



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

“Reparación estructural del fuselaje central, de acuerdo a la documentación técnica aplicable al helicóptero Gazelle SA 341L, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE”

Quishpe Alvear, Luis Piterson

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

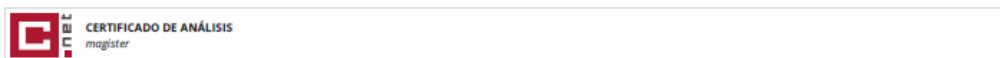
Monografía, previa a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Mecánica Aeronáutica

Ing. Muñoz Grandes, Milton Stalin

14 de febrero del 2023

Latacunga

Reporte de verificación de contenido



Quishpe Alvear Luis Piterson

4% Similitudes
 < 1% Texto entre comillas
 0% similitudes entre comillas
 2% Idioma no reconocido

Nombre del documento: Quishpe Alvear Luis Piterson.pdf
 ID del documento: 7a9daa7ca9f6024c7fd862cb4cc0bb300fe292b6
 Tamaño del documento original: 4,22 Mo

Depositante: ANGEL XAVIER ARIAS PEREZ
 Fecha de depósito: 17/2/2023
 Tipo de carga: interface
 fecha de fin de análisis: 17/2/2023

Número de palabras: 9786
 Número de caracteres: 64.953

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes

Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.espe.edu.ec Rehabilitación del sistema hidráulico del helicóptero GAZE... 2 Fuentes similares	2%		Palabras idénticas : 2% (164 palabras)
2	repositorio.espe.edu.ec Repotenciación del sistema hidráulico del helicóptero GAZ... 1 Fuente similar	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (81 palabras)
3	customaviation.com.co Un pequeño glosario del mundo de la aviación (Parte 1) - C... https://customaviation.com.co/2018/10/01/un-pequeno-glosario-del-mundo-de-la-aviazione/	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (72 palabras)
4	repositorio.espe.edu.ec Inspección de 100 horas del estabilizador horizontal, medi... 1 Fuente similar	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (59 palabras)
5	repositorio.utl.edu.ec EL MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ Y SU RELACIÓN EN LA OP... http://repositorio.utl.edu.ec/bitstream/123456789/561/3/TESIS_FINAL_OLEAS_IMPRESIÓN.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (33 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.espe.edu.ec Rehabilitación del sistema de combustible auxiliar según ... http://repositorio.espe.edu.ec/8080/bitstream/21000/28781/4/M-ESPEL-CMA-0599.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (37 palabras)
2	www.dspace.espol.edu.ec Implementación de un centro de mantenimiento aeroná... http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13299/1/Implementación de un Centro de Man...	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (27 palabras)
3	Elaboración de una guía para mejorar el proceso de recuperación de láminas de ac... http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/15000/2147/6/CD-1406.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (20 palabras)
4	Documento de otro usuario #446833 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (10 palabras)

Fuentes ignoradas Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.espe.edu.ec Inspección de 800 horas (I2) del Helicóptero Lama SA 315 ... http://repositorio.espe.edu.ec/8080/bitstream/21000/27308/4/M-ESPEL-CMA-0801.pdf.txt	5%		Palabras idénticas : 5% (468 palabras)
2	repositorio.espe.edu.ec Mantenimiento y comprobación del funcionamiento del a... http://repositorio.espe.edu.ec/8080/bitstream/21000/27849/4/M-ESPEL-CMA-0666.pdf.txt	3%		Palabras idénticas : 3% (270 palabras)
3	hmong.es Aerospatiale SA341 Gazelle https://hmong.es/es/Aerospatiale_SA341_Gazelle	2%		Palabras idénticas : 2% (201 palabras)



Firmado electrónicamente por:
MILTON STALIN MUNOZ GRANDES

Ing. Muñoz Grandes, Milton Stalin

C.C.: 0502445547



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

Certificación

Certifico que la monografía: **“Reparación estructural del fuselaje central, de acuerdo a la documentación técnica aplicable al helicóptero Gazelle SA 341L, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE”** fue realizada por el señor **Quishpe Alvear, Luis Piterson**, 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, 14 de febrero del 2023



Firmado electrónicamente por:
**MILTON STALIN MUNOZ
GRANDES**

.....
Ing. Muñoz Grandes, Milton Stalin

C.C.: 0502445547



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Quishpe Alvear, Luis Piterson**, con cédula de ciudadanía n° 1727236950, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“Reparación estructural del fuselaje central, de acuerdo a la documentación técnica aplicable al helicóptero Gazelle SA 341L, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE”** 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, 14 de febrero del 2023

Quishpe Alvear, Luis Piterson

C.C.: 1727236950



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

Autorización de Publicación

Yo, **Quishpe Alvear, Luis Piterson**, con cédula de ciudadanía n° 1727236950, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“Reparación estructural del fuselaje central, de acuerdo a la documentación técnica aplicable al helicóptero Gazelle SA 341L, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 14 de febrero del 2023

