



“Inspección de 500 horas del sistema eléctrico del helicóptero Gazelle SA 341L con matrícula E-367 de acuerdo con el manual de mantenimiento ATA 24 para la preservación de la aeronave”

Cofre Taco, Patricio Joel

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

Monografía, previa a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Mecánica Aeronáutica

Ing. Inca Yajamín, Gabriel Sebastián

11 de mayo del 2023

Latacunga

Reporte de verificación de contenido.



Document Information

Analyzed document	MONOGRAFIA COFRE TACO PATRICIO JOEL 1.pdf (D166512257)
Submitted	5/10/2023 9:24:00 PM
Submitted by	Juan Carlos Altamirano
Submitter email	jc.altamiranoc@uta.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	jc.altamiranoc.uta@analysis.orkund.com

Sources included in the report

Entire Document

17 Capítulo I: Planteamiento del problema Antecedentes La Aviación del Ejército nació en 1954, mediante el entusiasmo y el espíritu del señor Capitán de Infantería Colón Grijalva Herdoíza, el mismo que inició la gestión necesaria para materializar el apoyo aéreo necesario para cumplir las diferentes misiones. Tres aeronaves monomotor fueron entregadas por distinguidas damas de la aristocracia guayaquileña, quienes las recibieron del exterior como donación para el país. Estas aeronaves, cuyo principal objetivo fue poner en marcha el Programa Alas para la Frontera, emprendieron la unificación de la primera unidad militar de soldados del aire, lealmente recordada como Servicio Aéreo del Ejército (SAE). Progresivamente, se incrementó el personal y los medios en esta área técnica, para lo cual la Aviación del Ejército formó el Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército (CEMAE) que dispone de personal especializado, equipos y bancos de prueba necesarios para llevar a cabo un mantenimiento adecuado, responsable y seguridad de las operaciones aéreas (Ejército Ecuatoriano, 2022). La aeronave Gazelle AS 341L es un helicóptero ligero polivalente de estructura metálica, este helicóptero surgió debido a la creciente tasa de tecnología de helicópteros del día. Este tipo de aeronave Gazelle AS 341L cuenta con diferentes sistemas, los mismos que deben cumplir distintos tipos de mantenimiento, es el caso del sistema eléctrico de la aeronave que cuenta con generación 28.5 V DC, 115 V AC/400 Hz trifásica y 26 V/400 Hz monofásica, y su respectiva distribución. (Pejkić & Vulić, 2014).

18 Planteamiento del problema La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga tiene como objetivo formar estudiantes altamente capacitados en carreras tecnológicas que contribuyan al desarrollo del país y a su vez estén enfocados en el campo laboral de toda la nación. Una de estas carreras es la Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica, que cuenta con la certificación de la Dirección General de Aviación Civil del Ecuador (DGAC) bajo la RDAC 147. Los estudiantes de la carrera se forman en diferentes aeronaves escuela, como la aeronave Fairchild FH-227, Hawker Siddeley HS125 y Cessna 150M, lo que les proporciona una experiencia práctica en el campo de la mecánica aeronáutica. Actualmente, la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica no cuenta con una aeronave de ala rotatoria, lo cual es un inconveniente importante para que los docentes puedan familiarizarse con los sistemas de este tipo de aeronave y así facilitar la instrucción a los estudiantes. Es por esta razón que se han realizado los tramites respectivos para la donación de una aeronave por parte de la Brigada de Aviación Nro. 15 "Paquisha" del Ejército

Ing. Inca Yajamín, Gabriel Sebastián

C.C.: 1722580329



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

Certificación

Certifico que la monografía: **“Inspección de 500 horas del sistema eléctrico del helicóptero Gazelle SA 341L con matrícula E-367 de acuerdo al manual de mantenimiento ATA 24 para la preservación de la aeronave”** fue realizada por el señor **Cofre Taco, Patricio Joel**, la misma que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se la sustente públicamente.

Latacunga, 11 de mayo del 2023

.....

Ing. Inca Yajamín, Gabriel Sebastián

C.C.: 1722580329



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

Responsabilidad de Autoría

Yo, Cofre Taco, Patricio Joel, con cédula de ciudadanía n° 1755430251, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: "Inspección de 500 horas del sistema eléctrico del helicóptero Gazelle SA 341L con matrícula E-367 de acuerdo al manual de mantenimiento ATA 24 para la preservación de la aeronave" es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 11 de mayo del 2023

Cofre Taco, Patricio Joel

C.C.: 1755430251



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

Autorización de Publicación

Yo, **Cofre Taco, Patricio Joel**, con cédula de ciudadanía n° 1755430251, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“Inspección de 500 horas del sistema eléctrico del helicóptero Gazelle SA 341L con matrícula E-367 de acuerdo con el manual de mantenimiento ATA 24 para la preservación de la aeronave”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 11 de mayo del 2023

Cofre Taco, Patricio Joel

C.C.: 1755430251

Dedicatoria

El presente trabajo va dirigido principalmente a Dios, el cual en estos años de estudio universitario ha sido mi fuente de ánimo y sabiduría, por saber iluminar mi camino en casos complejos y permitirme así la finalización de mi carrera que es un sueño cumplido. A mis progenitores, por el apoyo brindado en el transcurso del tiempo y estar a mi lado en toda mi etapa de instrucción, y por ser mi ejemplo a seguir, mi fuente de inspiración. A mi familia, amigos y personas que estimo, que influenciaron en esta etapa de formación personal.

Cofre Taco, Patricio Joel

Agradecimiento

Dios, a ti te doy las gracias por ayudarme a cumplir mis objetivos personales, por darme la capacidad intelectual, física y dones, por colocar a personas que con su experiencia en la carrera han sabido guiarme de buena manera, por los docentes de la carrera especialmente al Ing. Luis Coello por poseer conocimientos sólidos en materia de aviación. A mi familia por sus consejos, por darme esa confianza en mis actividades que me propongo a realizar. A la honorable Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Sede Latacunga, que ha sido una fuente de formación académica y desarrollo de fortalezas en el ámbito de sus valores institucionales. Al Ing. Gabriel Inca, quien ha estado ahí para guiarme en todo momento e instruyéndome en materia del proyecto presente. Finalmente agradezco a todas las personas que intervinieron en mi formación como docentes, instructores militares y a todas las empresas que facilitaron el aprendizaje práctico en mecánica aeronáutica.

Cofre Taco, Patricio Joel

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación	3
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenidos	8
Índice de figuras	10
Índice de tablas	14
Resumen	15
Abstract.....	16
Capítulo I: Planteamiento del problema.....	17
Antecedentes	17
Planteamiento del problema	18
Justificación e importancia	19
Objetivos.....	20
<i>Objetivo general</i>	20
<i>Objetivos específicos</i>	20
Alcance	20
Capítulo II: Marco teórico.....	22
Características de los sistemas eléctricos en aeronaves	22
<i>Norma ISO 1540:2006</i>	22
<i>Sistemas AC en aeronaves</i>	23
<i>Cableado eléctrico en aviación</i>	25
<i>Precauciones con energía eléctrica</i>	27
Sistema eléctrico del helicóptero Gazelle SA 341L.....	29
<i>Información general</i>	29

<i>Generación eléctrica - corriente continua (DC)</i>	31
<i>Generación eléctrica - corriente alterna (AC)</i>	39
Mantenimiento en sistemas eléctricos de aeronaves	43
<i>Inspección y reparación de cableado eléctrico</i>	46
<i>Pruebas de “bonding” en cables eléctricos</i>	48
<i>Pruebas de “isolating” en cables eléctricos</i>	49
Sistema de Interconexión de Cableado Eléctrico (EWIS)	51
<i>Función e instalación</i>	52
<i>Sistemas y funciones</i>	53
Documentación técnica para el helicóptero Gazelle AS 341L.	53
Medidas de seguridad en mantenimiento aeronáutico	57
Capítulo III: Desarrollo del tema	59
Descripción general	59
Adecuación del área de trabajo	60
Inspección preliminar del sistema eléctrico del helicóptero Gazelle AS 341L	61
Inspección de 500 horas del sistema eléctrico.....	62
<i>Inspección de la fuente de alimentación de corriente continua (DC)</i>	69
<i>Inspección de la fuente de alimentación de corriente alterna (AC)</i>	89
Inspección final del sistema eléctrico.....	93
Capítulo IV: Conclusiones y recomendaciones	96
Conclusiones	96
Recomendaciones	98
Glosario	99
Abreviaturas	102
Bibliografía	104
Anexos	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Aplicación de la norma ISO 1540:2006</i>	22
Figura 2 <i>Importancia de la norma ISO 1540:2006</i>	23
Figura 3 <i>Sistemas AC en aeronaves – 400Hz</i>	24
Figura 4 <i>Selección de cableado eléctrico</i>	25
Figura 5 <i>Denominación del cableado eléctrico</i>	27
Figura 6 <i>Precauciones con energía eléctrica</i>	28
Figura 7 <i>Manipulación de cableado eléctrico</i>	28
Figura 8 <i>Sistema eléctrico del helicóptero Gazelle SA 341L</i>	30
Figura 9 <i>Componentes del sistema de generación eléctrica de corriente continua (DC)</i>	32
Figura 10 <i>Diagrama funcional de arranque del generador</i>	35
Figura 11 <i>Diagrama funcional del corte del generador</i>	36
Figura 12 <i>Esquema funcional protección contra sobretensiones</i>	36
Figura 13 <i>Esquema funcional del circuito de la batería</i>	37
Figura 14 <i>Diagrama funcional del sistema del receptáculo de energía de tierra</i>	38
Figura 15 <i>Componentes del sistema de generación eléctrica de corriente alterna (AC)</i>	40
Figura 16 <i>Diagrama esquemático de generación 115 V - 400 Hz AC</i>	42
Figura 17 <i>Diagrama esquemático de generación 26 V - 400 Hz AC</i>	43
Figura 18 <i>Mantenimiento en sistemas eléctricos de aeronaves</i>	44
Figura 19 <i>Limpieza de los componentes eléctricos</i>	45
Figura 20 <i>Inspección visual cableado eléctrico</i>	46
Figura 21 <i>Daños en cables eléctricos</i>	47
Figura 22 <i>Pruebas de “bonding”</i>	48

Figura 23 Pruebas de “isolating”	50
Figura 24 Sistema de Interconexión de Cableado Eléctrico (EWIS)	52
Figura 25 Aplicación de manuales	54
Figura 26 Categorías para la caracterización de manuales Gazelle AS341L.....	55
Figura 27 Manuales y divisiones Gazelle.....	56
Figura 28 Medidas de seguridad en el mantenimiento aeronáutico.....	57
Figura 29 Equipo de protección personal (EPP).....	58
Figura 30 Brigada de aviación Nro. 15 “Paquisha” del Ejército Ecuatoriano	59
Figura 31 Área de trabajo	61
Figura 32 Inspección de los componentes del sistema eléctrico.....	62
Figura 33 Inspección del cableado eléctrico	63
Figura 34 Limpieza del cableado eléctrico	64
Figura 35 Señalización del cableado.....	65
Figura 36 Remachado de los terminales.....	65
Figura 37 Cables reparados	65
Figura 38 Instalación de tubo termo retráctil.....	66
Figura 39 Deterioro de la malla del cableado del sistema SAS.....	66
Figura 40 Desinstalación de conectores	67
Figura 41 Reemplazo de las mallas del cableado	67
Figura 42 Reparación de los conectores.....	68
Figura 43 Diagrama eléctrico del sistema piloto automático	68
Figura 44 Inserción de los conectores.....	69
Figura 45 Colocación de amarras plásticas	69
Figura 46 Estado general del generador - arrancador.....	71

Figura 47 <i>Fijación del generador - arrancador al motor</i>	71
Figura 48 <i>Estado de los cables que ingresan al generador - arrancador</i>	72
Figura 49 <i>Estado general del regulador de voltaje</i>	73
Figura 50 <i>Unidad de regulación del regulador de voltaje</i>	74
Figura 51 <i>Soldadura de un transistor en la unidad de regulación</i>	75
Figura 52 <i>Kit de soldadura</i>	75
Figura 53 <i>Ensamblaje de la unidad de regulación</i>	76
Figura 54 <i>Instalación del regulador de voltaje</i>	76
Figura 55 <i>Acoples de prueba para verificar el voltaje</i>	77
Figura 56 <i>Soldadura de los pines</i>	77
Figura 57 <i>Diagrama eléctrico para el cableado del sistema DC</i>	78
Figura 58 <i>Pruebas funcionales al regulador de voltaje</i>	79
Figura 59 <i>Limpieza la caja de equipos eléctricos</i>	80
Figura 60 <i>Estado general de los fusibles</i>	80
Figura 61 <i>Estado general de los relés</i>	80
Figura 62 <i>Estado de las unidades de protección</i>	84
Figura 63 <i>Ubicación del receptáculo de carga</i>	85
Figura 64 <i>Limpieza del receptáculo de carga</i>	85
Figura 65 <i>Análisis de continuidad mediante un multímetro</i>	86
Figura 66 <i>Diagrama funcional del sistema DC</i>	86
Figura 67 <i>Instalación del receptáculo de carga</i>	87
Figura 68 <i>Instalación de la batería</i>	88
Figura 69 <i>Controles e instrumentos sistema DC</i>	89
Figura 70 <i>Estado general del alternador</i>	90

Figura 71 <i>Fijación del alternador al motor</i>	91
Figura 72 <i>Estado de los cables que ingresan al alternador</i>	91
Figura 73 <i>Estado general del transformador</i>	92
Figura 74 <i>Controles e instrumentos sistema AC</i>	92
Figura 75 <i>Comparación del estado del cableado eléctrico del helicóptero</i>	93
Figura 76 <i>Comparación de la instalación del cableado en la cabina del helicóptero</i>	94
Figura 77 <i>Comparación estado del panel de instrumentos del helicóptero</i>	94
Figura 78 <i>Procedimiento final de la inspección de 500h según MDE, PRE y MTC</i>	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Equipos eléctricos - generación DC</i>	33
Tabla 2 <i>Características del alternador</i>	40
Tabla 3 <i>Equipos eléctricos - generación AC</i>	41
Tabla 4 <i>Características del transformador 115/26 V</i>	42
Tabla 5 <i>Medidas de seguridad en mantenimiento</i>	51
Tabla 6 <i>Cazafallas del regulador de voltaje</i>	74
Tabla 7 <i>Distribución 28V, caja de conexión 11 α 1</i>	81
Tabla 8 <i>Distribución 28V, caja de conexión 11 α 2</i>	82
Tabla 9 <i>Distribución 28V, caja de conexión 11 α 3</i>	83

Resumen

Mediante el presente trabajo de titulación, se detallaron los procedimientos realizados en la inspección de 500 horas del sistema eléctrico del helicóptero Gazelle AS 341L, esto se realizó en referencia a la documentación e información técnica proporcionada por el fabricante de la aeronave y con la ayuda de las herramientas y equipos de apoyo necesarios. El mantenimiento aeronáutico cumple un papel muy importante en el campo de la aviación, ya que es indispensable cumplir con estrictos parámetros que garanticen la seguridad de la aeronave y sus sistemas. A través de la recopilación de información técnica, se interpretó y analizó la misma para llevar a cabo los procedimientos de inspección del sistema eléctrico del helicóptero; luego se procedió a detectar y evaluar el estado de todos los componentes que forman parte del sistema. Posteriormente se realizó el proceso de inspección del sistema en base a los procedimientos indicados en la documentación técnica disponible, y finalmente se verificó el correcto funcionamiento y operación del sistema eléctrico del helicóptero mediante pruebas funcionales y operacionales. Todo lo indicado, se realizó con el fin de mantener en condiciones adecuadas a los diferentes componentes del sistema eléctrico y preservar la aeronave, aumentando la funcionalidad para la utilización por parte de la carrera y la universidad.

Palabras clave: helicóptero Gazelle AS 341L, mantenimiento aeronáutico, inspección de la generación AC y DC.

Abstract

Through this degree work, the procedures carried out in the 500-hour inspection of the electrical system of the Gazelle AS 341L helicopter were detailed, this was done in reference to the documentation and technical information provided by the aircraft manufacturer and with the help of the necessary tools and support equipment. Aeronautical maintenance plays a very important role in the field of aviation, since it is essential to comply with strict parameters that guarantee the safety of the aircraft and its systems. Through the collection of technical information, it was interpreted and analyzed to carry out the inspection procedures of the electrical system of the helicopter; then we proceeded to detect and evaluate the status of all the components that are part of the system. Subsequently, the system inspection process was carried out based on the procedures indicated in the available technical documentation, and finally the correct functioning and operation of the helicopter's electrical system was verified through functional and operational tests. Everything indicated was done in order to keep the different components of the electrical system in adequate conditions and preserve the aircraft, increasing functionality for use by the career and the university.

Key words: Gazelle AS 341L helicopter, aeronautical maintenance, inspection of AC and DC generation.

Capítulo I

Planteamiento del problema

Antecedentes

La Aviación del Ejército nació en 1954, mediante el entusiasmo y el espíritu del señor Capitán de Infantería Colón Grijalva Herdoíza, el mismo que inició la gestión necesaria para materializar el apoyo aéreo necesario para cumplir las diferentes misiones. Tres aeronaves monomotor fueron entregadas por distinguidas damas de la aristocracia guayaquileña, quienes las recibieron del exterior como donación para el país. Estas aeronaves, cuyo principal objetivo fue poner en marcha el Programa Alas para la Frontera, emprendieron la unificación de la primera unidad militar de soldados del aire, lealmente recordada como Servicio Aéreo del Ejército (SAE). Progresivamente, se incrementó el personal y los medios en esta área técnica, para lo cual la Aviación del Ejército formó el Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército (CEMAE) que dispone de personal especializado, equipos y bancos de prueba necesarios para llevar a cabo un mantenimiento adecuado, responsable y seguridad de las operaciones aéreas (Ejército Ecuatoriano, 2022).

La aeronave Gazelle AS 341L es un helicóptero ligero polivalente de estructura metálica, este helicóptero surgió debido a la creciente tasa de tecnología de helicópteros del día. Este tipo de aeronave Gazelle AS 341L cuenta con diferentes sistemas, los mismos que deben cumplir distintos tipos de mantenimiento, es el caso del sistema eléctrico de la aeronave que cuenta con generación 28.5 V DC, 115 V AC/400 Hz trifásica y 26 V/400 Hz monofásica, y su respectiva distribución. (Pejkić & Vulić, 2014).

Planteamiento del problema

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga tiene como objetivo formar estudiantes altamente capacitados en carreras tecnológicas que contribuyan al desarrollo del país y a su vez estén enfocados en el campo laboral de toda la nación. Una de estas carreras es la Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica, que cuenta con la certificación de la Dirección General de Aviación Civil del Ecuador (DGAC) bajo la RDAC 147. Los estudiantes de la carrera se forman en diferentes aeronaves escuela, como la aeronave Fairchild FH-227, Hawker Siddeley HS125 y Cessna 150M, lo que les proporciona una experiencia práctica en el campo de la mecánica aeronáutica.

Actualmente, la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica no cuenta con una aeronave de ala rotatoria, lo cual es un inconveniente importante para que los docentes puedan familiarizarse con los sistemas de este tipo de aeronave y así facilitar la instrucción a los estudiantes. Es por esta razón que se han realizado los tramites respectivos para la donación de una aeronave por parte de la Brigada de Aviación Nro. 15 "Paquisha" del Ejército Ecuatoriano. Sin embargo, antes de poder trasladar esta aeronave, fue necesario realizar un trabajo de reacondicionamiento y mejora de su estado de aeronavegabilidad, especialmente en el sistema eléctrico, debido al deterioro que ha sufrido.

El sistema eléctrico en una aeronave es crucial para el correcto funcionamiento de sus componentes. Por esta razón, se debe realizar una inspección de 500 horas a la aeronave Gazelle AS 341L, que se encuentra deteriorada debido al tiempo de operación que ha tenido. Es importante preservar la aeronave para que sus sistemas queden operativos y así garantizar su seguridad. La inspección permitirá detectar posibles fallas en el sistema eléctrico y corregirlas a tiempo para evitar incidentes en el futuro.

Justificación e importancia

El helicóptero Gazelle AS 341L fue dado de baja de la flota de la Brigada de Aviación Nro. 15 "Paquisha" del Ejército Ecuatoriano y donado a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE con el objetivo de que sirva como material didáctico en la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica. La aeronave de ala rotatoria será utilizada para la instrucción del personal involucrado en la carrera, permitiéndoles familiarizarse con los sistemas de este tipo de aeronave y así mejorar su formación; la donación de la aeronave es una muestra del compromiso que tiene el Ejército Ecuatoriano con la educación y el desarrollo tecnológico del país.

