.

3.8. Prueba de funcionamiento

Una vez que el sistema de accesorios de cabina de pasajeros fue correctamente instalado se realizó la prueba de funcionamiento de los tomacorrientes verificando que tanto la toma de tipo tradicional como las tomas USB funcionan correctamente y están completamente operativas, demostrando que el dimensionamiento previo realizado fue el correcto y comprobando que el sistema posee una gran eficiencia y autonomía que garantiza su funcionamiento correcto durante su constante y prolongado, con esto la aeronave escuela Hawker Siddeley está actualizada con un sistema innovador que garantiza que la aeronave se va adaptando a la constante evolución de la aviación y que permite que los estudiantes puedan conocer estos sistemas que están presentes en las grandes aeronaves comerciales más sofisticada de hoy en día.

Figura 50.

Prueba de funcionamiento



Nota: Para verificar que el tomacorriente está operativo hay que observar que el foco de color verde este iluminado.

3.9. Análisis de costos

Para la readecuación del sistema eléctrico mediante inversores para la alimentación del sistema de accesorios de cabina se presentan a continuación los costos primarios y secundarios

3.9.1. Costos Primarios

Los costos primarios tienen relación con las herramientas, materiales y repuestos usados para la realización de la tesis

Tabla 4.

Costos primarios

DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Inversor serie TCI 1600W	1	\$110	\$110
Cable THHN 12 AWG (ROJO)	20	\$0,32	\$6,40
Cable THHN 12 AWG (NEGRO)	20	\$0,34	\$6,80
Enchufe polarizado opuesto	1	\$0,46	\$0,46

DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Tomacorrientes + USB	6	\$7,69	\$46,14
Carcasas de tomacorrientes	6	\$3,50	\$21,00
Manguera corrugada plástica	20	\$0,12	\$2,40
Amarra plástica	1	\$3,23	\$3,23
Taype	1	\$0,80	\$0,80
Centro de carga monofásica	1	\$18,27	\$18,27
Disyuntor enchufable 20 ^a	2	\$4,79	\$9,58
Espiral de cables plásticos grandes	5	\$0,50	\$2,50
Espiral de cables plásticos medianas	3	\$0,40	\$1,20
Caja plástica vacía para 1 comando	1	\$10,13	\$10.13
Selector de 3 posiciones redondo	1	\$11,32	\$11,32
Madera MDF 10 mm	1	\$22,00	\$22,00
Tornillos de rosca rápida Grandes	50	\$0,05	\$2.50
Tornillos de rosca rápida pequeños	50	\$0,04	\$2,00
Bisagras auto bloqueantes	2	\$3,08	\$6,16
Agarradera redonda	1	\$0,80	\$0,80
Broca ½ pulgada	1	\$3,20	\$3,20
Broca 3/16 pulgada	8	\$1.32	\$10,56
Broca ¼ pulgada	4	\$0.66	\$2,64
Discos abrasivos para taladro	5	\$0,53	\$2,65
Bisagras pequeñas	6	\$0,30	\$1,80
Tornillos pequeños para bisagras	50	\$0.02	\$1,00
Porta Fusibles	2	\$3,00	\$6,00
Fusibles 25 ^a	2	\$2,00	\$4,00
Terminales faston	4	\$1,00	\$1,00

DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Terminales redondos pequeños	2	\$0,15	\$0,30
Terminales redondos grandes	2	\$0,28	\$0,56
SUBTOTAL			\$318,40
IVA 12%			\$38,20
TOTAL			\$356,60

Nota: La tabla muestra los valores de los costos primarios de la tesis en la moneda de dólares americanos.

3.9.2. Costos Secundarios

Los costos secundarios tienen relación con la movilización, impresiones de textos relacionados con la tesis y los trámites para el proceso de titulación

Tabla 5.