Quishpe Alvear, Luis Piterson

C.C.: 1727236950

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado en primer lugar a Dios, por darme fortaleza y sabiduría a lo largo de todos los años de estudio para enfrentar los momentos difíciles y permitirme llegar a la culminación de mi carrera universitaria que es lo que más me apasiona. A mis padres, por darme su apoyo incondicional para poder llegar a esta instancia de mis estudios, ya que ellos siempre han estado junto a mí en todo momento durante toda mi etapa de aprendizaje, y por ser el ejemplo de vida a seguir. A mi familia, amigos y conocidos en general, quienes con amor y comprensión me dieron la fuerza necesaria para poder afrontar mis miedos y por la confianza depositada en mí durante todo el proceso de formación.

Quishpe Alvear, Luis Piterson

Agradecimiento

Agradezco a Dios por permitirme cumplir un objetivo más en mi vida académica, y por darme todas las capacidades físicas y mentales para poder realizarlo, y sobre todo por poner a las mejores personas en mi camino para guiarme con su amplio conocimiento a lo largo de todo mi aprendizaje continuo. A mi familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre dándome ejemplo de superación, humildad y por todos sus consejos. A la noble institución la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga, que me ha permitido adquirir conocimientos y desarrollar fortalezas en el ámbito de sus valores institucionales. A mi tutor, quien supo guiarme por el camino del conocimiento y la investigación a lo largo de todo este periodo. Y finalmente agradezco a todos los docentes de la carrera por todas las enseñanzas y vivencias obtenidas a lo largo de la vida universitaria, y por todos sus consejos y recomendaciones para seguir adelante.

Quishpe Alvear, Luis Piterson

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	7
ÍNDICE DE CONTENIDOS	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
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>	<i>20</i>
<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>20</i>
Alcance	20
Capítulo II: Marco teórico	21
Helicóptero Gazelle AS 341L.....	21
<i>Historia del helicóptero Gazelle AS 341L.....</i>	<i>21</i>
<i>Descripción del helicóptero Gazelle AS 341L.....</i>	<i>23</i>

	9
Datos técnicos y características del helicóptero Gazelle AS 341L	24
Fuselaje del helicóptero Gazelle AS 341L	25
<i>Estructura</i>	<i>26</i>
<i>Puertas de acceso</i>	<i>22</i>
<i>Carenados</i>	<i>24</i>
Materiales utilizados en la construcción del fuselaje del helicóptero Gazelle AS 341L	
26	
<i>Zonas de construcción de aleaciones de aluminio 2024 T3.....</i>	<i>26</i>
<i>Zonas de construcción de fibra de vidrio</i>	<i>26</i>
<i>Zonas de construcción de paneles tipo honeycomb</i>	<i>26</i>
<i>Zonas de construcción de material transparente.....</i>	<i>26</i>
Inspecciones y reparaciones en materiales metálicos de aeronaves	29
<i>Inspecciones en materiales metálicos</i>	<i>30</i>
<i>Reparaciones en materiales metálicos</i>	<i>35</i>
Mantenimiento aeronáutico.....	40
<i>Niveles de Mantenimiento.....</i>	<i>40</i>
<i>Tipos de mantenimiento.....</i>	<i>41</i>
<i>Modos de mantenimiento.....</i>	<i>42</i>
<i>Tipos de inspecciones de mantenimiento</i>	<i>44</i>
Documentación aeronáutica aplicable al helicóptero Gazelle AS 341L	45
<i>Principios de preparación de los manuales</i>	<i>45</i>
<i>Caracterización de los manuales del helicóptero Gazelle AS 341L</i>	<i>46</i>
Medidas de seguridad en mantenimiento aeronáutico	50
Capítulo III: Desarrollo del tema.....	51
Descripción general	51