El helicóptero Gazelle AS 341L permitirá instruir a los estudiantes de niveles inferiores y superiores, así como a los docentes que requieran familiarizarse con los diferentes sistemas. La incorporación de esta aeronave de ala rotatoria a la carrera también permitirá aumentar su parque aeronáutico y mejorar su infraestructura, lo que contribuirá a que la carrera se mantenga como un centro de instrucción de primera; además cumplir con los estatutos y reglamentos estipulados en las Regulaciones de Aviación Civil (Parte 147) como Centro de Instrucción de Aeronáutica Civil para formación de Mecánicos de Mantenimiento (CIAC), lo que garantiza la calidad y el prestigio de la formación que se ofrece en la carrera.

El proyecto de puesta en servicio del helicóptero Gazelle AS 341L es factible, ya que se cuenta con las herramientas, equipos y documentación técnica necesaria para realizar las diferentes tareas de mantenimiento a la aeronave. Además, la Brigada de Aviación Nro. 15 "Paquisha" del Ejército Ecuatoriano brindará la instrucción necesaria para que se realice una inspección detallada del sistema eléctrico del helicóptero, lo que garantizará que los componentes de la aeronave funcionen correctamente y se encuentren en óptimas condiciones

para su posterior traslado a las instalaciones de la universidad. Con estas medidas se asegura el cumplimiento de los estándares de seguridad y calidad en el mantenimiento de la aeronave.

Objetivos

Objetivo general

- Realizar la inspección de 500 horas del sistema eléctrico del helicóptero Gazelle SA 341L con matrícula E-367, de acuerdo al manual de mantenimiento ATA 24 para la preservación de la aeronave.

Objetivos específicos

- Recopilar información técnica, y analizar la misma para llevar a cabo los procedimientos de inspección del sistema eléctrico del helicóptero Gazelle AS 341L.
- Detectar y evaluar el estado de los componentes del sistema eléctrico del helicóptero Gazelle AS 341L, previo a la inspección del mismo.
- Detallar los procedimientos de inspección del sistema eléctrico del helicóptero Gazelle AS 341L, en base a la documentación técnica proporcionada por el fabricante.
- Verificar el correcto funcionamiento y operación del sistema eléctrico del helicóptero Gazelle AS 341L, mediante pruebas funcionales y operacionales.

Alcance

En este proyecto se llevará a cabo una inspección de 500 horas del sistema eléctrico del helicóptero Gazelle AS 341L, utilizando la documentación técnica pertinente y las herramientas y equipos proporcionados por la Brigada de Aviación Nro. 15 "Paquisha" del Ejército Ecuatoriano. El objetivo principal es garantizar que los componentes del sistema eléctrico funcionen adecuadamente y se mantengan en buen estado para su uso como material

didáctico en la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Es importante destacar que esta inspección se realizará en base a los estándares y normas de seguridad requeridos para el mantenimiento de aeronaves.

Capítulo II

Marco teórico.

Características de los sistemas eléctricos en aeronaves

Norma ISO 1540:2006

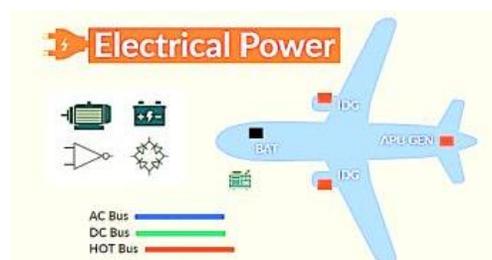
La norma ISO 1540:2006, "Características de los sistemas eléctricos de las aeronaves", es una norma internacional que establece los requisitos y recomendaciones para los sistemas eléctricos de las aeronaves. Esta norma describe las características generales de los sistemas eléctricos, incluyendo los sistemas de energía eléctrica, los sistemas de control y los sistemas de comunicación (Gago Burón, 2016).

Aplicación.

La norma ISO 1540:2006 se aplica a todo tipo de aeronaves, incluyendo aviones, helicópteros y vehículos aéreos no tripulados (UAV). Los requisitos de la norma se aplican a todos los sistemas eléctricos a bordo de la aeronave, desde los sistemas de iluminación y entretenimiento hasta los sistemas críticos de seguridad, como los sistemas de navegación y los sistemas de control de vuelo (L. Chen et al., 2022).

Figura 1

Aplicación de la norma ISO 1540:2006



Nota. Tomado de (An Easy Way to Understand Aircraft Electrical System - AviationHunt, n.d.)

Importancia. La norma ISO 1540:2006 es importante porque establece los requisitos mínimos para garantizar la seguridad y fiabilidad de los sistemas eléctricos de las aeronaves. Los sistemas eléctricos son fundamentales para el correcto funcionamiento y la seguridad de los vuelos, y cualquier falla en estos sistemas podría tener consecuencias graves. La norma ayuda a garantizar que los sistemas eléctricos cumplan con los estándares necesarios para garantizar la seguridad y la fiabilidad de las aeronaves. Además, la norma también puede ser útil para los diseñadores y fabricantes de aeronaves, ya que proporciona pautas para el diseño de sistemas eléctricos seguros y confiables (Liu et al., 2021).

Figura 2

Importancia de la norma ISO 1540:2006



Nota. Tomado de (Aurora to Support Hybrid Electric Flight Demonstration Program - Aurora Flight Sciences, n.d.)

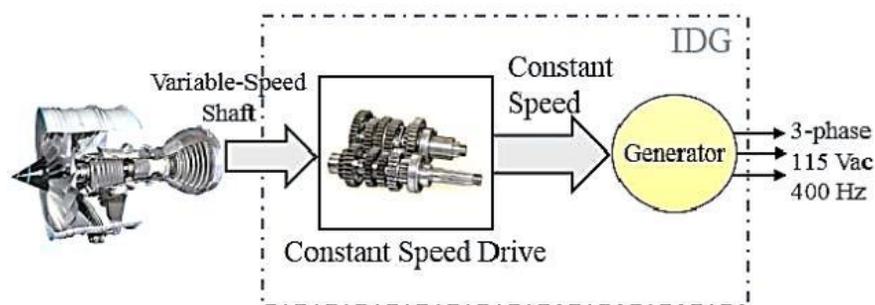
Sistemas AC en aeronaves

Los sistemas de Corriente Alterna (AC) en aeronaves se utilizan para suministrar energía eléctrica a una amplia variedad de sistemas y equipos a bordo, incluyendo motores eléctricos, sistemas de calefacción y aire acondicionado, iluminación, sistemas de entretenimiento, sistemas de control de vuelo y sistemas de comunicaciones (Naayagi, 2013).

En las aeronaves modernas, la frecuencia de la corriente alterna utilizada para alimentar estos sistemas es típicamente de 400 Hz en lugar de los 50-60 Hz utilizados en la red eléctrica doméstica. La razón principal de esta elección es la relación directa entre la frecuencia y el tamaño de los transformadores y otros componentes eléctricos (Emadi & Ehsani, 2000).

Figura 3

Sistemas AC en aeronaves – 400Hz



Nota. Tomado de (Madonna et al., 2018a)

La frecuencia de la corriente alterna se refiere al número de ciclos completos que se producen por segundo. A medida que la frecuencia aumenta, el tamaño de los transformadores y otros componentes eléctricos necesarios para manipular la energía eléctrica también disminuye. Esto es especialmente importante en las aeronaves, donde el espacio y el peso son factores críticos y se busca reducir el tamaño y peso de los equipos eléctricos para mejorar la eficiencia y reducir el consumo de combustible (SUN et al., 2020).

Además, el uso de una frecuencia más alta como 400 Hz también ayuda a reducir la interferencia electromagnética en los sistemas electrónicos, lo que puede ser especialmente importante en aeronaves modernas donde la cantidad de equipos electrónicos a bordo es cada vez mayor.

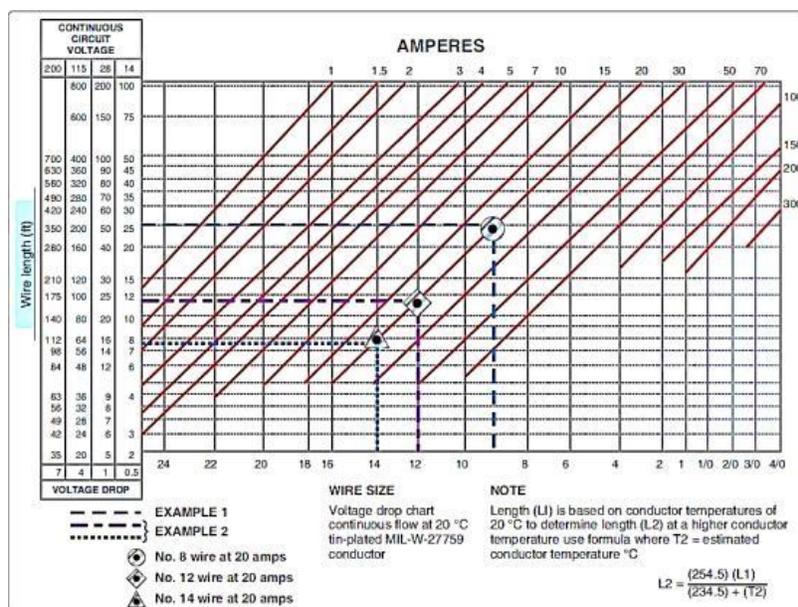
Cableado eléctrico en aviación

El cableado eléctrico utilizado en aviación es una parte crítica del sistema eléctrico de la aeronave, ya que es responsable de transmitir la energía eléctrica a los diferentes componentes del avión. El cableado eléctrico debe ser robusto, confiable y seguro, ya que cualquier falla o mal funcionamiento puede tener consecuencias graves en la seguridad de la aeronave (Barzkar & Ghassemi, 2020).

Selección. La selección del cableado eléctrico en aviación es un proceso crítico que involucra la elección de los materiales y la configuración del cableado para garantizar su adecuación para la aplicación específica y para cumplir con las normas y estándares aplicables. Algunos de los factores importantes que se deben considerar en la selección del cableado eléctrico se detallan a continuación.

Figura 4

Selección de cableado eléctrico



Nota. Tomado de (FAA, 2018).

Requisitos de carga eléctrica. Se debe elegir un cable que pueda manejar la cantidad de corriente eléctrica requerida por los sistemas y equipos de la aeronave.

Temperatura. Los cables deben ser capaces de funcionar en el rango de temperaturas requerido por la aplicación, que puede incluir temperaturas extremas en altitudes elevadas y temperaturas extremas en condiciones de tierra.

Ambiente. Los cables deben ser capaces de soportar las condiciones ambientales, como la humedad, la corrosión y la vibración, a las que estarán expuestos durante su uso.

Durabilidad. Los cables deben ser lo suficientemente duraderos para resistir el desgaste y la fatiga mecánica que pueden resultar del movimiento y la flexión durante el uso.

Normas y regulaciones: los cables utilizados en aviación deben cumplir con las normas y regulaciones aplicables, como las establecidas por la FAA y la norma MIL-DTL-27500.

Denominación. La denominación del cableado eléctrico en aviación es importante para identificar de manera clara y precisa cada cable y asegurar que se estén utilizando los cables correctos en cada aplicación. Los cables utilizados en aviación suelen ser identificados mediante un código de colores y una designación alfanumérica. Algunos de los aspectos más importantes de la denominación del cableado se indican a continuación.

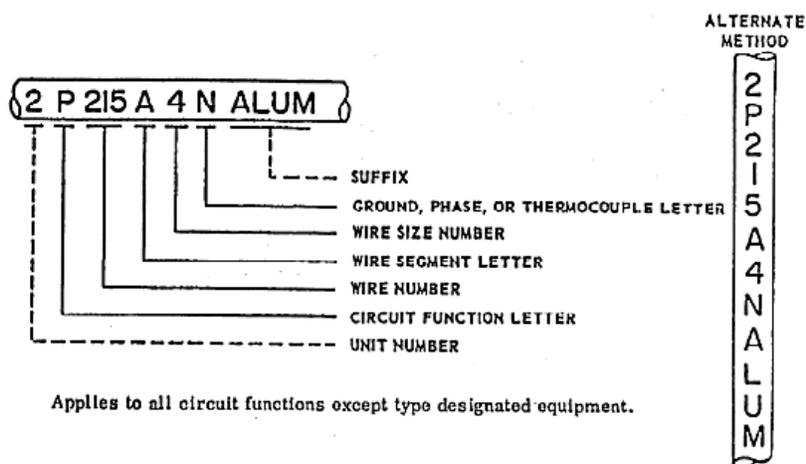
Código de colores. Los cables suelen ser identificados por un código de colores que indica su función y la cantidad de hilos en el cable.

Designación alfanumérica. Los cables también pueden ser identificados por una designación alfanumérica que incluye información sobre el tipo de aislamiento, la construcción y otros detalles técnicos.

Etiquetado. Es importante etiquetar los cables eléctricos para facilitar la identificación y el mantenimiento en el futuro.

Figura 5

Denominación del cableado eléctrico



Nota. Tomado de (FAA, 2018).

Precauciones con energía eléctrica

La energía eléctrica es una fuente vital de energía en las aeronaves modernas, ya que alimenta una gran cantidad de sistemas y equipos, desde la iluminación y la ventilación hasta los sistemas de aviónica y de control de vuelo. Sin embargo, la energía eléctrica también puede ser peligrosa si no se maneja adecuadamente. En este sentido, existen diversas precauciones que deben ser consideradas para garantizar la seguridad en el manejo de la energía eléctrica en una aeronave (Π. et al., 2020).

Una de las principales precauciones con la energía eléctrica en una aeronave es garantizar que se cumplan las normas y procedimientos de seguridad establecidos por el fabricante del avión y los organismos reguladores de la industria aeronáutica. Esto incluye seguir las instrucciones específicas para el manejo de la energía eléctrica en la aeronave, que pueden variar según el modelo y la configuración del avión. Otra precaución importante es asegurarse de que todos los equipos y sistemas eléctricos de la aeronave estén

adecuadamente protegidos contra sobrecargas, cortocircuitos y otros fallos eléctricos. Esto implica la instalación de dispositivos de protección, como fusibles y disyuntores, que actúan como interruptores automáticos para evitar daños en los sistemas eléctricos y minimizar los riesgos para la seguridad (Tompkins, 2004).

Figura 6

Precauciones con energía eléctrica

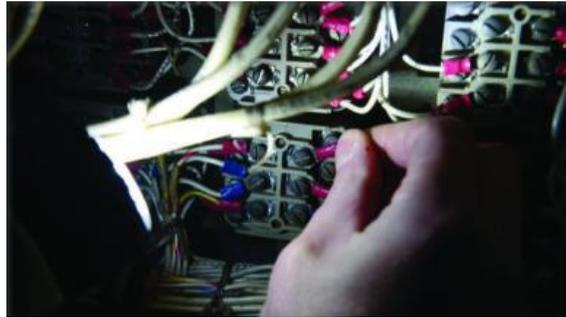


Nota. Tomado de (*Electrical System Design*, n.d.)

Además, es importante que todo el personal involucrado en el manejo y mantenimiento de la aeronave esté debidamente capacitado y entrenado en el manejo de la energía eléctrica y las precauciones de seguridad relacionadas. Esto incluye conocimientos sobre las normas y regulaciones de seguridad eléctrica aplicables, los procedimientos de prueba y diagnóstico, y la identificación de los riesgos eléctricos y las medidas de prevención adecuadas. También es fundamental prestar atención a las señales y advertencias que indican el estado del sistema eléctrico de la aeronave, como luces de advertencia y alarmas sonoras. Estas señales pueden indicar problemas o fallas en el sistema eléctrico, y es importante tomar las medidas necesarias para solucionarlos antes de continuar el vuelo (Y. Chen & Hwang, 2008).

Figura 7

Manipulación de cableado eléctrico



Nota. Tomado de (Electrical Systems - Aviation Safety, n.d.)

En cuanto a las medidas específicas de precaución en el manejo de la energía eléctrica en la aeronave, es importante tener cuidado al manipular los cables y conectores eléctricos, ya que pueden estar energizados y presentar un riesgo de electrocución. Además, se debe tener precaución al trabajar cerca de equipos y sistemas eléctricos, y evitar tocar partes conductivas sin la protección adecuada.

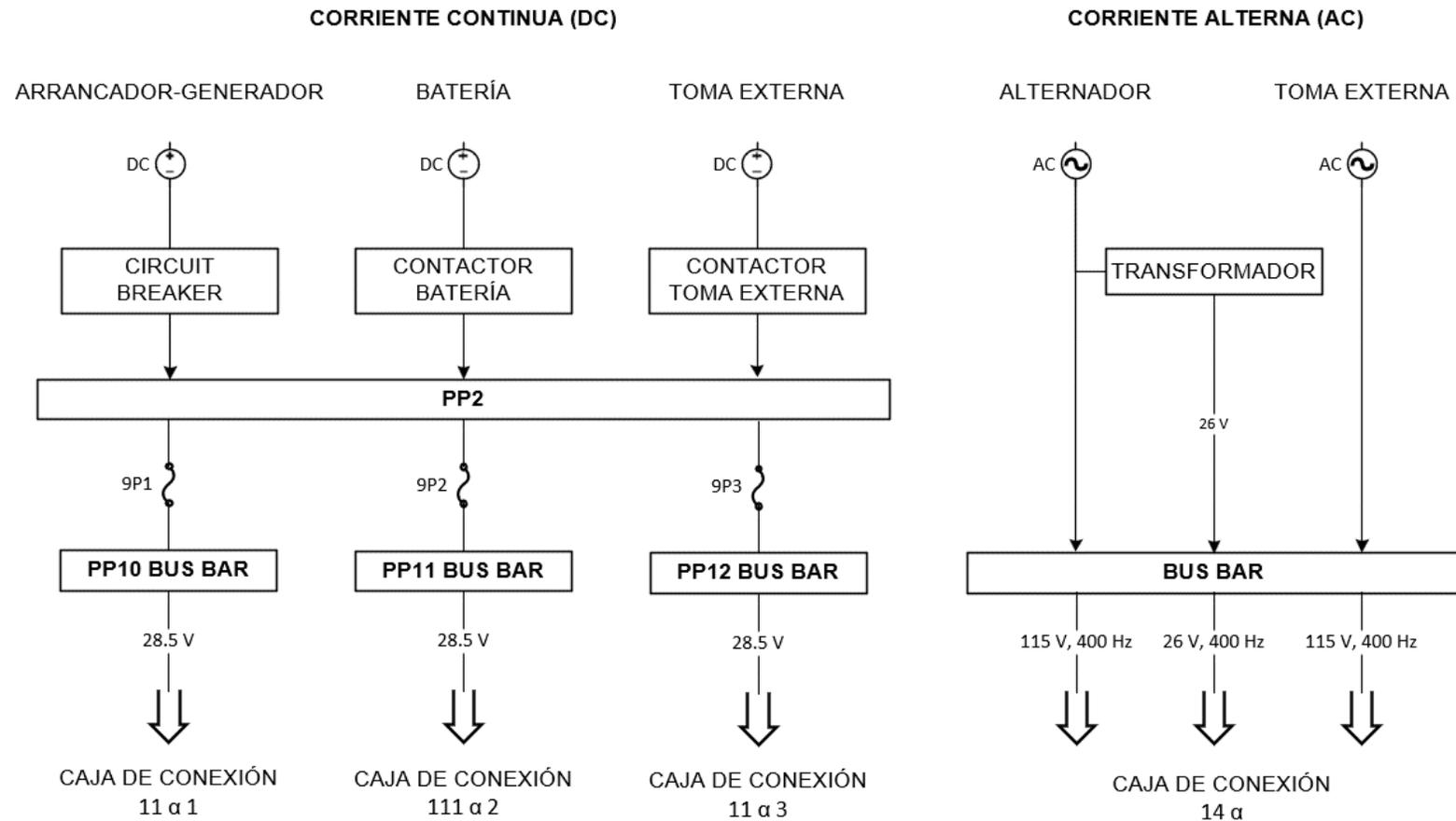
Sistema eléctrico del helicóptero Gazelle SA 341L

Información general

El sistema eléctrico del helicóptero es crucial para suministrar energía eléctrica a los equipos de a bordo durante el vuelo o en tierra. La complejidad del sistema eléctrico varía según el diseño y la operación del helicóptero. Este sistema está compuesto por varios subsistemas o conjuntos fundamentales que son esenciales para el correcto funcionamiento de la aeronave (Oñate A., 2019). Estos subsistemas incluyen la generación de energía eléctrica AC y DC, distribución, conversión, almacenamiento, suministro de energía eléctrica en tierra y un subsistema de emergencia en caso de ser necesario (ver Figura 8).