Costos secundarios

N°	DESCRIPCION	VALOR TOTAL
1	Movilización de Ambato a Latacunga	\$40,00
2	Internet	\$5,00
3	Papelería	\$8,00
4	Impresión del manual del sistema instalado	\$4,00
5	Impresión documentos para titulación	\$4,00
Total		\$61,00

Nota: La tabla muestra los valores de los costos.

3.9.3. Costo total del proyecto de titulación

El valor total de la inversión hecha para la realización del proyecto se encuentra detallado en la siguiente tabla.

Tabla 6.

Costo total

N°	DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL
1	Valor Total Costo Primario	\$356,60
2	Valor Total Costo Secundario	\$61,00
	TOTAL	\$417,60

Nota: La tabla muestra los valores del costo total del proyecto.

Capítulo IV

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1. Conclusiones

- De acuerdo con la información técnica contenida en el manual de la aeronave para poder identificar la localización de la planta externa, el manual de instalación del inversor, la RDAC 43 Apéndice 1 literal g que establece que si la modificación se realiza a componentes esenciales del sistema eléctrico es una modificación mayor y al usar para este proyecto el sistema de alimentación de planta externa e implementar 1 nuevo inversor se considera como una modificación mayor y la Circular de Asesoramiento 43-13-1B que muestra la información necesaria para prácticas eléctricas en aeronaves, se obtuvo los parámetros necesarios para realizar la modificación del sistema eléctrico por inversores para el suministro de los accesorios de cabina.
- La selección de los materiales para realizar la modificación se realizó mediante cálculos de la potencia máxima requerida que debería entregar el inversor, el amperaje máximo que debería resistir el conductor y los dispositivos de protección, tomando en cuenta los escenarios de consumo más elevados que se podrían presentar en una aeronave comercial, para garantizar la eficiencia del sistema durante su uso constante y prolongado se usaron coeficientes de eficiencia de hasta el 90%.
- El sistema de accesorios de cabina de pasajeros ha permitido que la aeronave sea equipada con un sistema innovador para estar a la par de la tecnología de las grandes aeronaves comerciales, y está óptimo para su utilización con cada uno de sus componentes completamente funcionales, para el suministro eléctrico de los dispositivos electrónicos como computadores y celulares.

4.2. Recomendaciones

- Es muy importante que el dimensionamiento y cálculo de los materiales a usar desde el inversor hasta los conductores y dispositivos de protección se realice tomando en cuenta los escenarios de demanda de potencia, corriente y voltaje más altos que podrían presentarse y usando coeficientes de eficiencia que permitan tener rangos de operación elevados para garantizar la eficiencia del sistema durante un uso prolongado y continuo para evitar que esta sufra daños por sobrecarga.
- Se debe tomar en cuenta que para la realización de todo tipo de tarea en aviación únicamente debe usarse información técnica procedente de fuentes de aviación que sean verificables y aplicables que contengan procedimientos y normativas que sean aprobadas por la autoridad aeronáutica como manuales de mantenimiento, directivas de aeronavegabilidad, circulares de asesoramiento, etc.
- Es de gran importancia que el sistema de accesorios de cabina de pasajeros sea utilizado de manera responsable y siguiendo los parámetros establecidos en el manual ya que el uso de dispositivos no aptos para el sistema, que sobrepasen la capacidad podrían causar una pérdida de eficiencia y generar daños al sistema como caídas de tensión y la presencia de sobre corrientes.