	10
Preparación del área de trabajo	52
Inspección preliminar del fuselaje del helicóptero Gazelle AS 341L.....	53
Proceso de reparación estructural del fuselaje central del helicóptero Gazelle AS 341L 54	
<i>Estructura del fuselaje central.....</i>	<i>54</i>
<i>Puertas de acceso</i>	<i>62</i>
Inspección final de la estructural del fuselaje central del helicóptero Gazelle AS 341L 70	
Capítulo IV: Conclusiones y recomendaciones	71
Conclusiones	71
Recomendaciones	72
Glosario	73
Abreviaturas.....	75
Bibliografía	77
Anexos.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Helicóptero Gazelle AS 341L de la Aviación del Ejército de Ecuador</i>	21
Figura 2 <i>Helicóptero Gazelle AS 341L en el conflicto del alto Cenepa</i>	22
Figura 3 <i>Cabina de mando del helicóptero Gazelle AS 341L</i>	23
Figura 4 <i>Dimensiones generales del helicóptero Gazelle AS 341L</i>	24
Figura 5 <i>Fuselaje del helicóptero Gazelle AS 341L</i>	17
Figura 6 <i>Cabina del helicóptero Gazelle AS 341L</i>	17
Figura 7 <i>Estructura inferior del helicóptero Gazelle AS 341L</i>	18
Figura 8 <i>Estructura central del helicóptero Gazelle AS 341L</i>	19
Figura 9 <i>Estructura posterior del helicóptero Gazelle AS 341L</i>	21
Figura 10 <i>Estabilizador horizontal del helicóptero Gazelle AS 341L</i>	21
Figura 11 <i>Puertas delanteras del helicóptero Gazelle AS 341L</i>	23
Figura 12 <i>Puertas posteriores del helicóptero Gazelle AS 341L</i>	23
Figura 13 <i>Carenado MGB del helicóptero Gazelle AS 341L</i>	24
Figura 14 <i>Carenados del motor del helicóptero Gazelle AS 341L</i>	25
Figura 15 <i>Carenados de la estructura posterior del helicóptero Gazelle AS 341L</i>	25
Figura 16 <i>Zonas de construcción de aleaciones de aluminio 2024 T3</i>	27
Figura 17 <i>Zonas de construcción de fibra de vidrio</i>	27
Figura 18 <i>Zonas de construcción de paneles tipo honeycomb</i>	28
Figura 19 <i>Zonas de construcción de material transparente</i>	28
Figura 20 <i>Inspecciones y reparaciones en materiales metálicos de aeronaves</i>	29
Figura 21 <i>Inspecciones en materiales metálicos</i>	30
Figura 22 <i>NDT - Inspección visual</i>	32
Figura 23 <i>NDT - Inspección con tintas penetrantes</i>	32

	12
Figura 24 <i>NDT - Inspección con partículas magnéticas</i>	33
Figura 25 <i>NDT - Inspección con rayos X</i>	34
Figura 26 <i>NDT - Inspección por ultrasonido</i>	34
Figura 27 <i>NDT - Inspección por corrientes inducidas</i>	35
Figura 28 <i>Reparaciones en materiales metálicos</i>	36
Figura 29 <i>Diseño para una reparación</i>	38
Figura 30 <i>Reparación externa en el fuselaje de una aeronave</i>	39
Figura 31 <i>Mantenimiento aeronáutico</i>	40
Figura 32 <i>Mantenimiento con tiempo límite (Hard Time – HT)</i>	42
Figura 33 <i>Mantenimiento según verificación del estado (On Condition – OC)</i>	43
Figura 34 <i>Mantenimiento con vigilancia del comportamiento (Condition Monitoring – CM)</i>	43
Figura 35 <i>Overhaul</i>	44
Figura 36 <i>PRE - Programa recomendado de mantenimiento</i>	47
Figura 37 <i>MDE - Manual de mantenimiento</i>	48
Figura 38 <i>IPC - Catálogo ilustrado de partes</i>	49
Figura 39 <i>Área de trabajo</i>	52
Figura 40 <i>Limpieza general del helicóptero</i>	53
Figura 41 <i>Inspección preliminar del helicóptero</i>	54
Figura 42 <i>Evaluación del daño - falta de remaches en el fuselaje</i>	55
Figura 43 <i>Evaluación del daño – abolladuras en el fuselaje</i>	55
Figura 44 <i>Evaluación del daño - desgaste del material base en el fuselaje</i>	56
Figura 45 <i>Evaluación del daño - desgaste del material de soporte en el fuselaje</i>	56
Figura 46 <i>Selección del material de reparación - ALCLAD 2024 T3</i>	57
Figura 47 <i>Reparación de la estructura - falta de remaches en el fuselaje</i>	58
Figura 48 <i>Reparación de la estructura – abolladuras en el fuselaje</i>	59