Figura 8

Sistema eléctrico del helicóptero Gazelle SA 341L



Nota. La figura muestra de manera general el diagrama simplificado del sistema eléctrico del helicóptero Gazelle SA 341L.

Generación eléctrica - corriente continua (DC)

El helicóptero está diseñado para aportar con 28.5 Voltios DC en el sistema eléctrico y el cual los provee el arrancador-generador, la batería o por medio de la planta externa, la corriente se distribuye a los varios circuitos desde los fusibles instalados sobre las barras de distribución. Como se observa en la Tabla 1, el sistema de generación consiste principalmente de un arrancador - generador (1) accionado por el motor y un regulador de voltaje electrónico (3). Se tiene además un relé de corriente inversa diferencial (20) para el acoplamiento del generador, una batería (24) la cual permite el arranque de emergencia independiente y finalmente se tiene una toma de tierra (10) que consta de un receptáculo para alimentar la aeronave a la red de distribución y garantizar el arranque del motor desde una unidad de potencia auxiliar (APU). La batería y el receptáculo de alimentación a tierra están conectados a la barra colectora por contactores de 200 Amperios (Airbus Helicopters, 1988).

Circuito del generador. El generador (1) se conduce a velocidad constante por el motor, el regulador de voltaje electrónico (3) asociado con el generador está encerrado en una caja equipada con un conector, y el relé de corriente inversa (20) está incluido en una caja rectangular instalada en la caja de equipos eléctricos. El relé de corriente inversa asegura el acoplamiento del generador a la barra colectora, proporcionando automáticamente diferentes indicaciones cuando el circuito esta energizado según el diagrama indicado en la Figura 10. La conexión se produce cuando la tensión del generador es de 0.5 ± 0.15 V superior a la tensión de la barra colectora. Luego una corriente ("GEN" - "BAT") fluye a través de la bobina del relé polarizado, que cierra sus contactos, permitiendo que la bobina de contacto sea suministrada. Cabe recalcar que, a la velocidad de ralentí del motor, el generador no puede producir energía y no está conectado (Airbus Helicopters, 1988).

Tabla 1*Equipos eléctricos - generación DC*

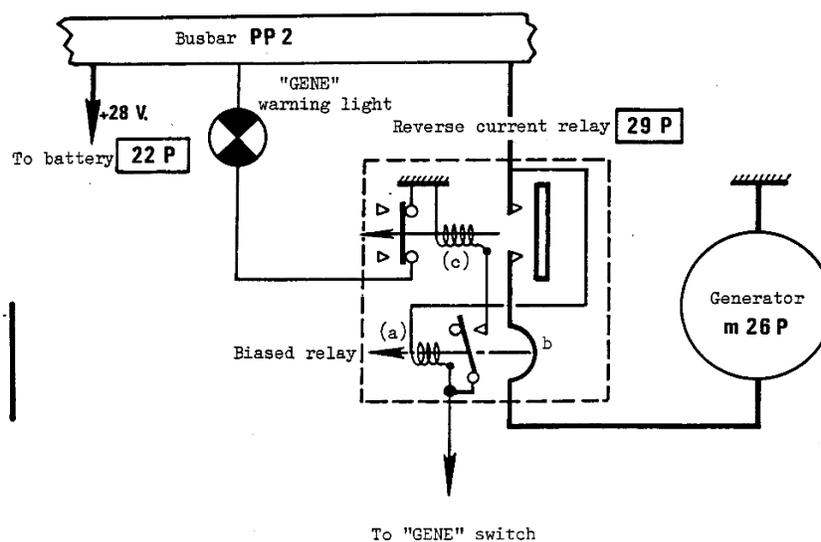
Equipos generación DC			
Id.	Componente	Id. eléctrico	Ubicación
1	Arrancador - generador	m26P	Motor
2	Supresor de ruido	27P	Estructura, pared LH
3	Regulador de voltaje	28P	Estructura, pared LH
4	Caja de equipos eléctricos	1 α	Debajo reposapiés pasajero LH
5	Fusible de 80 Amp.	9P1	
6	Fusible de 80 Amp.	9P2	
7	Fusible de 80 Amp.	9P3	
8	Barra colectora	PP2	
9	Contactador de batería	25P	
10	Contactador del receptáculo de carga	24P	
11	Contactador de arranque	22K	
12	Fusible de 2.5 Amp.	2L3	
13	Fusible de 10 Amp.	4P1	
14	Fusible de 2.5 Amp.	2P1	
15	Fusible de 2.5 Amp.	2P2	
16	Fusible de 2.5 Amp.	2P4	
17	Fusible de 2.5 Amp.	2P3	
18	Relé auxiliar receptáculo de carga	31P	

<u>id.</u>	Componente	Id. eléctrico	Ubicación
19	Fusible de 2.5 Amp.	2P5	
20	Relé de corriente inversa	29P	
21	Receptáculo de carga	23P	Lado LH, área de la puerta
22	Caja distribuidora	11 α 1	Lado LH, control pedestal
23	Caja distribuidora	11 α 2	Lado RH, control pedestal
24	Batería	22P	En el centro, control pedestal
25	Pulsador "REARM-GEN" (RESET-GEN)	32P	Panel de instrumentos
26	Interruptor "GENE" (GEN)	30P	Panel de instrumentos
27	Interruptor "PARC-BAT" (BATT)	33P	Panel de instrumentos
28	Voltímetro	21P	Panel de instrumentos
29	Luz de advertencia "BAT" (BATT)	38P	Parte superior panel instrumentos
30	Luz de advertencia "GENE" (GEN)		Panel de advertencia de fallas
31	Fusible de 10 Amp.	4K2	Debajo del piso de la cabina RH
32	Caja de distribución y fusibles de repuesto	11 α 3	En la pared del pasajero, RH
33	Selector "VOLT-AMP"	37P	Panel de instrumentos
34	Derivación voltamperímetro	39P	Caja de equipo eléctrico
36	Luz de advertencia "BAT. TEMP."		Panel de advertencia de falla

Nota. Localización componentes sistema DC (MDE 24-11-00 pág. 3). Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

Figura 11

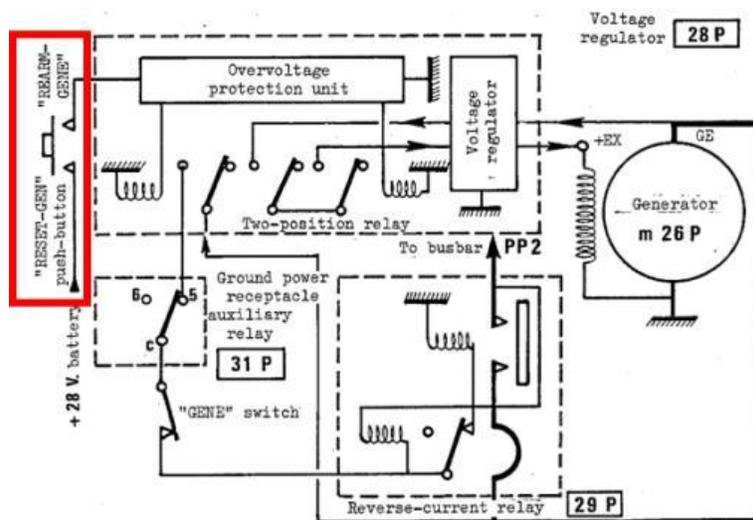
Diagrama funcional del corte del generador



Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

Figura 12

Esquema funcional protección contra sobretensiones

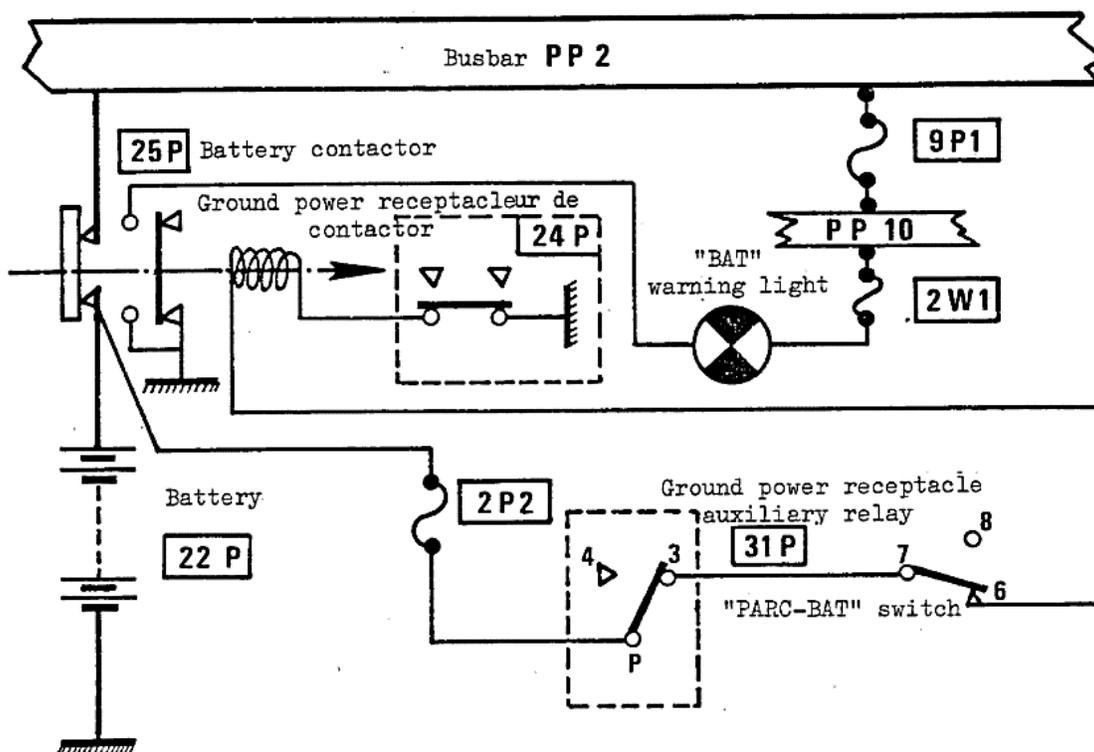


Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

Circuito de la batería. La batería consta de 20 celdas de Cadmio-Níquel, conectadas en serie que suministran un voltaje nominal de 24 Voltios. La batería está acoplada a la red de la aeronave por el contacto de batería controlado por el interruptor "PARC-BAT" como se observa en la Figura 13, el sistema de control de este contacto está conectado a la terminal positiva por una posición de "reposo" del relé auxiliar del receptáculo de energía de tierra. La puesta a tierra se proporciona mediante una posición de reposo del contacto del receptáculo de alimentación de tierra; esta doble seguridad hace posible el corte automático de la batería cuando se suministra el receptáculo de energía de tierra (Airbus Helicopters, 2021).

Figura 13

Esquema funcional del circuito de la batería

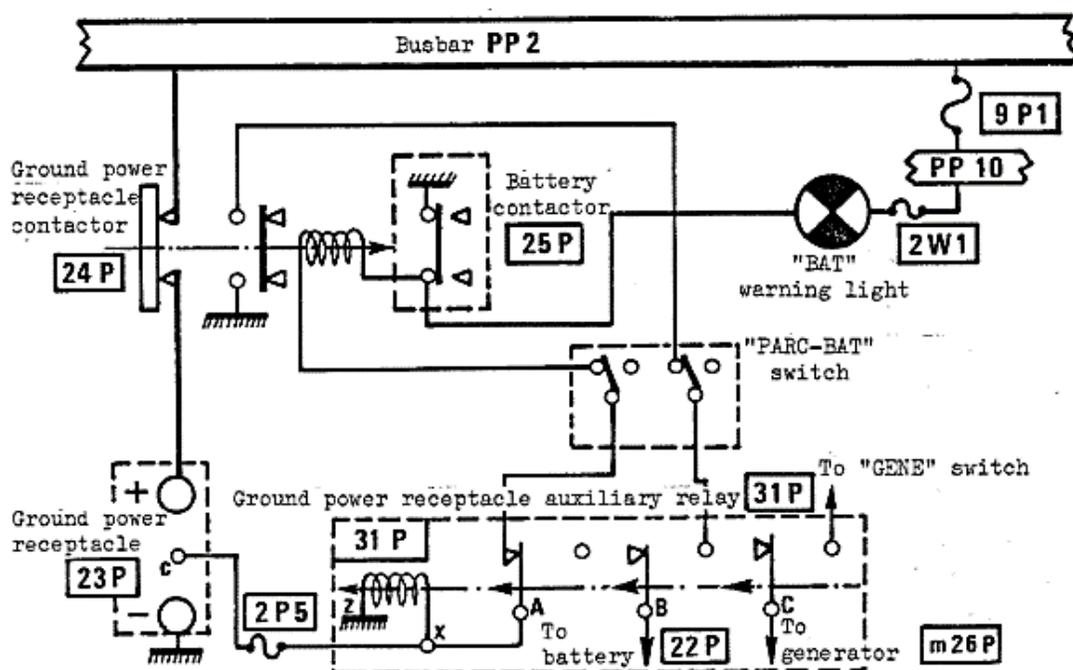


Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

Sistema del receptáculo de energía de tierra. El contacto del receptáculo de energía de tierra conecta el receptáculo de energía de tierra a la red de la aeronave. Este contactor es controlado por el interruptor "PARC-BAT". Su posición cerrada se puede obtener cuando el relé auxiliar del receptáculo de energía de tierra se establece en la posición normalmente cerrada, o cuando el contacto de la batería (tierra) se establece en la posición normalmente abierta (Airbus Helicopters, 2021).

Figura 14

Diagrama funcional del sistema del receptáculo de energía de tierra



Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

Controles e instrumentos. Los controles e instrumentos del sistema de generación se agrupan en el panel de instrumentos. En base a lo indicado en la Figura 6, se tiene: un voltímetro de 0-35 voltios (28) conectado a la distribución barra colectora, un interruptor

"GENE" (GEN) (26) que acciona el sistema de control del relé de corriente inversa (20) y luces de advertencia para diferentes condiciones que pueden presentarse en el sistema (Airbus Helicopters, 1988).

Generación eléctrica - corriente alterna (AC)

El helicóptero está equipado con un sistema de generación AC compuesto por dos redes: una red de 115 V - 400 Hz trifásico AC alimentada por un alternador y una red de 26 V - 400 Hz monofásico AC alimentada desde una fase del sistema de generación trifásico a través de un transformador 115/26V. Los voltajes se entregan a los diversos circuitos desde fusibles agrupados en la caja de distribución. Como se observa en la Tabla 3, el sistema de generación consiste principalmente de un alternador (1), un transformador (2), un relé de 26 V (3) y una caja de distribución y fusibles (4) (Airbus Helicopters, 1988).

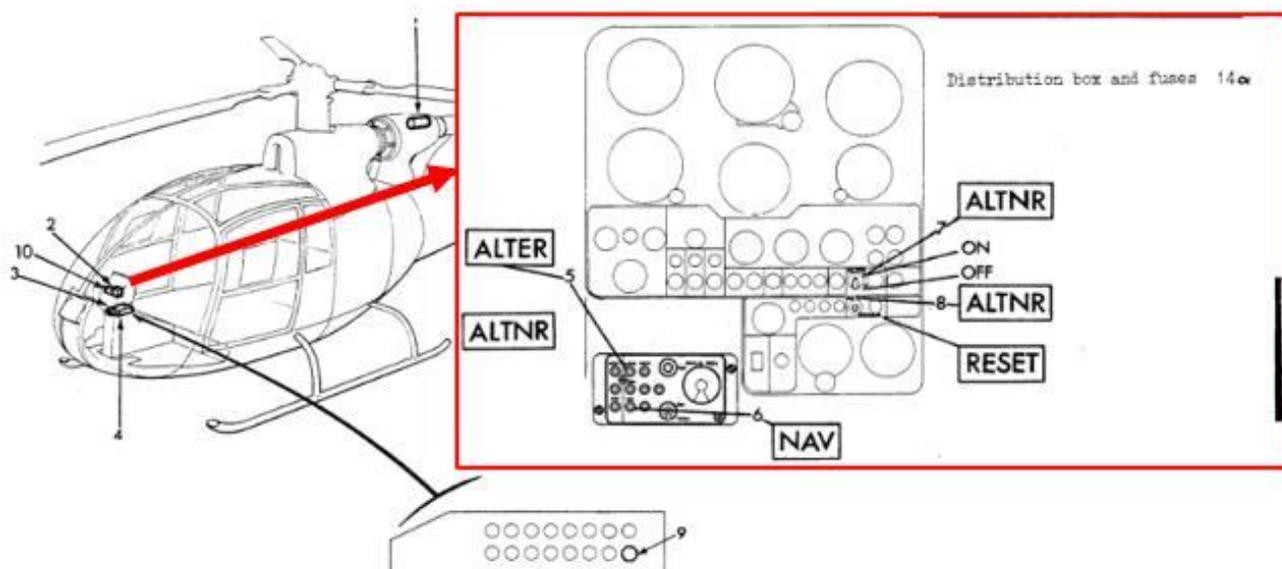
En el panel de control se tiene un interruptor "ALTER" (ALTNR) que controla el arranque del alternador, además se tiene una luz de advertencia que muestra el corte del alternador como se detalla en la Figura 15 y Tabla 3. También se tiene un botón "REARM ALTER" (RESET ALTNR) para restablecer el dispositivo de protección si el corte se debe a una falla transitoria; también se tiene una luz de advertencia "NAV" alimentada a través de un relé de detección y que muestra cualquier mal funcionamiento del transformador (Airbus Helicopters, 2021).

Generación 115 V - 400 Hz AC. El alternador está instalado en una brida de accionamiento del motor ubicada en la carcasa de transmisión de accesorios, en la parte delantera del motor, es del tipo de imán permanente (ver Tabla 2). En la Figura 16 se puede observar el diagrama esquemático de la generación 115 V - 400 Hz AC.

Tabla 2*Características del alternador*

Características generales	
Alternador	4 polos, trifásica 400 Hz
Velocidad de conducción	12000 rpm
Sobre velocidad admisible	20 % por encima de la velocidad nominal, 2 min
Frecuencia de corte/encendido	380 Hz + 5 Hz con 100 ms de tiempo de demora
Protección contra cortocircuito	Umbral 95 V \pm 1 V

Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

Figura 15*Componentes del sistema de generación eléctrica de corriente alterna (AC)*

Nota. La figura muestra la localización de los componentes del sistema de generación eléctrica de corriente alterna (AC) del helicóptero Gazelle SA 341L. Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

Tabla 3*Equipos eléctricos - generación AC*

Equipos generación AC			
Id.	Componente	Id. eléctrico	Ubicación
1	Alternador	m26X	Motor (carcasa MGB)
2	Transformador	23X	Soporte de tablero de instrumentos
3	Relé de 26 V	22X	Caja de distribución
4	Caja de distribución y fusibles	14 α	Sección delantera del pedestal
5	Luz de advertencia (ALTNR)		Panel de advertencia de fallas
6	Luz de advertencia "NAV"		Panel de advertencia de fallas
7	Interruptor (ALTNR)	24X	Panel de instrumentos
8	Pulsador (RESET ALTNR)	25X	Panel de instrumentos
9	Fusible 1 Amp.	1X1	LH caja 14 α
10	Condensador supresor de interferencias	27X	RH transformador 23X

Nota. Localización componentes sistema DC (MDE 24-21-00 pág. 3-4). Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

Generación 26 V - 400 Hz AC. Se tiene un transformador 115/26 V, montado en el soporte del tablero de instrumentos. El transformador reduce el voltaje de entrada a 26 V y alimenta a la caja de distribución y el circuito de detección de voltaje. El circuito de detección rectifica el voltaje del transformador y energiza el relé, si el voltaje rectificado es demasiado bajo para energizar el relé, se tiene una indicación de fallo del transformador o alternador, la luz

de advertencia "NAV" se enciende, lo que indica un funcionamiento defectuoso. En la Figura 17 se puede observar el diagrama esquemático de la generación 26 V - 400 Hz AC.