Bibliografía

- (FAA), F. A. (8 de Septiembre de 1998). *Advisory Circular 43-13-1B. Acceptable Methods Techniques, and Practices - Aircraft inspection and repair.* Oklahoma, EEUU: U.S Department of Transportation. Recuperado el 10 de Marzo de 2021, de https://www.faa.gov/regulations_policies/advisory_circulars/index.cfm/go/document.information/documentid/99861
- BAe, B. A. (s.f.). *BAe 125 Aircraft Maintenance Manual. Chapter 24 (Electrical Power).* England. Recuperado el 15 de Diciembre de 2020
- Beyondtech, E. (16 de Agosto de 2016). *La importancia del AWG.* Recuperado el 8 de Febrero de 2021, de Beyondtech: <https://beyondtech.us/blogs/beyondtech-en-espanol/la-importancia-del-american-wire-gauge-awg-en-los-cables-ethernet>
- Coelectrix. (21 de Junio de 2017). *Terminales para cables eléctricos.* Recuperado el 16 de Febrero de 2021, de Coelectrix: <https://coelectrix.com/terminales-para-cables-electricos>
- DAC, D. G. (2017). *RDAC 43. Regulaciones Técnicas "Mantenimiento".* Ecuador. Recuperado el 10 de Diciembre de 2020, de <https://www.aviacioncivil.gob.ec/biblioteca/>
- Electric, V. (2020). *Tomacorriente mixto.* Recuperado el 27 de Enero de 2021, de VETO Electric: <https://vetoelectric.com/producto/mixto-1-toma-usb-1-tomacorriente-amer-2pe-2-plura/>
- FAA, F. A. (2018). *Aviation Maintenance Technician Handbook-Airframe (Vol. 1).* Oklahoma: U.S Department of Transportation. Recuperado el 12 de Diciembre de 2020, de https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/
- FAA., F. A. (2018). *Aviation Maintenance Technician Handbook-General (Vol. 1).* Oklahoma: U.S Department of Transportation. Recuperado el 04 de Febrero de 2021, de https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/

- Gago, G. (2016). *Sistema Eléctrico de los aviones*. Valladolid: Universidad de Valladolid. Recuperado el 13 de Febrero de 2021, de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/18103/TFG-P-380.pdf;jsessionid=66A3413BA69D168C2DBAB8274EB309B1?sequence=1>
- IPL, I. P. (23 de Abril de 2015). *Electricidad Residencial*. Recuperado el 23 de Enero de 2021, de Doc Player: <https://docplayer.es/21838745-Tipos-de-tomacorrientes.html>
- Mason, F. K. (1991). *Hawker Aircraft since 1920*. Putnam Aeronautical Books. Recuperado el 30 de Noviembre de 2020
- Méndez, J. (Octubre de 2020). *Circuito eléctrico de tomacorriente*. Recuperado el 23 de Enero de 2021, de Course Hero: <https://www.coursehero.com/file/77195120/PRACTICA-6-tomacorrientes-E1-itugs-Recuperado-autom%C3%A1ticamente/docx/>
- Mid-Continent, I. (17 de Septiembre de 2019). *Cálculo de la carga de su sistema: cómo elegir el inversor de avión adecuado*. Recuperado el 19 de Enero de 2021, de MCI.co: <https://www.mcico.com/resources/electrical/how-to-choose-the-right-aircraft-inverter>
- Perez, D. (05 de MARZO de 2017). *Cómo funciona el sistema de entretenimiento en vuelo de un avión*. Recuperado el 19 de Enero de 2021, de El Español: https://www.elespanol.com/omicrono/tecnologia/20170305/funciona-sistema-entretenimiento-vuelo-avion/198480539_0.html
- Planas, O. (08 de Abril de 2016). *¿Qué es un inversor de corriente?* Recuperado el 12 de Enero de 2021, de Energía Solar: <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/convertidores-corriente>
- Sebastian, E. (01 de Mayo de 2018). *Inversores: Calidad y Dimensionamiento*. Recuperado el 08 de Marzo de 2021, de Eliseo Sebastián Energía Solar: <https://eliseosebastian.com/inversores-calidad-y-dimensionamiento/>
- Tecnología, Á. (s.f.). *Cables eléctricos y tipos*. Recuperado el 26 de Enero de 2021, de Tecnología: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/cables-conductores.html>

Torres, J. (s.f.). *Conductores eléctricos*. Recuperado el 30 de Enero de 2021, de Lifer: <https://www.lifer.com/conductores-electricos/>

Anexos