Tabla 4

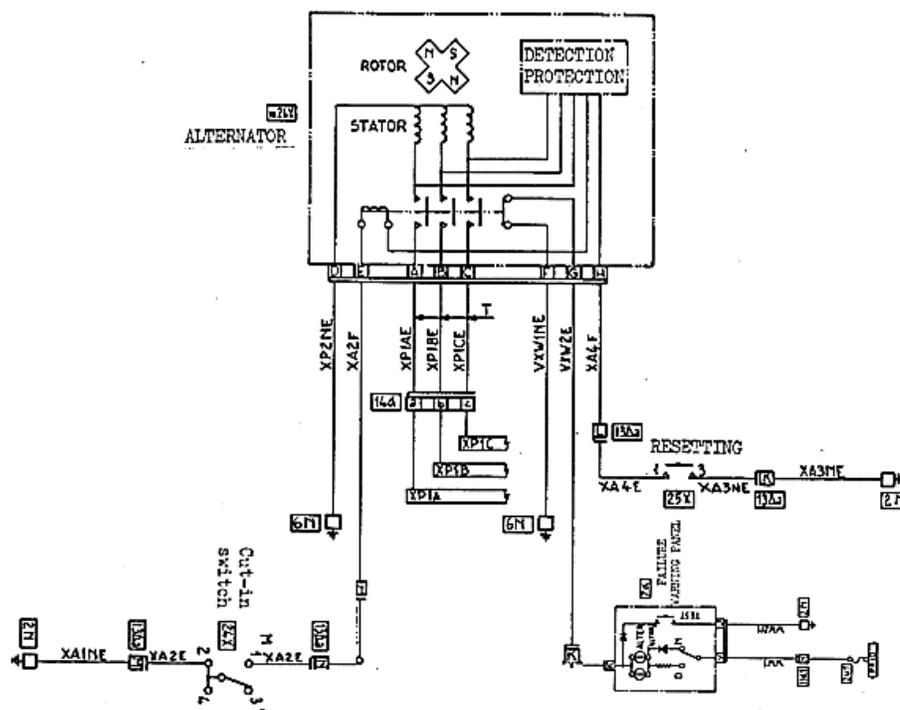
Características del transformador 115/26 V

Características generales	
Voltaje de entrada	115 V \pm 5 %
Voltaje de salida	26 V - 400 Hz
Potencia	63 VA

Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

Figura 16

Diagrama esquemático de generación 115 V - 400 Hz AC

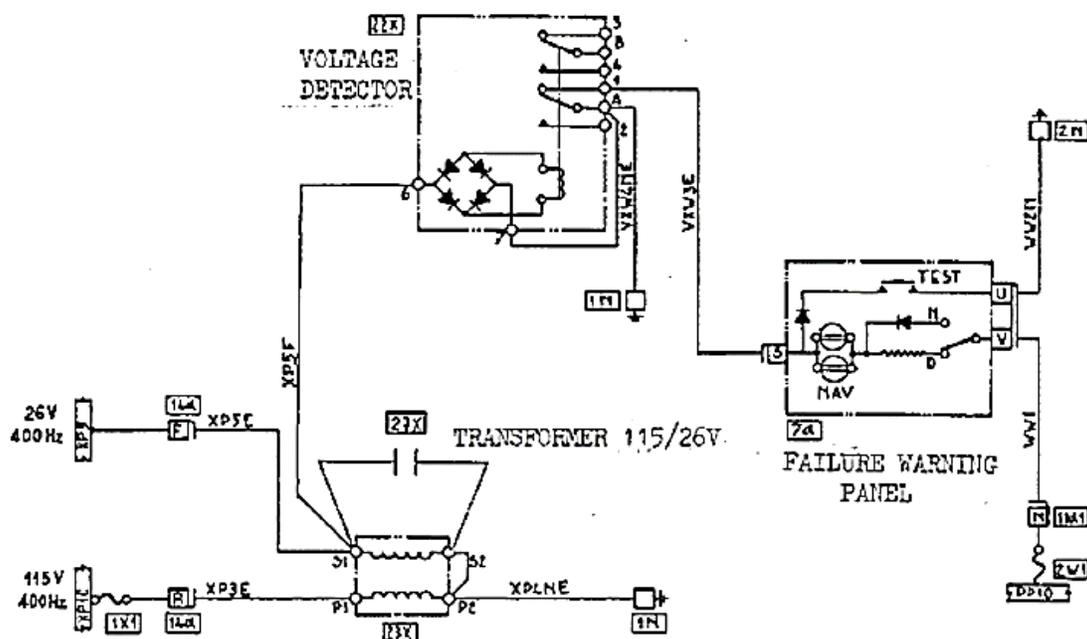


Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

Controles e instrumentos. Los controles e instrumentos del sistema de generación se agrupan en el panel de instrumentos. En base a lo indicado en la Figura 16, se tiene: un switch "ALTER" (ALTNR) (7) para encender el alternador, un pulsador "REARM ALTER" (RESET ALTNR) (8) para resetear el alternador en casos de cortocircuito, también se tiene un indicador de corte del alternador "ALTER" (ALTNR) (5) y un indicador "NAV" (6) cuando el transformador no entregar potencia (Airbus Helicopters, 1988).

Figura 17

Diagrama esquemático de generación 26 V - 400 Hz AC



Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

Mantenimiento en sistemas eléctricos de aeronaves

La seguridad es la máxima prioridad en el mantenimiento de los sistemas eléctricos de las aeronaves. Es esencial que estos sistemas estén siempre en perfecto estado de funcionamiento para garantizar la seguridad. El mantenimiento de los sistemas eléctricos debe

llevarse a cabo con el máximo cuidado y atención, y debe ser realizado por personal capacitado y certificado (Cao et al., 2009b).

El mantenimiento de los sistemas eléctricos de las aeronaves comienza con una inspección visual detallada de los componentes. Esta inspección visual debe llevarse a cabo antes de cada vuelo y también en intervalos regulares de mantenimiento. Se debe buscar cualquier signo de desgaste, daño o corrosión en los componentes eléctricos. Además, se deben realizar pruebas de continuidad en los circuitos eléctricos para asegurarse de que no haya interrupciones en los cables, conectores y terminales. Estas pruebas pueden realizarse utilizando un multímetro, un analizador de redes o un equipo especializado. Mas adelante se detallan dos pruebas que necesitan ser realizadas (Gago Burón, 2016).

Figura 18

Mantenimiento en sistemas eléctricos de aeronaves



Nota. Tomado de (*Types of Aircraft Maintenance - Aviation A2Z*, n.d.)

Las baterías son un componente crítico del sistema eléctrico de una aeronave y requieren un mantenimiento cuidadoso. Las baterías deben inspeccionarse visualmente y someterse a pruebas de capacidad para asegurarse de que están en buen estado de funcionamiento. También se debe realizar un mantenimiento regular para evitar la corrosión y la

sulfatación de las baterías. Se debe prestar especial atención a los sistemas de baterías de respaldo, que son fundamentales para la seguridad en caso de una falla en el sistema eléctrico principal.

Los componentes eléctricos de las aeronaves pueden desgastarse con el tiempo y deben reemplazarse en intervalos regulares. Los componentes comunes que deben reemplazarse incluyen conectores, terminales, relés, interruptores, fusibles y transformadores. Es importante que los componentes de reemplazo sean de alta calidad y estén diseñados para funcionar en las condiciones extremas que se encuentran en el entorno de una aeronave.

Es esencial lubricar y limpiar los componentes eléctricos de la aeronave para mantener su funcionamiento suave y evitar la acumulación de suciedad y contaminantes. La limpieza se realiza con soluciones y productos específicos que no dañen los componentes. Además, se debe prestar atención a la exposición de los componentes a la humedad, la corrosión y la radiación. La humedad puede afectar la resistencia de los componentes eléctricos, mientras que la corrosión puede dañar los contactos y conexiones (Gago Burón, 2016).

Figura 19

Limpieza de los componentes eléctricos



Nota. Tomado de (Mantenimiento Eléctrico Seguro y Eficaz Con Limpiadores de Contacto En Aerosol | Techspray - Mexico, n.d.)

Por último, las aeronaves modernas están equipadas con sistemas eléctricos cada vez más complejos que requieren actualizaciones de software regulares para mantenerse al día con las últimas tecnologías y para garantizar su seguridad y fiabilidad. Estas actualizaciones de software pueden realizarse en tierra o en vuelo y deben ser realizadas por personal capacitado y certificado.

Inspección y reparación de cableado eléctrico

El cableado eléctrico es un componente crítico en los sistemas eléctricos de las aeronaves y requiere una inspección y reparación cuidadosa y regular para garantizar su correcto funcionamiento. La inspección del cableado eléctrico se realiza visualmente y también mediante pruebas eléctricas, para detectar cualquier desgaste, daño o corrosión que pueda afectar el rendimiento del sistema eléctrico. Durante la inspección visual del cableado eléctrico, se debe buscar cualquier signo de daño, incluyendo cortes, raspaduras, deformaciones, roturas o deformaciones. También se debe prestar atención a la presencia de corrosión y en el cableado. Estos signos pueden indicar la necesidad de reparaciones o reemplazos del cableado (Teal & Larsen, 2002).

Figura 20

Inspección visual cableado eléctrico

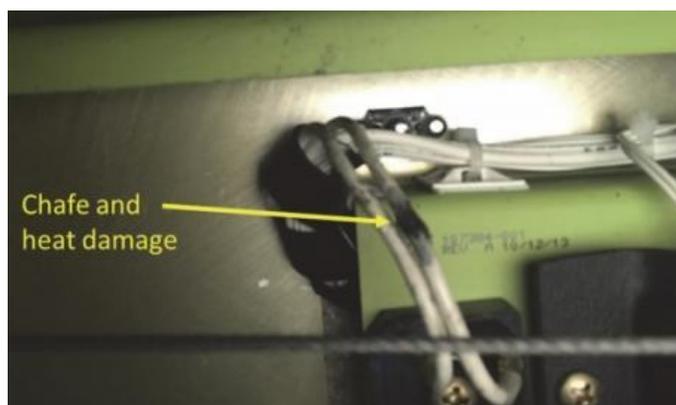


Nota. Tomado de (Aircraft Wire Inspection? Time Tested Guidelines | Lectromec, n.d.)

Además de la inspección visual, se deben realizar pruebas eléctricas para verificar la integridad del cableado eléctrico. Estas pruebas pueden incluir la medición de la resistencia eléctrica, la continuidad y la impedancia del cableado. Los resultados de estas pruebas deben compararse con los valores de referencia del fabricante para determinar si el cableado eléctrico está en buenas condiciones o si se requieren reparaciones o reemplazos.

Figura 21

Daños en cables eléctricos



Nota. Tomado de (*Year of Manufacture: 2013 (Serial No: 3449485), 2019*)

Si se detecta algún daño o desgaste en el cableado durante la inspección, se deben tomar medidas para repararlo o reemplazarlo. Las reparaciones del cableado pueden incluir el reemplazo de conectores, terminales y aislamiento. También se pueden reparar cables rotos o dañados mediante la instalación de parches o reemplazo de secciones dañadas. Sin embargo, si el daño es más extenso, es posible que sea necesario reemplazar el cableado completo. En este caso, se debe asegurar que el nuevo cableado sea de alta calidad y esté diseñado para funcionar en las condiciones extremas del entorno aeronáutico. Además, se deben seguir las instrucciones del fabricante para la instalación y conexión del nuevo cableado eléctrico.

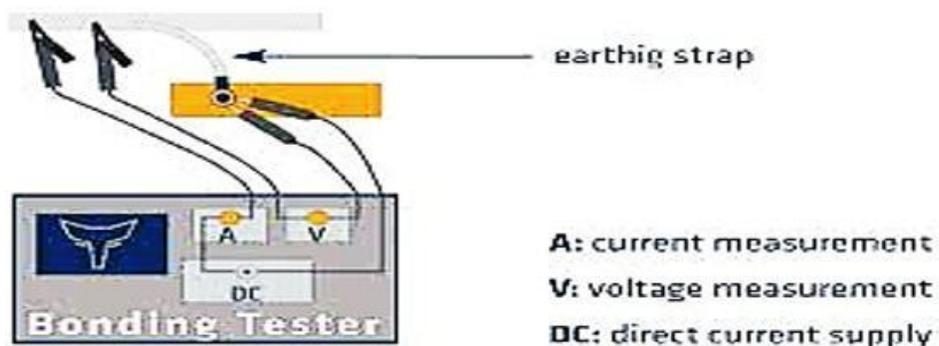
Es importante mencionar que el proceso de reparación del cableado eléctrico debe llevarse a cabo siguiendo los procedimientos y las normas de seguridad establecidos. El personal encargado de realizar estas tareas debe estar capacitado y certificado para trabajar con cableado eléctrico y conocer los protocolos de seguridad, como el uso de equipo de protección personal y la manipulación adecuada de herramientas y materiales.

Pruebas de “bonding” en cables eléctricos

La prueba de bonding es un procedimiento importante que se realiza en el cableado eléctrico de las aeronaves. Se refiere al proceso de conectar eléctricamente dos o más componentes de un sistema para asegurar la continuidad eléctrica y la protección contra descargas eléctricas. En las aeronaves, se realiza para garantizar que todas las partes metálicas del avión estén conectadas eléctricamente para formar una jaula de Faraday y reducir el riesgo de descargas eléctricas. La prueba se realiza utilizando un medidor de resistencia de tierra o un ohmímetro, consiste en conectar un extremo del medidor a una parte metálica del avión y el otro extremo a otra parte metálica del avión (Cao et al., 2009b).

Figura 22

Pruebas de “bonding”



Nota. Tomado de (Petrýdes et al., 2017)

El medidor de resistencia de tierra mide la resistencia eléctrica entre las dos partes metálicas conectadas y proporciona un valor de resistencia en ohmios. El valor de resistencia medido debe estar dentro de un rango específico, que varía según el fabricante de la aeronave y las regulaciones aplicables. Si el valor de resistencia está fuera del rango, es necesario realizar reparaciones en la conexión eléctrica. Es importante mencionar que la prueba de bonding se debe realizar regularmente para garantizar la seguridad y la confiabilidad del sistema eléctrico de la aeronave. Las frecuencias de prueba pueden variar según el tipo de aeronave y la regulación aplicable. En general, se recomienda que se realice la prueba de bonding durante el mantenimiento programado de la aeronave, así como después de cualquier reparación o modificación del cableado eléctrico (D. Chen et al., 2012).

Pruebas de “isolating” en cables eléctricos

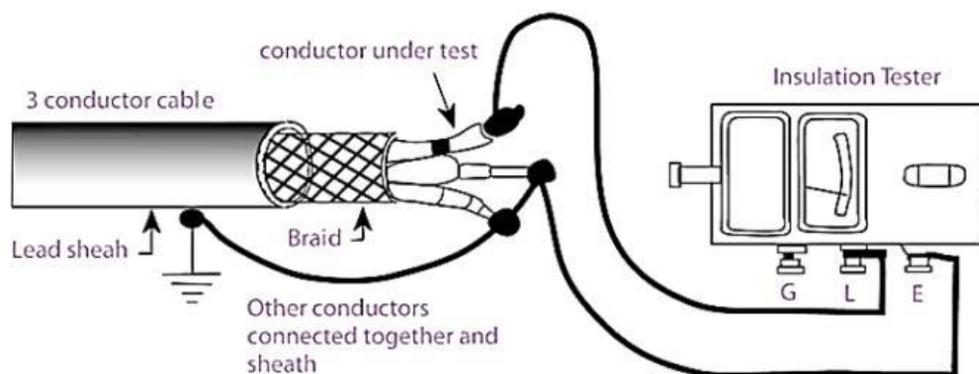
La prueba de aislamiento se realiza para comprobar la integridad de los cables eléctricos y garantizar que no haya cortocircuitos entre los conductores. El objetivo de esta prueba es asegurar que el aislamiento de los cables sea efectivo y que no existan pérdidas eléctricas que puedan poner en peligro la seguridad de la aeronave. La prueba se realiza utilizando un dispositivo llamado megóhmetro o megger, que aplica una tensión continua al cableado eléctrico y mide la resistencia eléctrica del aislamiento. El megóhmetro aplica una tensión muy alta, que puede variar entre 500 y 1000 voltios, dependiendo del tipo de aeronave y del fabricante (Cao et al., 2009b).

La prueba de aislamiento se realiza con el sistema eléctrico de la aeronave desconectado y aislado de cualquier fuente de energía externa. Los extremos del megóhmetro se conectan al cableado eléctrico y se aplica una tensión continua durante un tiempo determinado.

El tiempo de aplicación de la tensión depende de la longitud del cableado y del tipo de aeronave. Durante la prueba, el megóhmetro mide la resistencia eléctrica del aislamiento y proporciona un valor en megohmios (MΩ). El valor de resistencia medido debe estar dentro de un rango específico, que varía según el fabricante de la aeronave y las regulaciones aplicables. Si el valor de resistencia está fuera del rango, es necesario realizar reparaciones en el cableado eléctrico (Madonna et al., 2018b).

Figura 23

Pruebas de "isolating"



Nota. Tomado de (*Insulation Resistance Test | Carelabz.Com, n.d.*)

Es importante mencionar que la prueba de aislamiento se debe realizar regularmente para garantizar la seguridad y la confiabilidad del sistema eléctrico de la aeronave. Las frecuencias de prueba pueden variar según el tipo de aeronave y la regulación aplicable. En general, se recomienda que se realice la prueba de aislamiento durante el mantenimiento programado de la aeronave, así como después de cualquier reparación o modificación del cableado eléctrico.

Tabla 5*Medidas de seguridad en mantenimiento.*

	Bonding	Isolating
Diferencias	<ul style="list-style-type: none"> • Continuidad eléctrica al cableado 	<ul style="list-style-type: none"> • Prueba de cortocircuito entre conductores
	<ul style="list-style-type: none"> • Protección contra descargas eléctricas 	<ul style="list-style-type: none"> • Mide la resistencia del aislamiento.
	<ul style="list-style-type: none"> • Medidor de resistencias o un ohmímetro 	<ul style="list-style-type: none"> • Medidor megger o megóhmetro.

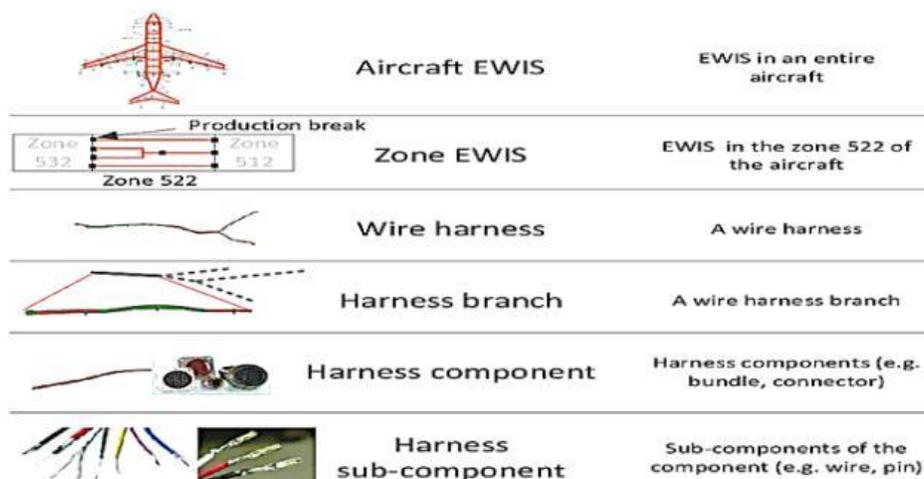
Nota. Tomado de (Cao et al., 2009a)**Sistema de Interconexión de Cableado Eléctrico (EWIS)**

El sistema de interconexión de cableado eléctrico es un conjunto de cables y conectores que permiten la transmisión de energía eléctrica y señales entre los diferentes sistemas eléctricos de una aeronave. El EWIS incluye los cables eléctricos, conectores, terminales y otros componentes necesarios para garantizar la funcionalidad y seguridad del sistema eléctrico de la aeronave (Tomasella et al., 2019).

El EWIS es un componente crítico del sistema eléctrico de una aeronave, ya que los fallos en los cables eléctricos pueden afectar la seguridad y el rendimiento de la aeronave. El EWIS se utiliza para alimentar los diferentes sistemas eléctricos de la aeronave, como el sistema de iluminación, el sistema de navegación, el sistema de comunicación, el sistema de control y otros sistemas eléctricos críticos (Plytus & Плитус, 2021).

Figura 24

Sistema de Interconexión de Cableado Eléctrico (EWIS)



Nota. Tomado de (Zhu, n.d.)

Función e instalación

El EWIS (Sistema de Interconexión de Cableado Eléctrico) es un sistema de cables eléctricos que se extiende por toda la aeronave para proporcionar energía y controlar los sistemas electrónicos. Cada componente de EWIS debe ser de una clase y diseño apropiados a su función prevista, instalarse de acuerdo con las limitaciones especificadas y llevar a cabo su función sin degradar la aeronavegabilidad del avión. Además, deben diseñarse e instalarse para minimizar las deformaciones mecánicas y el riesgo de daño del hilo, incluyendo cualquier fenómeno de seguimiento del arco (Low, 2015).

Los cables de potencia principales, incluyendo los cables del generador, deben diseñarse e instalarse en el fuselaje para permitir un grado razonable de deformación y estiramiento sin fallos. Además, los componentes de EWIS ubicados en áreas de acumulación de humedad conocidas deben protegerse para minimizar cualquier efecto peligroso debido a la

humedad. En resumen, la función e instalación de EWIS se deben llevar a cabo siguiendo ciertos criterios de diseño y seguridad para garantizar su correcto funcionamiento y evitar fallos que puedan poner en peligro la aeronavegabilidad del avión (Traskos, 2017).

Sistemas y funciones

Este sistema se asocia con otros sistemas requeridos para la certificación de tipo o por las reglas de operación, y debe considerarse una parte integral de ellos. Los componentes de EWIS asociados con estos sistemas se deben considerar para demostrar el cumplimiento de los requisitos aplicables. Entre los sistemas a los que se aplican estas reglas, se encuentran la vista del compartimiento piloto, la prevención del encendido del tanque de combustible, los sistemas de encendido de motores, la capacidad y distribución de la fuente de energía, el sistema de protección contra rayos, los instrumentos que utilizan una fuente de alimentación, el sistema de distribución, las precauciones contra lesiones y el envío eléctrico para situaciones de emergencia (Traskos, 2017).

En resumen, el EWIS es un sistema de cables eléctricos que se relaciona con otros sistemas de la aeronave y se considera una parte integral de ellos. Los componentes de EWIS asociados con estos sistemas se deben considerar para demostrar el cumplimiento de los requisitos aplicables, y esto incluye sistemas como la prevención del encendido del tanque de combustible, los sistemas de encendido de motores y el sistema de distribución, entre otros (Low, 2015).

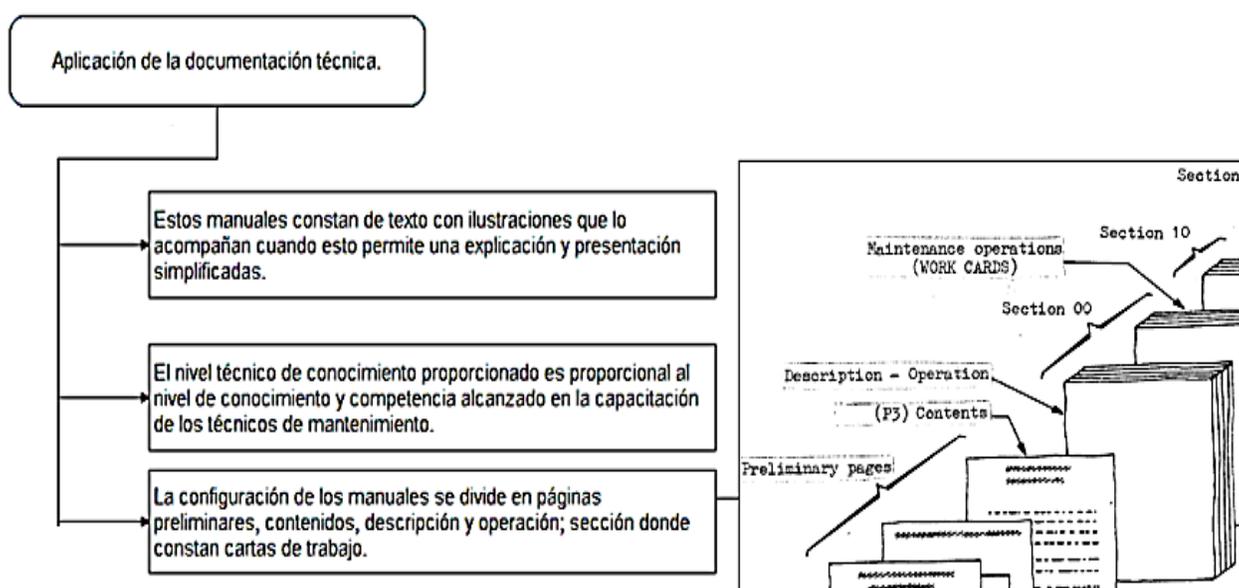
Documentación técnica para el helicóptero Gazelle AS 341L.

Estos documentos contienen un conjunto de procedimientos verificados por el fabricante y aprobados por el organismo de control correspondiente. Su propósito es permitir el control del

uso y operación de la aeronave, capacitar y actualizar los conocimientos de los técnicos de mantenimiento, guiar a los técnicos en todas las tareas, transmitir información precisa como seguridad, mal funcionamiento, debilidades y modificaciones, y facilitar la identificación de los componentes.

Figura 25

Aplicación de manuales



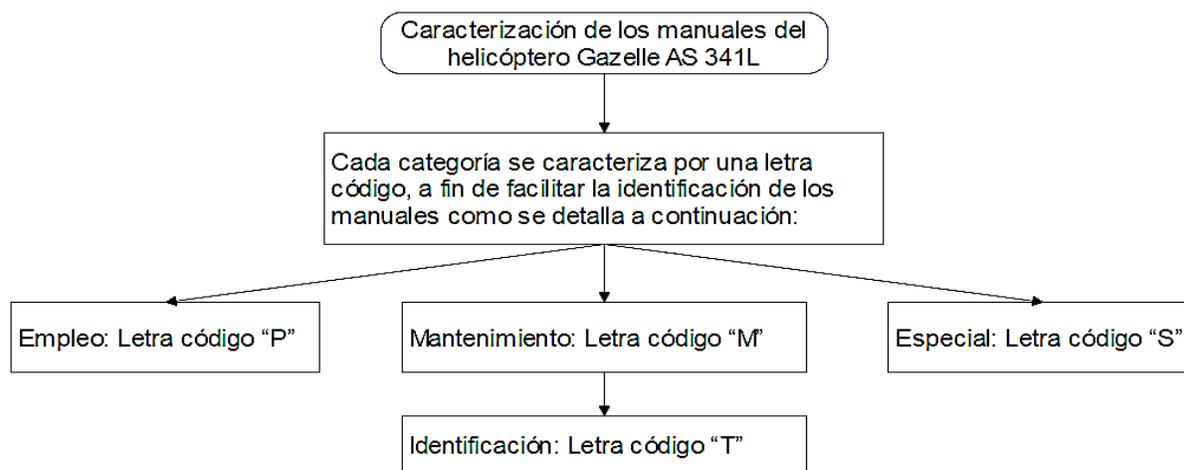
Nota. La figura muestra las divisiones del manual de mantenimiento. Tomado de (Airbus Helicopters, 2022).

Como se observa en la figura 25 los manuales de mantenimiento poseen secciones en las cuales se puede informar sobre la operación del sistema eléctrico, tanto para la generación de corriente alterna AC y corriente continua DC, en este caso se empleó el manual de mantenimiento de la aeronave junto con el programa recomendado de mantenimiento para verificar los ítems de inspección de 500h del capítulo 24; Posteriormente se emplea el manual

de técnicas corrientes en el caso de existir anomalías en el cableado eléctrico y sus componentes.

Figura 26

Categorías para la caracterización de manuales Gazelle AS341L.

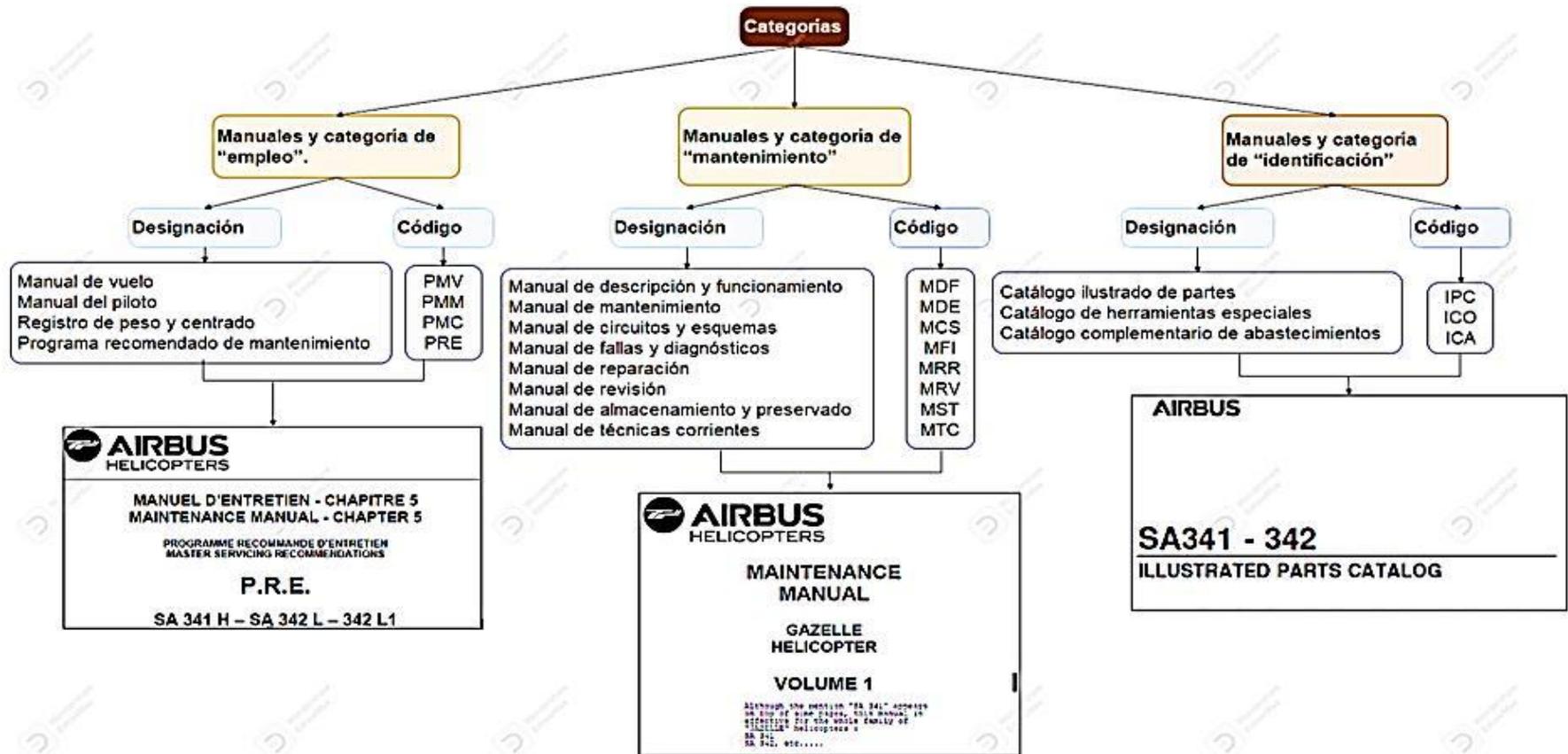


Nota. Tomado de (Airbus, 2022).

Las categorías para hacer uso de los manuales están sujeta a la necesidad del técnico de mantenimiento de aeronaves si así lo requiere, es por ello que los manuales se dividen como se explicó anteriormente en el mantenimiento de la aeronave Gazelle se dio un uso contante de los manuales de empleo, mantenimiento e identificación para un correcto desarrollo de dicha inspección como se observa en la figura 27. Además, el técnico de mantenimiento deberá conocer sobre el manejo de esta documentación técnica y practicas estándar de electricidad. Es importante recalcar que si se realiza una tarea se debe contar con un supervisor del área en este caso la sección de aviónica es la encargada de la supervisión.

Figura 27

Manuales y divisiones Gazelle



Nota. Tomado de (Airbus, 2022)

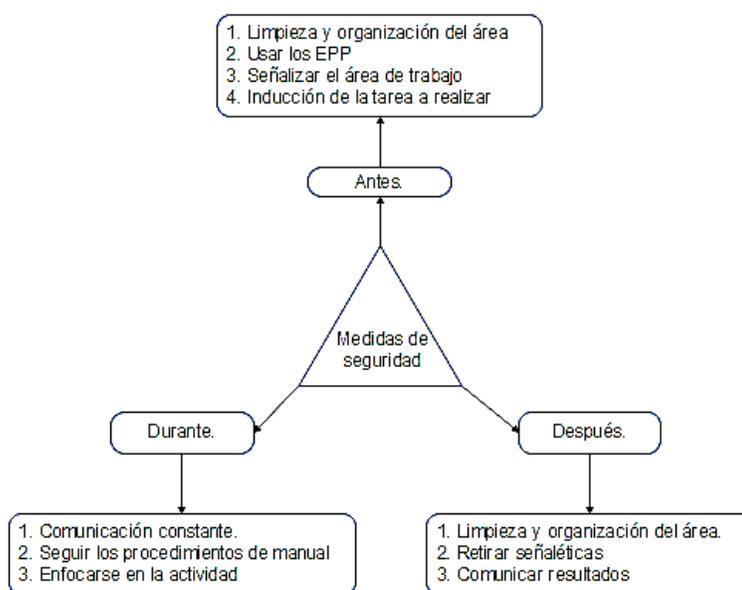
Medidas de seguridad en mantenimiento aeronáutico

Es responsabilidad de todo el personal asegurar la seguridad en cada procedimiento que se lleve a cabo en el helicóptero. Para garantizar la seguridad, es necesario tomar medidas preventivas antes, durante y después de cada trabajo realizado (Jackson & Grimster, 1972).

Aunque existen normas básicas para mantener la seguridad en el lugar de trabajo, es recomendable enfatizar aún más en todo lo relacionado con la seguridad. Por lo tanto, todos los profesionales involucrados en el mantenimiento de aeronaves deben usar el equipo de protección personal (EPP) adecuado, como se muestra en la Figura 29, para minimizar los riesgos y prevenir accidentes durante la ejecución de cualquier tarea. Además, es importante seguir las pautas de la figura 29 para garantizar la seguridad en todo momento.

Figura 28

Medidas de seguridad en el mantenimiento aeronáutico



Nota. Tomado de (Lovesey, 1975).

Figura 29

Equipo de protección personal (EPP)



Nota. La figura muestra el equipo de protección personal (EPP) que deberá ser utilizado en diferentes tareas de mantenimiento. Tomado de (Aircooltech Solutions, 2022).

El mantenimiento de aeronaves debe realizarse utilizando el equipo y herramientas adecuadas para cada tarea. Ignorar este aspecto puede poner en riesgo no solo al personal que realiza la tarea, sino también a los técnicos que se encuentran alrededor y a la propia aeronave. Un simple error puede tener consecuencias graves, por lo que es importante seguir todas las medidas necesarias para realizar el mantenimiento de manera responsable y segura. Para minimizar los riesgos y garantizar la seguridad durante el mantenimiento de aeronaves, es fundamental contar con herramientas y equipos de alta calidad y asegurarse de que estén en buenas condiciones antes de su uso. Además, es necesario garantizar que los técnicos estén debidamente capacitados en el uso de estas herramientas y equipos para evitar errores y accidentes.

Capítulo III

Desarrollo del tema

Descripción general

Este capítulo detalla los procedimientos de la inspección de 500 horas del sistema eléctrico del Gazelle AS 341L, siguiendo los lineamientos recomendados en el programa de mantenimiento “PRE” (24-11-601, 24-21-601), el manual de mantenimiento “MDE” (24-11, 24-21), el manual de técnicas corrientes “MTC” (20-80-20-101, 20-80-20-107, 20-80-20-113, 20-80-20-401, 20-80-20-423), el catálogo ilustrado de partes “IPC” (24-40-10, 24-50-10) y otra información técnica relevante. El objetivo de esta inspección es garantizar que todos los componentes del sistema eléctrico funcionen correctamente, mejorando la operatividad de la aeronave para su uso por parte de profesores y estudiantes en la realización de actividades de mantenimiento. Para ello, se deben seguir cuidadosamente los procedimientos recomendados en los manuales, y se deben utilizar las herramientas y equipos adecuados para llevar a cabo las pruebas y mediciones necesarias.

Figura 30

Brigada de aviación Nro. 15 “Paquisha” del Ejército Ecuatoriano



Nota. Tomado de (Ejército Ecuatoriano, 2022).

Antes de inspeccionar el sistema eléctrico de la aeronave, se prepararon todos los recursos necesarios para llevar a cabo el mantenimiento. Estos recursos incluyeron la documentación técnica, el equipo, las herramientas y un personal técnico capacitado en los sistemas del helicóptero. De esta manera, se garantizó una realización correcta de las tareas descritas en los manuales. La Brigada de Aviación Nro. 15 "Paquisha" del Ejército Ecuatoriano (ver Figura 30) brindó su apoyo para el proyecto, junto con todo el personal involucrado en el mantenimiento del helicóptero Gazelle AS 341L.

Adecuación del área de trabajo

Para poder realizar el proceso de inspección de 500 horas del sistema eléctrico del helicóptero Gazelle AS 341L, se verificó que el área en donde se va a realizar el trabajo se encuentre en buenas condiciones (ver Figura 31), ordenado, limpio y con buena iluminación para poder realizar de manera adecuada la inspección del sistema eléctrico. Además, se tuvieron a disposición los manuales, materiales, herramientas y equipos necesarios para llevar a cabo el mantenimiento con éxito. También, se contó con un equipo de técnicos especializados en la inspección de los sistemas eléctricos, quienes se encargaron de supervisar y verificar cada uno de los procedimientos realizados, asesorándose de que la seguridad sea aplicada. También se establecieron medidas de seguridad para proteger al personal técnico y a la aeronave durante el proceso de inspección, proporcionando un trabajo seguro y eficiente.

Figura 31

Área de trabajo



Nota. Área de trabajo adecuada para la realización de la inspección.

Inspección preliminar del sistema eléctrico del helicóptero Gazelle AS 341L

Se realizó una limpieza general e inspección preliminar de los componentes del sistema eléctrico de la aeronave con finalidad de eliminar la suciedad y verificar el estado de los componentes como el indicado en la Figura 32; ya que el helicóptero se encontraba abandonado hace mucho tiempo y mucho de sus componentes habían sido removidos para utilizarlos en otras aeronaves o a su vez fueron dados de baja. Esta inspección preliminar sirvió para detectar cualquier daño o desgaste en los componentes como son: paneles de control, conexiones eléctricas, fusibles, interruptores, batería, entre otros. Una vez realizada una limpieza general de todos los componentes y haber verificado el estado de los mismos a través de la inspección, se llevaron a cabo los procedimientos específicos relacionados con la inspección de 500 horas del sistema eléctrico como se detalla en el programa de mantenimiento recomendado (PRE) (ver Figura 78).

Figura 32

Inspección preliminar de los componentes del sistema eléctrico



Nota. Limpieza general del receptáculo de carga de la aeronave con finalidad de eliminar la suciedad y objetos extraños.

Inspección de 500 horas del sistema eléctrico

En el cableado eléctrico del helicóptero, se realizaron varias tareas para asegurarse de que el sistema luego de su mantenimiento funcione de manera segura y eficiente. Se inspeccionó minuciosamente cada uno de los conectores y terminales para detectar cualquier señal de corrosión o desgaste, lo que podría generar cortocircuitos o interrupciones en la transmisión de energía eléctrica. De esta forma, se logró asegurar un mantenimiento óptimo del cableado eléctrico del helicóptero para garantizar su operación adecuada. Algunos de los procedimientos incluyeron:

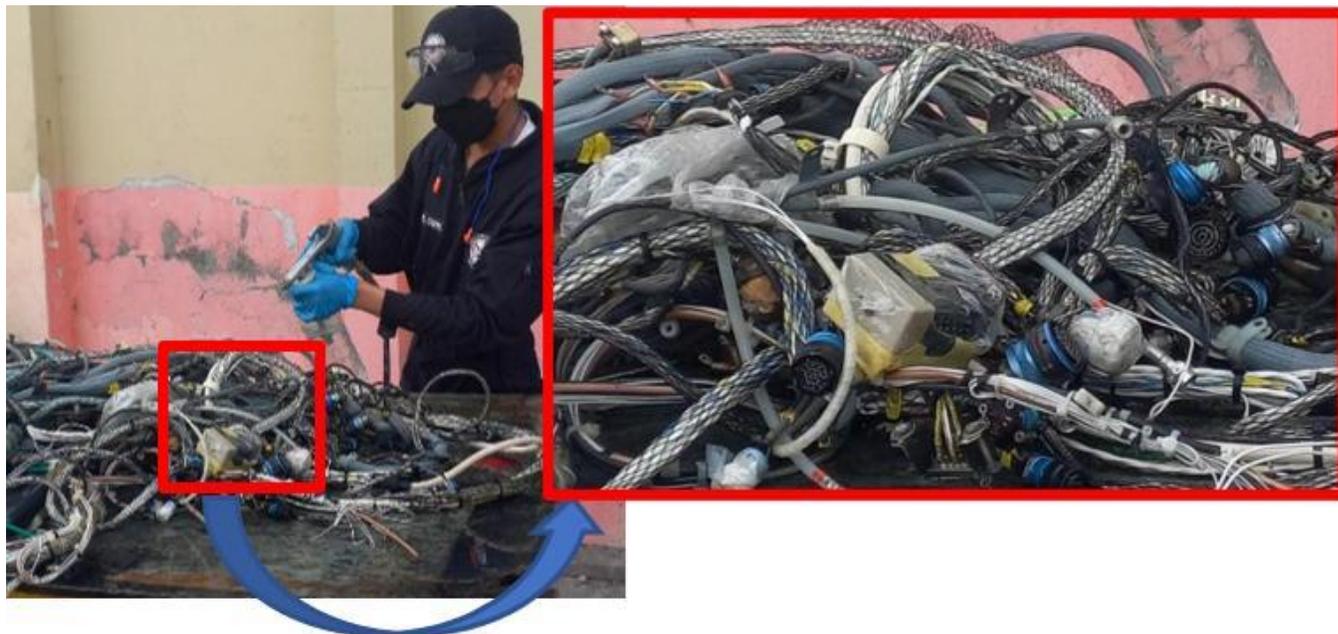
- Inspección visual - consistió en inspeccionar los cables y conectores para detectar signos de daño o desgaste, como cortes, aislamiento desgastado o conectores sueltos. Para su limpieza se utilizó aire a presión y un limpiador de contactos. Como se observa en la Figura

33, se limpiaron los conectores herméticos con número de parte P/N MIL-DTL-38999, mediante la circular de asesoramiento AC 25.27A.

- Para la limpieza de los conectores se utilizó el limpiador de contactos para remover cualquier partícula que deteriore el componente, y eliminar la humedad, ya que puede inducir corrosión en los pines del conector.
- Verificación de la continuidad - se verificó la continuidad de los circuitos eléctricos utilizando un multímetro o un equipo de prueba específico para asegurarse de que la electricidad fluía.
- Inspección y reparación de los terminales - consistió en revisar los terminales y conectores de los cables eléctricos para detectar signos de corrosión o conexiones flojas.
- Verificación de los sistemas de protección - se verificó el funcionamiento de los dispositivos de protección, como fusibles e interruptores.

Figura 33

Inspección del cableado eléctrico



Nota. En la inspección del cableado eléctrico se encontraron varias discrepancias.

Figura 34

Limpieza del cableado eléctrico



Nota. Limpiador de contactos de cables utilizado.

Se recomienda la limpieza anual de los equipos eléctricos para eliminar el polvo, suciedad y mugre; se pueden utilizar disolventes adecuados como el indicado en la Figura 34 o abrasivos finos que no rayen la superficie ni eliminen el revestimiento para limpiar los terminales y las superficies de contacto si están corroídos o sucios. Solo se deben utilizar agentes de limpieza que no dejen ningún tipo de residuo (FAA, 1998).

Se encontraron varias discrepancias en la inspección en el cableado eléctrico, las mismas fueron solucionadas. El cableado del indicador de cantidad de combustible se encontraba en malas condiciones, por ende, fue reparado siguiendo el procedimiento indicado en el MTC. Se eliminaron las impurezas del cableado mediante alcohol isopropílico, luego se procedió a señalar el cableado para quitar el revestimiento aislante (ver Figura 35), la separación de instalación del empalme fue de 15 mm luego de cada empalme, al instalar el siguiente cable; luego se remacharon las terminales de los cables (ver Figura 36) para obtener los cables sin ningún daño y en óptimas condiciones (ver Figura 37). Finalmente se colocó el tubo termo retráctil a lo largo del cable (ver Figura 38 y 39).

Figura 35

Señalización del cableado.



Nota. Empalmes de acuerdo al AWG y señalización del cableado a ser reparado.

Figura 36

Remachado de los terminales



Nota. Remachado de los terminales en los cables a reparar.

Figura 37

Cables reparados



Nota. Remachado de los terminales en los cables a reparar.

Figura 38

Instalación de tubo termo retráctil



Nota. El tubo termo retráctil es un material aislante que se contrae cuando se calienta, se utiliza para proteger y aislar conexiones, terminales y componentes.

Figura 39

Deterioro de la malla del cableado del sistema SAS



Nota. Deterioro de malla del cableado del sistema SAS, ubicado debajo del panel de instrumentos en cabina.

Fue necesario colocar el tubo termo retráctil en algunos cables del sistema eléctrico en los que se encontraba dañado como se observa en la Figura 41. También se encontraron varios conectores hembras dañados en el cableado eléctrico de algunos sistemas del helicóptero, para lo cual se desarmaron los conectores (ver Figura 42) con las herramientas adecuadas, se reemplazaron las mallas aislantes (ver Figura 43), se instalaron los conectores

de manera adecuada (ver Figura 44) y finalmente se aseguran los cables con amarras plásticas (ver Figura 44). Para mayor detalle referirse al Anexo D.

Figura 40

Desinstalación de conectores

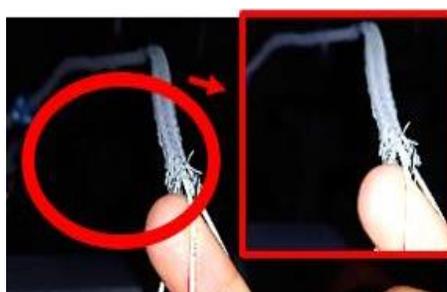


Nota. Desinstalación de conectores utilizando las herramientas adecuadas.

Se realizó la reparación de los conectores de acuerdo con el IPC 22-20-00 Fig. 04 para la inserción del cableado (ver Figura 44) de acuerdo con el diagrama eléctrico del sistema piloto automático (ver Figura 45) y según el MTC 20-80-20-101 para la inserción de los conectores con la herramienta especial insertó/extractor para AWG20 (ver Figura 46).

Figura 41

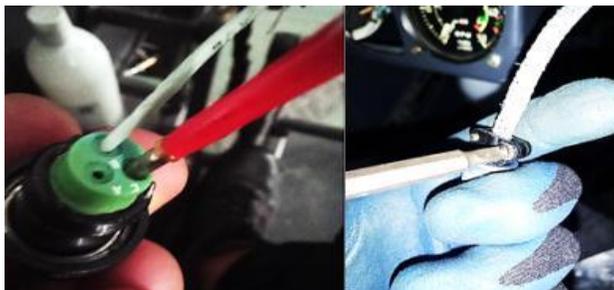
Reemplazo de las mallas del cableado



Nota. Reemplazo de las mallas aislantes en todos los cables que se encontraban en mal estado. El diagrama muestra la designación del cableado a instalarse.

Figura 42

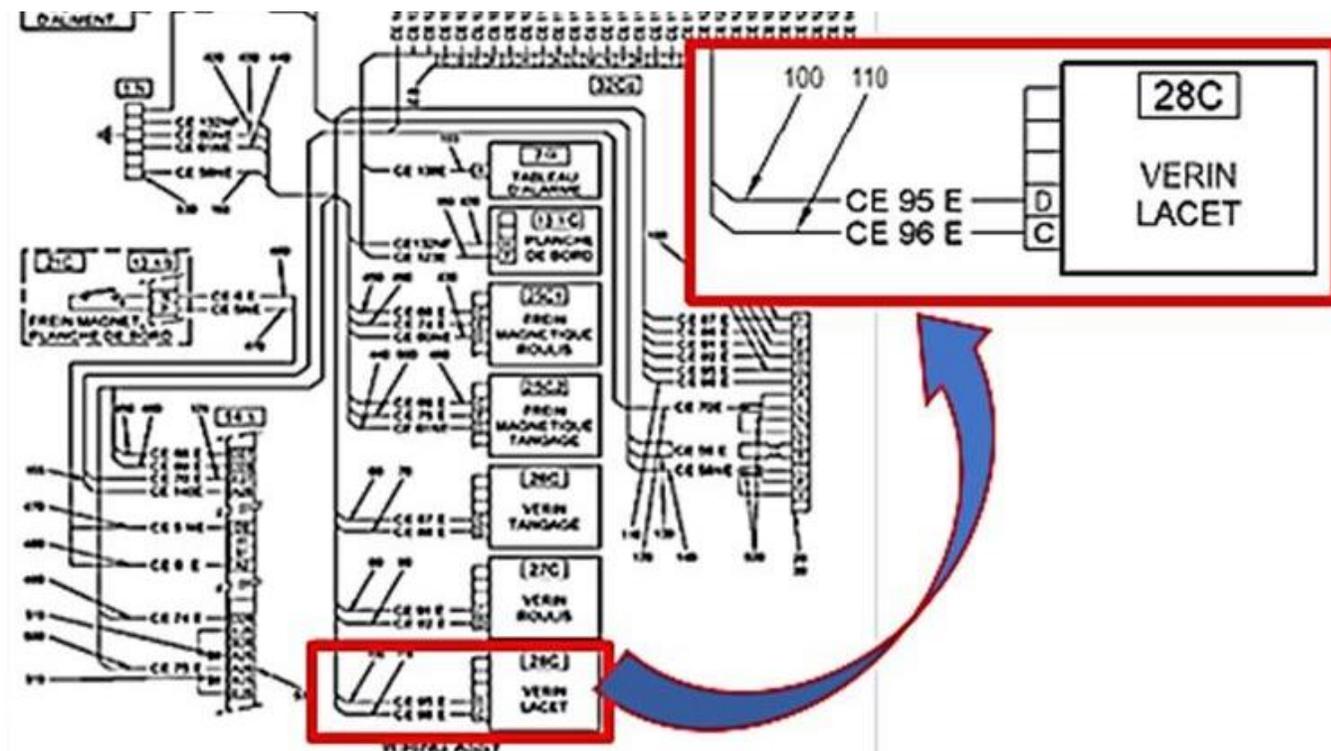
Reparación de los conectores



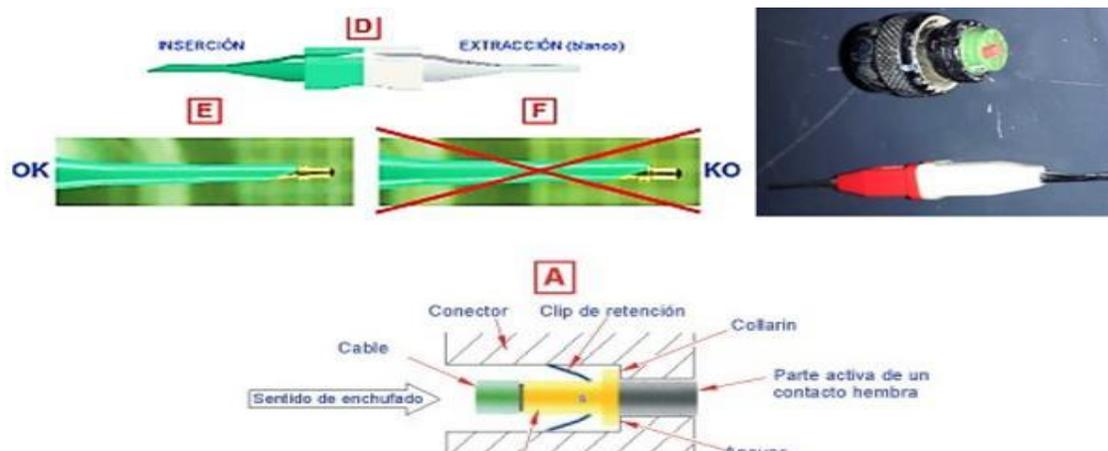
Nota. Reparación de los conectores de acuerdo con el IPC 22-20-00 Fig. 04.

Figura 43

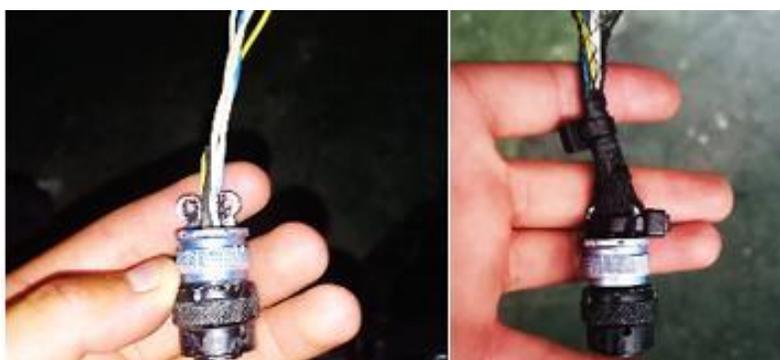
Diagrama eléctrico del sistema piloto automático



Nota. Diagrama eléctrico del sistema piloto automático necesario para la reparación de cables.

Figura 44*Inserción de los conectores*

Nota. Inserción de los conectores con la herramienta insertó/extractor para AWG20, según MTC 20-80-20-101.

Figura 45*Colocación de amarras plásticas*

Nota. Se aseguran los cables con amarras plásticas.

Inspección de la fuente de alimentación de corriente continua (DC)

Se inspeccionaron los componentes de generación de corriente continua (DC) mediante los procedimientos indicados en el programa de mantenimiento recomendado (PRE), el mismo

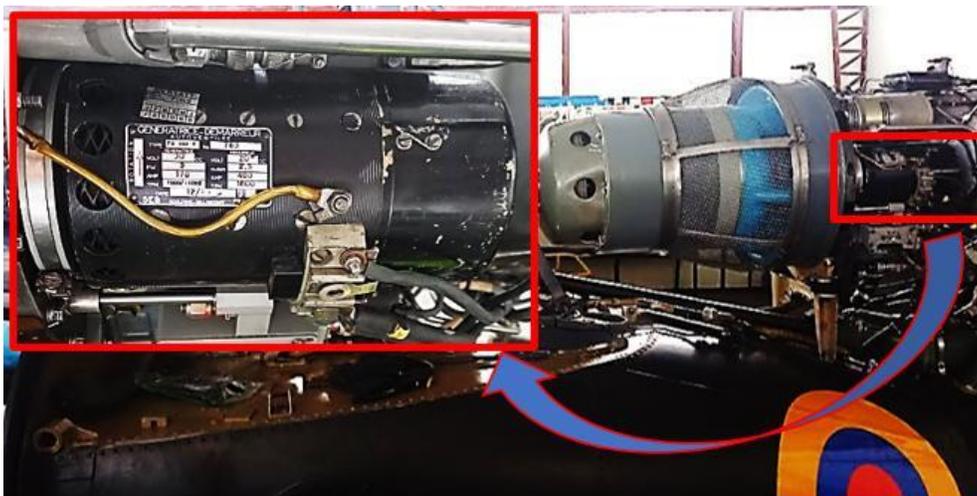
que deriva a las tareas (24-11-601) en el manual de mantenimiento (MDE) del helicóptero Gazelle AS 341L. A continuación, se detallan los procedimientos realizados a cada uno de los componentes.

Arrancador - generador (Starter - generator). Actúa como un arrancador durante el arranque del motor y cuando el motor está en funcionamiento actúa como un generador; la principal ventaja es el ahorro de peso al eliminar un arrancador separado que solo se usa durante el arranque (FAA, 2018). Para inspeccionar el arrancador - generador fue necesario seguir el procedimiento indicado en el manual de mantenimiento como se detalla a continuación:

- Para tener acceso al generador - arrancador, se abrió el carenado izquierdo (LH) del motor del helicóptero.
- Una vez descubierto el componente, se verificó el estado general y la limpieza del mismo; fue necesario limpiarlo con MEK en zonas que cubren el componente como indica el manual de mantenimiento. Se utilizó para eliminar la suciedad, la grasa y otros contaminantes en la superficie del componente. (ver Figura 48).
- Se constató que la fijación del componente al motor sea la adecuada, y que además no existan fugas de aceite alrededor del mismo (ver Figura 49).
- También se verificó el estado de los cables que ingresan al generador - arrancador (sin marcas de sobrecalentamiento, conectores en buen estado), y que los cables tengan el apriete correcto y no existan elementos sueltos (ver Figura 50).

Figura 46

Estado general del generador - arrancador



Nota. Verificación del estado general y la limpieza del arrancador - generador; es importante realizar una limpieza de manera regular, para garantizar el correcto funcionamiento del componente y del sistema eléctrico en general.

Figura 47

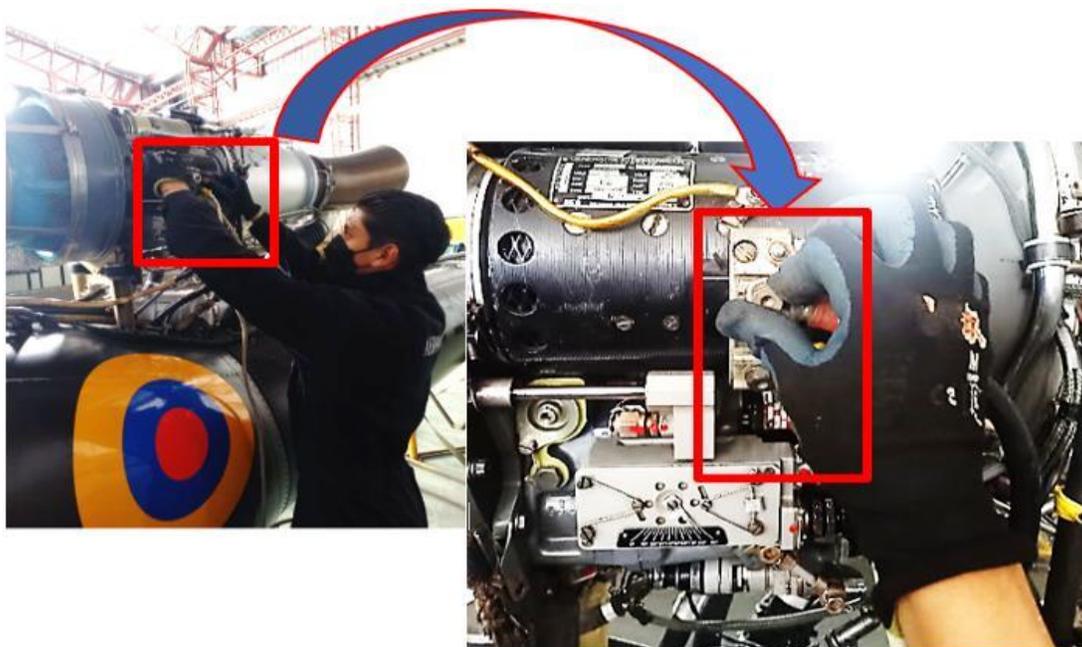
Fijación del generador - arrancador al motor



Nota. Además de que el componente debe estar fijo, no deben existir fugas de aceite alrededor.

Figura 48

Estado de los cables que ingresan al generador - arrancador



Nota. Los cables deben tener el apriete correcto y no deben existir elementos sueltos.

Regulador de voltaje. Para inspeccionar el regulador de voltaje y el supresor de ruido fue necesario seguir el procedimiento indicado en el manual de mantenimiento y asistencia por parte del personal militar para una supervisión de esta tarea de mantenimiento como se detalla a continuación:

- Para tener acceso al regulador de voltaje, fue necesario abrir la puerta de acceso en la parte central de la estructura del fuselaje del helicóptero.
- Se verifica que no exista ningún objeto que impida el desarrollo de la acción de mantenimiento.
- Una vez descubierto el componente, se verificó el estado general, la limpieza, conexiones y estado del cableado que llega al mismo (ver Figura 49).

Figura 49

Estado general del regulador de voltaje



Nota. Verificación del estado general y la limpieza del regulador de voltaje.

- En base a la inspección detallada de acuerdo con la tarjeta de estado del componente y al caza fallas (ver Tabla 6) del componente de acuerdo a la documentación técnica SEB D091-1, fue necesario realizar pruebas operacionales en un banco de pruebas en la sección de aviónica donde se halló un error en la unidad de regulación del regulador de tensión desmontarlo y se observó que el regulador de voltaje tenía una avería de un transistor (ver Figura 50); para lo cual se procedió a realizar la soldadura de un transistor tipo NPN (ver Figura 51) a través de un kit de soldadura (ver Figura 52).
- Para realizar el desmontaje del componente es necesario un lugar donde la iluminación sea aceptable para el trabajo, como también el uso riguroso de la documentación técnica de este regulador de tensión.

Tabla 6*Caza fallas del regulador de voltaje*

Fallas	Causas	Solución
	Transistor 12 cortocircuitado	Reemplace el transistor
Unidad de regulación defectuosa	Conexiones rotas o potenciómetro 15 defectuoso	Vuelva a soldar las conexiones o reemplace el potenciómetro
	Abra el cable (K) o (M) en el conjunto del conector 17,	Reemplace el conjunto del conector
	Amplificador o circuito controlador defectuoso	Reemplace el conjunto piloto 16

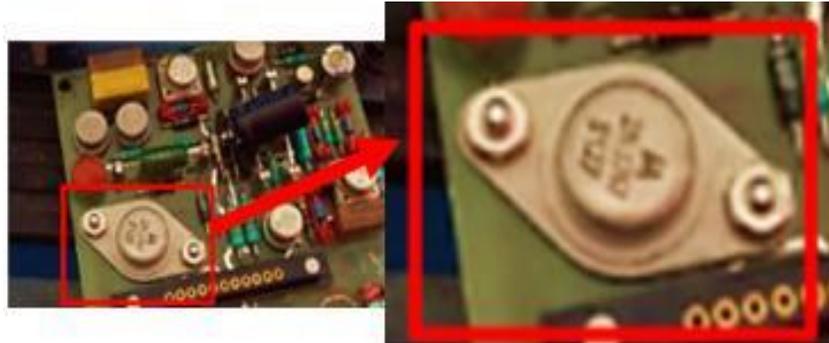
Nota. Caza fallas del regulador de voltaje, identificando las causas y soluciones en base a lo indicado en la documentación técnica, para mayor detalle referirse al Anexo G.

Figura 50*Unidad de regulación del regulador de voltaje*

Nota. Avería de un transistor en el regulador de voltaje.

Figura 51

Soldadura de un transistor en la unidad de regulación



Nota. Soldadura de un transistor.

Figura 52

Kit de soldadura



Nota. Kit de soldadura (estaño, tubo termo encogible y pasta de soldadura).

- Luego se ensambló la unidad de regulación en el regulador de voltaje (ver Figura 53), y posteriormente se instaló el regulador de voltaje en la estructura del fuselaje de la aeronave verificando la seguridad del cableado y las conexiones necesarias.
- Para realizar las conexiones al componente se hará referencia al diagrama eléctrico.

Figura 53*Ensamblaje de la unidad de regulación*

Nota. Ensamblaje de la unidad de regulación en el regulador de voltaje.

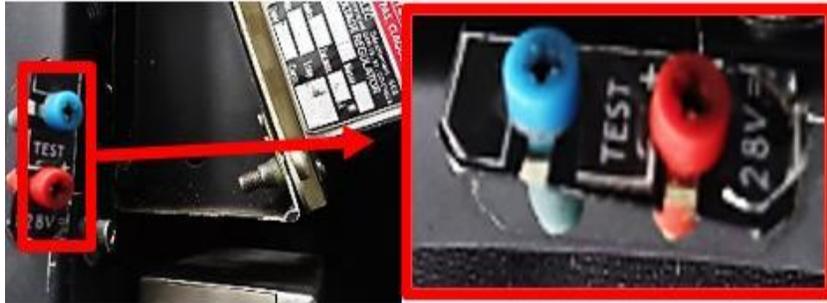
Figura 54*Instalación del regulador de voltaje*

Nota. Instalación del regulador de voltaje a la estructura del fuselaje del helicóptero.

- Luego se instalaron las probetas para verificar el voltaje (ver Figura 55), los acoples de prueba del regulador de voltaje no contaban con los pines para unir el cableado del sistema DC, por ende, fue necesario soldarlos (ver Figura 57) en base al diagrama eléctrico obtenido del manual de mantenimiento (ver Figura 58), y luego se instalaron.

Figura 55

Acoples de prueba para verificar el voltaje



Nota. Instalación de los acoples de prueba para verificar el voltaje.

Figura 56

Soldadura de los pines



Nota. Soldadura de los pines necesarios para unir el cableado del sistema DC.

Se debe tener precauciones al momento de hacer uso de un kit de soldadura, como también se debe ocupar una estación de soldadura equipada para no deteriorar el pin de prueba. Luego de dicho trabajo se procede a realizar el ensamble a la carcasa del regulador de voltaje como se observa en la figura 55.

Figura 58

Pruebas funcionales al regulador de voltaje



Nota. Se obtiene un voltaje de salida nominal de alrededor de 28.5 Voltios DC.

Caja de equipos eléctricos. Para inspeccionar la caja de equipos eléctricos fue necesario seguir el procedimiento indicado en el manual de mantenimiento como se detalla a continuación:

- Para tener acceso a la caja de equipos eléctricos, fue necesario retirar el panel inferior de la estructura central del fuselaje del helicóptero (ver Figura 59).
- Una vez descubierta la caja de equipos eléctricos, se verificó el estado general, la limpieza, conexiones y estado de todos los componentes, especialmente los relés y fusibles. Se utilizó un limpiador de contactos y brocha para eliminar polvo y suciedad (ver figura 60).
- Luego se comprobó el estado y ubicación de los fusibles y relés, además se verificó que los cables estén en buen estado y las conexiones tengan un apriete adecuado (ver Figura 61).
- Finalmente se instaló la caja de equipos eléctricos dentro de la estructura del helicóptero, y se colocó el panel de acceso que había sido removido.

Figura 59

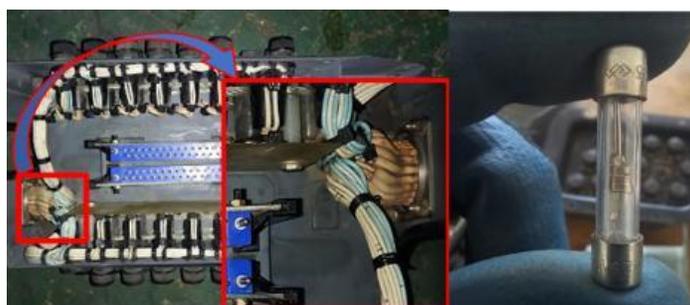
Limpieza la caja de equipos eléctricos



Nota. Limpieza de los componentes de la caja de equipos eléctricos.

Figura 60

Estado general de los fusibles



Nota. Verificación del estado y ubicación de los fusibles.

Figura 61

Estado general de los relés



Nota. Verificación del estado y ubicación de los relés, según MTC 20-80-20-413.

Unidades de protección. El helicóptero Gazelle AS 341L cuenta con tres protecciones de circuito que suministran corriente a los sistemas anexos a esta, la protección se da por un dispositivo que dentro del mismo contiene un filamento de alambre el cual se derrite al momento que el valor de la corriente nominal excede su capacidad de conducción. Fue necesario también constatar el estado de las unidades de protección (ver Figura 62). Los fusibles trabajan dependiendo las características de los sistemas (ver Tabla 7, 8 y 9); para conocer su valor de protección en amperios.

Tabla 7

Distribución 28V, caja de conexión 11 a 1

Terminal	Símbolo	Rango	Circuito en protección
M	2W1	2.5 A	Panel de advertencia
a	2F2	2.5 A	Brújula giromagnética
K	2E1	2.5 A	Temperatura del aceite del motor
Y	2L1	2.5 A	Iluminación 1
W	201	2.5 A	Circuito de combustible
L.M	3M1	6.3 A	Grúa de rescate, eslinga de carga
A	2C1	2.5 A	SAS
	o 3C2	6.3 A	Piloto automático
D	2L4	2.5 A	luz de aterrizaje
U	3Q2	6.3 A	Tanque de transbordador
G	3.4	2.5 A	Horizonte artificial en espera
b.c.z	4L1	10 A	Iluminación exterior

Terminal	Símbolo	Rango	Circuito en protección
H.J.X.	o 3L1.		Iluminación exterior
E.F.V.	4L2	6.3 A	Iluminación de la luz de aterrizaje
B.C.T.	3G2	10 A	Equipo de flotación de emergencia
P. R. S.	5H1	6.3 A	Eslinga de carga
		16 A	Disponible para equipos de radio

Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

Tabla 8

Distribución 28V, caja de conexión 11 a 2

Terminal	Símbolo	Rango	Circuito en protección
N	2F3	2.5 A	Calentamiento de la cabeza de Pitot
a	2F1	2.5 A	Horizonte artificial principal
K	2K1	2.5 A	Prueba de luz indicadora
Y	2L2	2.5 A	Iluminación 2
W	2D1	2.5 A	Sistema hidráulico
or W	3D1	6.3 A	Sistema hidráulico
L.M.	2M1	2.5 A	Control de liberación de emergencia
A	2K2	2.5 A	Filtro de arena
D	2E2	2.5 A	Torquímetro
U	3Q1	6.3 A	Tanque de combustible adicional

Terminal	Símbolo	Rango	Circuito de protección
G			Disponible
b.c.z.			Disponible para equipos de radio
E.J.X.	5R1	16A	Toma de radio de 28 V
E.F.V.	6M1	20A	Liberación de carga de emergencia
B.C.T.			Desechable para equipos de radio
P.R.S.	4K1	10A	Arrancador

Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

Tabla 9

Distribución 28V, caja de conexión 11 a 3

Terminal	Símbolo	Rango	Circuito en protección
A	2E3	2.5 A	Presión de aceite del motor
B	2N2	2.5 A	Detección de incendios
C			
D			Disponible
E			
F			
G	3G1	6.3 A	Equipo de flotación de emergencia
H			
J			Disponible
K.			
L.M.	3L2	6.3 A	Iluminación exterior

Terminal	Símbolo	Rango	Circuito de protección
M.P.			
R.S.T.			Disponible
u.v.w.			Advertencia en caso de min. rpm del rotor
g.h.j.	2E4	2.5 A	
d.e.f.			Disponible

Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

Figura 62

Estado de las unidades de protección



Nota. Verificación del estado y ubicación de las unidades de protección.

Receptáculo de carga. Para inspeccionar el receptáculo de carga fue necesario seguir el procedimiento indicado en el manual de mantenimiento como se detalla a continuación:

- Para una correcta inspección fue necesario ubicarlo para luego desmontarlo, verificar su estado (bisagra y cerradura) y fijación al helicóptero (ver Figura 63).

Figura 63

Ubicación del receptáculo de carga



Nota. Receptáculo de carga ubicado en el lado derecho de la aeronave.

- Una vez desmontado el componente, se verificó el estado general y la limpieza del mismo; fue necesario limpiar los pines con MEK como indica el manual de mantenimiento. Se utilizó para eliminar la suciedad, la grasa y otros contaminantes en la superficie del componente. (ver Figura 64).

Figura 64

Limpieza del receptáculo de carga



Nota. Limpieza del receptáculo de carga con MEK.

- Luego se analizó la continuidad de los pines (ver Figura 65), y mediante el diagrama funcional del sistema DC (Figura 66), se determinó que el pin PG5E se encuentra deteriorado sin hilo en el vástago del tornillo de conexión, por lo cual fue necesario cambiar el componente 23P.

Figura 65

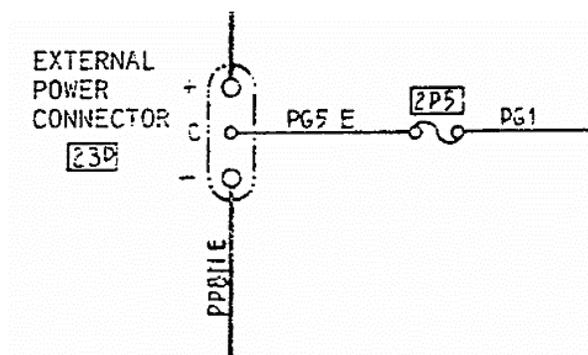
Análisis de continuidad mediante un multímetro.



Nota. Análisis de continuidad de los pines del receptáculo de carga.

Figura 66

Diagrama funcional del sistema DC

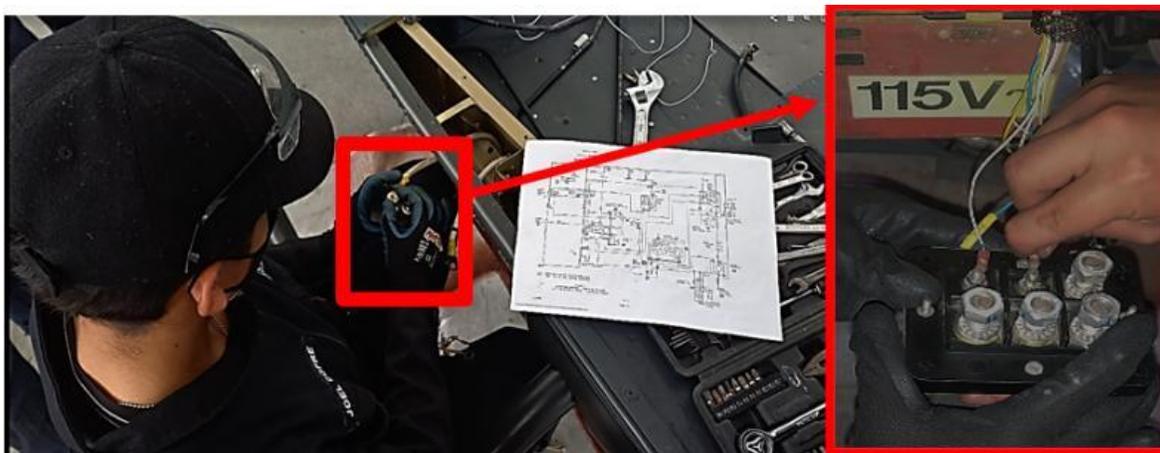


Nota. Mediante el diagrama funcional se determinó que el pin PG5E se encuentra deteriorado.

- Finalmente se instaló el receptáculo de carga dentro de la estructura del helicóptero, verificando los cables y las conexiones de alimentación (ver Figura 67).

Figura 67

Instalación del receptáculo de carga



Nota. Instalación del receptáculo de carga verificando cables y conexiones de alimentación.

Batería. La inspección de la batería no pudo llevarse a cabo ya que actualmente dicho componente no se encuentra disponible, sin embargo, se debería seguir el procedimiento indicado en el manual de mantenimiento como se detalla a continuación:

- Se debería retirar la batería para verificar su estado y limpieza de la misma en base a los datos proporcionados por el fabricante.
- Una vez retirada la batería de la aeronave, se debería realizar una inspección y limpieza de la bandeja con paños húmedos para quitar la suciedad.
- En la batería se debería verificar los dispositivos de conexión, el cable y el conector del sensor de temperatura (según la versión del avión).

- Finalmente se debería instalar la batería en el helicóptero, pero al no contar con dicho componente se instaló una caja didáctica que simula la misma (ver Figura 68).

Figura 68

Instalación de la batería



Nota. Instalación de la batería (didáctica) en el helicóptero.

Controles e instrumentos sistema DC. Para inspeccionar los controles e instrumentos relacionados con la generación de corriente DC, fue necesario seguir el procedimiento indicado

en el manual de mantenimiento. En el panel de instrumentos se inspeccionó la condición mecánica y fijación de los interruptores y pulsadores, que el voltímetro este correctamente sujetado y limpio con buena legibilidad de las marcas, que las luces de advertencia "GENE" (GEN), "BAT. TEMP." y "BAT" (BATT) se encuentren en óptimas condiciones, y comprobar que las luces se encienden al pulsar el botón de "TEST" en las posiciones "NORM" y "DIM" (ver Figura 69).

Figura 69

Controles e instrumentos sistema DC



Nota. Inspección de la condición de interruptores, pulsadores y luces del sistema DC.

Inspección de la fuente de alimentación de corriente alterna (AC)

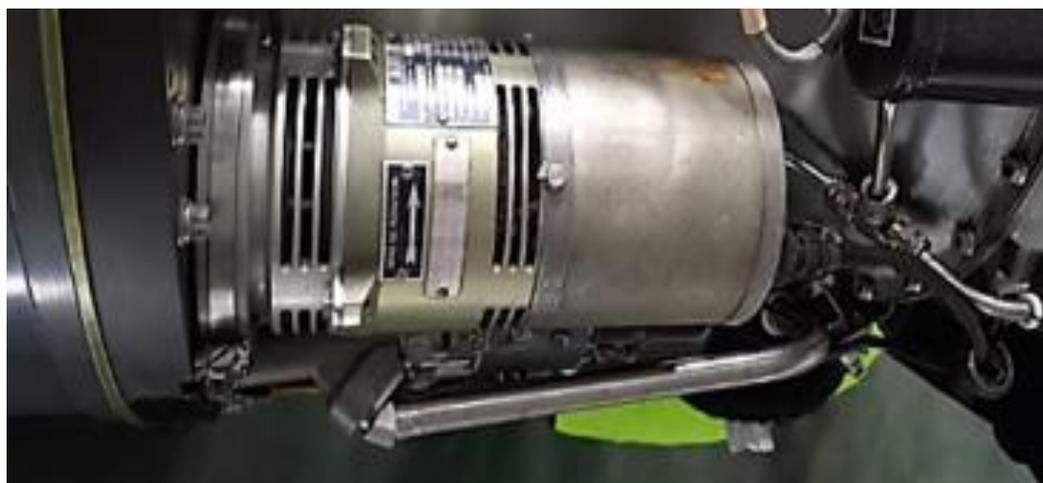
Se inspeccionaron los componentes de generación de corriente alterna (AC) mediante los procedimientos indicados en el programa de mantenimiento recomendado (PRE), el mismo que deriva a las tareas (24-21-601) en el manual de mantenimiento (MDE) del helicóptero Gazelle AS 341L. A continuación, se detallan los procedimientos realizados a cada uno de los componentes.

Alternador. Es una máquina que convierte la energía mecánica en energía eléctrica por inducción electromagnética, la principal diferencia entre un alternador y un generador es el método de conexión al circuito externo, el alternador está conectado al circuito externo mediante anillos deslizantes (FAA, 2018). Para inspeccionar el alternador fue necesario seguir el procedimiento indicado en el manual de mantenimiento como se detalla a continuación:

- Para tener acceso al alternador, se abrió el carenado izquierdo (LH) del motor del helicóptero.
- Una vez descubierto el componente, se verificó el estado general y la limpieza; fue necesario limpiarlo con MEK; se utilizó para eliminar la suciedad, la grasa y otros contaminantes en la superficie del componente.

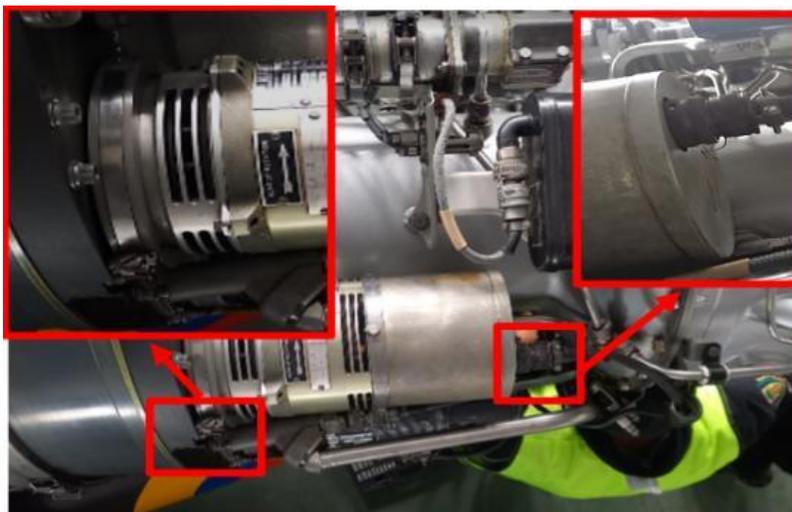
Figura 70

Estado general del alternador



Nota. Verificación del estado general y la limpieza del alternador.

- Se constató que la fijación del componente al motor sea la adecuada, y que además no existan fugas de aceite alrededor del mismo (ver Figura 71).

Figura 71*Fijación del alternador al motor*

Nota. No deben existir fugas de aceite alrededor del componente.

- También se verificó el estado de los cables que ingresan al alternador (sin marcas de sobrecalentamiento, conectores en buen estado), y que los cables tengan el apriete correcto y no existan elementos sueltos (ver Figura 72).

Figura 72*Estado de los cables que ingresan al alternador*

Nota. Los cables deben tener el apriete correcto y no deben existir elementos sueltos.

Transformador. Para inspeccionar el transformador fue necesario seguir el procedimiento indicado en el manual de mantenimiento, donde se indica verificar el estado general, la limpieza y conexiones en condiciones óptimas (ver Figura 73).

Figura 73

Estado general del transformador



Nota. Verificación del estado general y la limpieza del transformador.

Figura 74

Controles e instrumentos sistema AC



Nota. Inspección de la condición de interruptores, pulsadores y luces del sistema AC.

Controles e instrumentos sistema AC. Para inspeccionar los controles e instrumentos relacionados con la generación de corriente DC, fue necesario seguir el procedimiento indicado

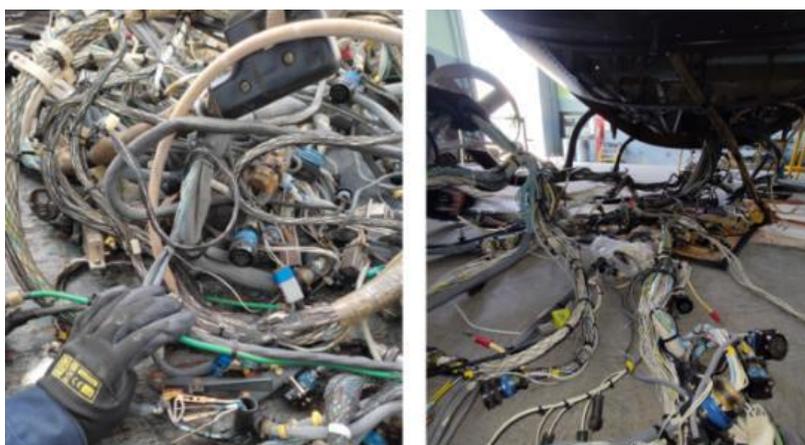
en el manual de mantenimiento. En el panel de instrumentos se inspeccionó la condición mecánica y fijación de los interruptores y pulsadores, que las luces de advertencia "ALTER" (ALTNR), y "NAV" se encuentren en óptimas condiciones, y comprobar que las luces se encienden al pulsar el botón de "TEST" en las posiciones "NORM" y "DIM" (ver Figura 74).

Inspección final del sistema eléctrico

Luego de haber cumplido todas las tareas de inspección de 500 horas del sistema eléctrico del helicóptero Gazelle AS 341L, se realizó una inspección final donde se examinó el correcto funcionamiento de todos los componentes, esto a través de energizar la aeronave y verificar que todos los componentes que funcionan con energía eléctrica se encuentren operativos, contrastando así la eficiencia del sistema eléctrico del helicóptero. En la Figura 75, 76 y 77, se puede observar una cronología de cómo se encontraba el sistema eléctrico y sus sistemas asociados, antes y después de la inspección.

Figura 75

Comparación del estado del cableado eléctrico del helicóptero



Nota. Se observa el estado del cableado eléctrico del helicóptero, antes (izquierda) y después (derecha) de la inspección de 500 horas del sistema eléctrico.

Figura 76

Comparación de la instalación del cableado en la cabina del helicóptero



Nota. Se observa la instalación del cableado en la cabina del helicóptero, antes (izquierda) y después (derecha) de la inspección de 500 horas del sistema eléctrico.

Figura 77

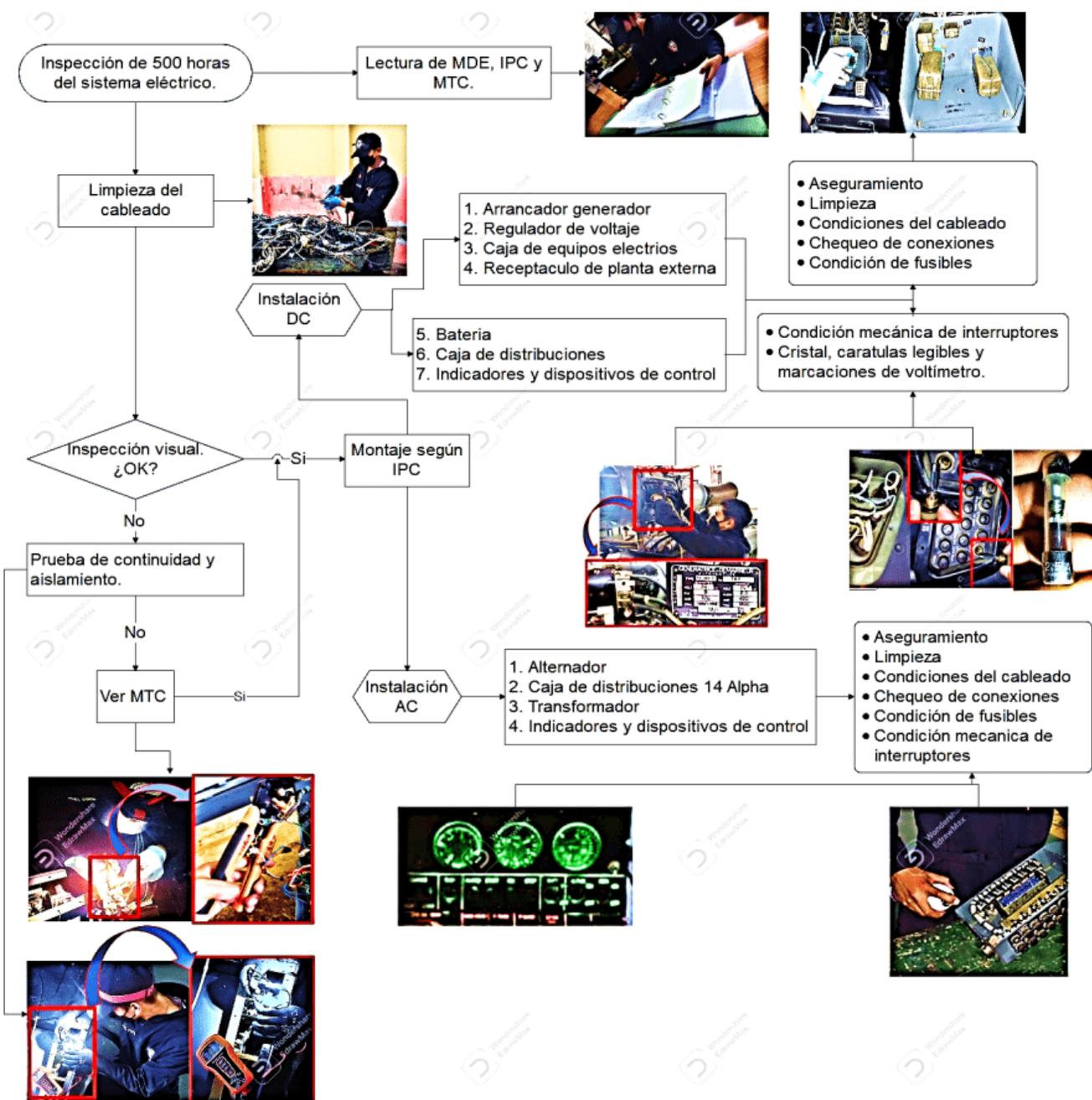
Comparación estado del panel de instrumentos del helicóptero



Nota. Se observa el estado del panel de instrumentos del helicóptero, antes (izquierda) y después (derecha) de la inspección de 500 horas del sistema eléctrico según el programa recomendado de mantenimiento y el manual de mantenimiento de la aeronave Gazelle SA 341L.

Figura 78

Procedimiento final de la inspección de 500h según MDE, PRE y MTC.



Nota. Se detalla las tareas principales en la inspección de 500 horas des sistema eléctrico

Capítulo IV

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Además de la interpretación de los procedimientos necesarios para llevar a cabo la inspección del sistema eléctrico del helicóptero, fue importante destacar la relevancia de contar con información actualizada y precisa sobre las especificaciones técnicas y los requisitos del fabricante. Esto incluye conocer las herramientas, los equipos y los materiales necesarios para realizar la inspección de manera adecuada, y también las precauciones de seguridad que se deben tomar en cuenta durante el proceso.
- La inspección y evaluación del sistema eléctrico del helicóptero Gazelle AS 341L es un ejemplo del valor de realizar inspecciones regulares y minuciosas en los sistemas críticos del helicóptero. En este caso, el sistema eléctrico se encontraba inoperativo y muchos componentes estaban fuera de servicio antes de la inspección. Sin embargo, después de la inspección, todo el sistema tanto de DC como AC se encuentran funcionando correctamente, y todos los componentes operan de manera adecuada. Este caso demuestra que un mantenimiento adecuado de los sistemas críticos puede mejorar significativamente la fiabilidad y el funcionamiento de la aeronave. Además, esto puede contribuir a reducir los riesgos y prevenir posibles fallas que podrían tener consecuencias graves.
- Los procedimientos de inspección de 500 horas del sistema eléctrico del helicóptero Gazelle AS 341L, fueron ejecutados de manera adecuada en referencia al programa recomendado de mantenimiento según las tareas (PRE 24-11-601 y 24-21-601), manual de

mantenimiento (MDE 24-11 y 24-21), manual de técnicas corrientes (MTC 20-80-20) catálogo ilustrado de partes (IPC 24-20-00) e información técnica aplicable.

- Las inspecciones detalladas del sistema eléctrico del helicóptero Gazelle AS 341L, permitieron examinar el correcto funcionamiento de todos los componentes a través de pruebas funcionales y operacionales como por ejemplo pruebas de voltaje, continuidad, aviónica y arranque del motor. Dichas pruebas fueron esenciales para garantizar la seguridad y la eficiencia del sistema eléctrico del helicóptero y se realizaron de acuerdo con las especificaciones, requisitos del fabricante y las regulaciones aplicables.

Recomendaciones

- Utilizar siempre la documentación técnica aplicable y actualizada para realizar cualquier trabajo de mantenimiento en el helicóptero Gazelle SA 341L, para garantizar que los procedimientos se realicen de manera adecuada y óptima.
- Para asegurar una óptima eficiencia y seguridad en el trabajo de mantenimiento, es fundamental contar con herramientas y equipos en óptimas condiciones y debidamente calibrados. Además, es importante tener en cuenta que el correcto uso y mantenimiento de estas herramientas y equipos no solo previene problemas, sino que también aumenta su durabilidad y vida útil, lo que resulta en un ahorro a largo plazo para la empresa. Por lo tanto, se recomienda realizar inspecciones periódicas y mantenimiento preventivo para garantizar que todas las herramientas y equipos estén en las mejores condiciones posibles.
- Para garantizar la integridad de las tarjetas electrónicas, es esencial tomar medidas para prevenir la electricidad estática durante su manejo. Es importante tener en cuenta que la electricidad estática puede dañar irreversiblemente los componentes. Para minimizar el riesgo, se recomienda usar manillas antiestáticas durante la manipulación de la tarjeta, ya que estas reducen significativamente la cantidad de carga estática que se acumula en el cuerpo. Además, se debe trabajar en un área libre de polvo y estática, evitar tocar los pines de la tarjeta y utilizar herramientas antiestáticas para manipular la tarjeta.

Glosario

A

Amperaje: Unidad de la corriente eléctrica y se expresa en amperios.

Aeronavegabilidad: Aptitud técnica y legal necesaria para la operación de una aeronave.

C

Corriente: Su flujo se da por conductores que no sean resistivos.

Circuito: Conexiones eléctricas con cargas de consumo y un recorrido cerrado.

Cortocircuito: Unión de fase y neutro de una red o componente eléctrico.

Chequeo: Comprobación de un componente o un sistema.

D

Distribución: Capacidad de conducir la electricidad de un punto a otro.

Disyuntores: Realiza un corte al contacto de dos puntos en consecuencia de un fallo eléctrico.

E

Electricidad estática: Cargas que se mantienen en un punto.

F

Fallo: Desenlace sin la operación esperada.

Fusible: Dispositivo de protección para circuitos eléctricos.

H

Hercio: Medida estándar de la frecuencia electromagnética.

I

Inversor: Componente que cambia la corriente continua en corriente alterna.

Indicadores: Dispositivo aeronáutico que monitorea un sistema en específico.

L

Limpieza: Remover objetos que obstruyan un trayecto o una acción.

M

Monofásico: Contiene dos conductores una fase y un neutro.

Maquina eléctrica: Componente capaz de convertir el trabajo en electricidad o viceversa.

Malla: Segmentos cerrado en un circuito eléctrico.

Magnetismo: Capacidad de atraer materiales como el hierro o algunas aleaciones

Mantenimiento: Tareas que se realizan para mantener en condiciones óptimas un competente.

O

Ohmímetro: Mide la resistencia entre dos componentes eléctricos.

P

Partícula: Masa y cuerpo en pequeñas proporciones

R

Relé: Dispositivo eléctrica que funciona como interruptor por medio de un campo magnético.

Resistencia: Oposición al avance de la corriente.

S

Sobrecalentamiento: Rasgos de deterioro de un elemento aislante en electricidad.

T

Transformador: Componente capaz de realizar una disminución de tención a la salida del mismo.

V

Voltaje: Diferencia de tensión o potencial entre dos extremos.

Abreviaturas

A

AWG: Medida norteamericana para el calibre de un cable

ATA: Asociación de Transporte Aéreo.

AC: Corriente alterna

AC: En aviación hace referencia a una circular de asesoramiento provista por un estado regulador.

D

DC: Corriente directa o continua

F

FAA: Administración Federal de Aviación de los EEUU.

FH: Horas de Vuelo.

G

GPU: Unidad de potencia en tierra

H

Hz: Frecuencia

K

Kw: Potencia requerida para la operación de un componente eléctrico

M

MDE: Manual de Mantenimiento Gazelle.

MTC: Manual de Técnicas Corrientes.

P

P: Identificación de la corriente continua según el manual de mantenimiento Gazelle.

PMV: Manual de Vuelo.

PRE: Programa Recomendado de Mantenimiento.

R

RPM: Revoluciones por minuto de una maquina giratoria.

V

VA: Relación voltio amperio de un componente eléctrico complejo.

X

X: Identificación de la corriente alterna según el manual de mantenimiento Gazelle.

Bibliografía

- Airbus. (2022). *Military support centres | Airbus*. <https://www.airbus.com>
- Airbus Helicopters. (1988). Maintenance Manual - MDE (Gazelle). In *Gazelle Helicopter* (Vol. 1). Direction Technique Support.
- Airbus Helicopters. (2021). *Training Manual (Gazelle)*.
- Airbus Helicopters. (2022). *Master Servicing Recommendations - PRE (Gazelle)* (Vol. 1). Direction Technique Support.
- Aircooltech Solutions. (2022). *Personal Protective Equipment Guidelines*. <https://www.aircooltechsolutions.com/2019/12/personal-protective-equipment-guidelines.html>
- An easy way to understand Aircraft Electrical System - AviationHunt*. (n.d.). Retrieved May 4, 2023, from <https://www.aviationhunt.com/aircraft-electrical-system/>
- Aurora to Support Hybrid Electric Flight Demonstration Program - Aurora Flight Sciences*. (n.d.). Retrieved May 5, 2023, from <https://www.aurora.aero/2022/02/03/aurora-to-support-hybrid-electric-flight-demonstration-program/>
- Barzkar, A., & Ghassemi, M. (2020). Electric power systems in more and all electric aircraft: A review. *IEEE Access*, 8, 169314–169332. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3024168>
- Cao, Y., Liu, G., & Liu, Z. (2009a). *Condition Based Maintenance for Aircraft Electrical Systems*. <http://www.sae.org>
- Cao, Y., Liu, G., & Liu, Z. (2009b). Condition Based Maintenance for Aircraft Electrical Systems. *SAE Technical Papers*. <https://doi.org/10.4271/2009-01-3163>
- Chen, D., Wang, X., & Zhao, J. (2012). Aircraft Maintenance Decision System Based on Real-time Condition Monitoring. *Procedia Engineering*, 29, 765–769. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2012.01.038>
- Chen, L., Ranjan, P., Han, Q., Alabani, A., & Cotton, I. (2022). Standards and Regulations Pertaining to Aircraft. *Transportation Electrification*, 231–248. <https://doi.org/10.1002/9781119812357.CH10>
- Chen, Y., & Hwang, J. K. (2008). A power-line-based sensor network for proactive electrical fire precaution and early discovery. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 23(2), 633–639. <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2008.917945>
- Ejército Ecuatoriano. (2022). *Aviación del Ejército - Ejército Ecuatoriano*. <https://ejercitoecuadoriano.mil.ec>
- Electrical System Design*. (n.d.). Retrieved May 4, 2023, from <https://www.kitplanes.com/electrical-system-design/>

- Electrical Systems - Aviation Safety*. (n.d.). Retrieved May 4, 2023, from <https://www.aviationsafetymagazine.com/features/electrical-systems/>
- Emadi, A., & Ehsani, M. (2000). Aircraft power systems: technology, state of the art, and future trends. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 15(1), 28–32. <https://doi.org/10.1109/62.821660>
- FAA. (1998). AC 43.13-1B: Acceptable methods, techniques, and practices - Aircraft inspection and repair. *Advisory Circular*, 1.
- FAA. (2018). *Aviation Maintenance Technician Handbook-General*. www.faa.gov.
- Gago Burón, G. M. (2016). *Sistema eléctrico de los aviones*. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/18103>
- Insulation Resistance Test | Carelabz.com*. (n.d.). Retrieved May 5, 2023, from <https://carelabz.com/insulation-resistance-test-service/>
- Jackson, C., & Grimster, W. (1972). Human aspects of vibration and noise in helicopters. *Journal of Sound and Vibration*, 20(3), 343–351. [https://doi.org/10.1016/0022-460X\(72\)90615-3](https://doi.org/10.1016/0022-460X(72)90615-3)
- Liu, J., Yang, S., & Ren, R. (2021). Power Input Characteristic Measurement System for Airborne Electrical Equipment Based on Labview. *2021 15th IEEE International Conference on Electronic Measurement and Instruments, ICEMI 2021*, 310–314. <https://doi.org/10.1109/ICEMI52946.2021.9679592>
- Lovesey, E. (1975). The helicopter — some ergonomic factors. *Applied Ergonomics*, 6(3), 139–146. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(75\)90002-2](https://doi.org/10.1016/0003-6870(75)90002-2)
- Low, J. (2015). Systems Engineering Approach to Electrical Wire Interconnection System (EWIS) Development. *SAE Technical Papers, 2015-September*(September). <https://doi.org/10.4271/2015-01-2447>
- Madonna, V., Giangrande, P., & Galea, M. (2018a). Electrical Power Generation in Aircraft: Review, Challenges, and Opportunities. *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, 4(3), 646–659. <https://doi.org/10.1109/TTE.2018.2834142>
- Madonna, V., Giangrande, P., & Galea, M. (2018b). Electrical Power Generation in Aircraft: Review, Challenges, and Opportunities. *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, 4(3), 646–659. <https://doi.org/10.1109/TTE.2018.2834142>
- Naayagi, R. T. (2013). A review of more electric aircraft technology. *2013 International Conference on Energy Efficient Technologies for Sustainability, ICEETS 2013*, 750–753. <https://doi.org/10.1109/ICEETS.2013.6533478>
- Oñate A. (2019). *Conocimientos del avión* (7th ed.). Paraninfo.

- Pejkić, G., & Vulić, R. (2014). *MODEL OF EQUIPPING GAZELLE HELICOPTER FOR THE SEARCH AND RESCUE TASKS*.
- Petrýdes, P., Hůlek, D., & Novák, M. (2017). Usage of Bonding Meters in Aviation. *MAD - Magazine of Aviation Development*, 5(4), 20. <https://doi.org/10.14311/mad.2017.04.03>
- Plytus, H. R., & Плитус, Г. П. (2021). *Special aspects of aircraft wiring shielding*. <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/50501>
- SUN, J., WANG, F., & NING, S. (2020). Aircraft air conditioning system health state estimation and prediction for predictive maintenance. *Chinese Journal of Aeronautics*, 33(3), 947–955. <https://doi.org/10.1016/J.CJA.2019.03.039>
- Teal, C., & Larsen, W. (2002). A planned maintenance program for aircraft wiring. *AIAA/IEEE Digital Avionics Systems Conference - Proceedings*, 2. <https://doi.org/10.1109/DASC.2002.1052994>
- Tomasella, F., Fioriti, M., Boggero, L., & Corpino, S. (2019). Method for Estimation of Electrical Wiring Interconnection Systems in Preliminary Aircraft Design. <https://doi.org/10.2514/1.C034943>
- Tompkins, P. (2004). *High-Voltage Electric Safety: Safety Precautions for Working On or Near High-Voltage Power Lines*. OnePetro. /ASSPPDCE/proceedings-abstract/ASSE04/All-ASSE04/32517
- Traskos, M. (2017). Electrical Wiring Interconnect System. *Digital Avionics Handbook*, 406–417. <https://doi.org/10.1201/B17545-25>
- Types of Aircraft Maintenance - Aviation A2Z*. (n.d.). Retrieved May 5, 2023, from <https://a2zblog.in/types-of-aircraft-maintenance-aviation-a2z/>
- Year of Manufacture: 2013 (Serial no: 3449485)*. (2019).
- Zhu, Z. (n.d.). *Automatic 3D Routing for the Physical Design of Electrical Wiring Interconnection Systems for Aircraft Some of the authors of this publication are also working on these related projects: 3D Routing for Electrical Wiring Interconnection System View project Intelligent Morphing Wing Aircraft View project*. <https://doi.org/10.4233/uuid:2ca107b4-202d-4638-a044-d45649b89275>
- П., А. П., Федерации, М. науки и высшего образования Р., университет), С. национальный исследовательский университет им. С. П. К. (Самарский, & П., А. П. (2020). *Aircraft electrical and electronic systems*. <http://repo.ssau.ru/handle/Uchebnye-izdaniya/Aircraft-electrical-and-electronic-systems-ucheb-posobie-Tekst-elektronnyi-83876>

Anexos