Figura 49 <i>Reparación de la estructura - desgaste del material base en el fuselaje</i>	60
Figura 45 <i>Reparación de la estructura - desgaste del material de soporte en el fuselaje</i>	61
Figura 51 <i>Instalación de componentes de la estructura central del fuselaje</i>	62
Figura 52 <i>Evaluación del daño - falta de tornillos en las puertas</i>	63
Figura 53 <i>Evaluación del daño – abolladuras en las puertas.....</i>	64
Figura 54 <i>Evaluación del daño - desgaste del material de las puertas</i>	64
Figura 55 <i>Evaluación del daño - falta de cauchos en las puertas</i>	65
Figura 56 <i>Reparación de las puertas - falta de tornillos en las puertas.....</i>	66
Figura 57 <i>Reparación de las puertas - abolladuras en las puertas</i>	67
Figura 58 <i>Reparación de las puertas - desgaste del material de las puertas.....</i>	68
Figura 59 <i>Reparación de las puertas - colocación de cauchos en las puertas.....</i>	68
Figura 60 <i>Instalación de componentes de las puertas.....</i>	69
Figura 61 <i>Inspección final del fuselaje.....</i>	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Características generales del helicóptero Gazelle AS 341L</i>	25
Tabla 2 <i>Categorías para caracterización de manuales Gazelle AS 341L</i>	46
Tabla 3 <i>Manuales y categoría de “empleo” en el helicóptero Gazelle AS 341L</i>	46
Tabla 4 <i>Manuales y categoría de “mantenimiento” en el helicóptero Gazelle AS 341L</i>	47
Tabla 5 <i>Manuales y categoría de “identificación” en el helicóptero Gazelle AS 341L</i>	48
Tabla 6 <i>Manuales y categoría de “especial” en el helicóptero Gazelle AS 341L</i>	49
Tabla 7 <i>Medidas de seguridad en el mantenimiento aeronáutico</i>	50

Resumen

El presente trabajo de titulación contiene información acerca de la reparación estructural en materiales metálicos de los componentes del fuselaje central del helicóptero Gazelle AS 341L, en referencia al manual de reparación estructural (MRR), manual de técnicas corrientes (MTC) e información técnica aplicable. Esto con el fin de mantener en condiciones adecuadas los diferentes componentes, aumentando así la funcionalidad de la aeronave para la utilización por parte de los docentes y estudiantes en el desarrollo de prácticas de mantenimiento. 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 pudo interpretar los procedimientos necesarios para realizar las diferentes reparaciones en materiales metálicos. Una vez realizado todo lo anterior, fue indispensable detectar y evaluar el estado de los componentes, para posteriormente ejecutar y detallar los procedimientos de reparación en de los componentes del fuselaje central del helicóptero Gazelle AS 341L. Además, para la realización del proyecto se contó con herramientas, equipos de apoyo y documentación técnica necesaria para ejecutar las diferentes inspecciones y reparaciones de manera óptima.

Palabras clave: helicóptero Gazelle AS 341L, reparación estructural, inspección del helicóptero, materiales metálicos.

Abstract

This degree work contains information about the structural repair in metallic materials of the components of the central fuselage of the Gazelle AS 341L helicopter, referring to the structural repair manual (MRR), current techniques manual (MTC) and applicable technical information. This in order to maintain the different components in adequate conditions, thus increasing the functionality of the aircraft for use by teachers and students in the development of maintenance practices. 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 possible to interpret the necessary procedures to carry out the different repairs in metallic materials. Once all of the above was done, it was essential to detect and evaluate the state of the components, to subsequently execute and detail the repair procedures of the components of the central fuselage of the Gazelle AS 341L helicopter. In addition, to carry out the project, there were tools, support equipment and technical documentation necessary to carry out the different inspections and repairs in an optimal way.

Keywords: Gazelle AS 341L helicopter, structural repair, helicopter inspection, metallic materials.

Capítulo I

Planteamiento del problema

Antecedentes

La Aviación del Ejército nace en el año de 1954, mediante el entusiasmo y espíritu del señor capitán de infantería Colón Grijalva Herdoiza, quien una vez cumplida su aspiración de tener la licencia de piloto, fue motivado a cambiar su especialidad de infantería por la aviación, liderando de esta manera, la aviación del ejército ecuatoriano, así fundó la primera unidad de la aviación militar, la cual empezó realizando vuelos de abastecimiento de comida al personal militar que se encontraba en los diversos destacamentos del territorio ecuatoriano brindando seguridad (Ejército Ecuatoriano, 2022).

El centro de mantenimiento de aviación de la Brigada de Aviación Nro. 15 “Paquisha” está especializada en el mantenimiento de aeronaves y sus respectivos componentes, además esta unidad cuenta con sus propias instalaciones de repuestos para las aeronaves de ala rotatoria y ala fija, actualmente sus instalaciones cumplen altos estándares de calidad, y su personal de mantenimiento recibe las capacitaciones adecuadas para realizar los trabajos de mantenimiento y mantener a todas sus aeronaves operativas.

El Gazelle AS 341L es un helicóptero ligero de fabricación francesa que voló por primera vez en 1967, cumple diferentes misiones, y fue producido en serie a principio de los años 70 en dos versiones comerciales (SA-341 y SA-342), este helicóptero consta de un rotor principal y un rotor de cola, los mismos que en vuelo evita las vibraciones de la aeronave. El mantenimiento del fuselaje del helicóptero es importante ya que se pueden presentar diferentes problemas como grietas y abolladuras, por ende, es necesario realizar el mantenimiento adecuado en base a las prácticas de mantenimiento estipuladas por el fabricante (Pejkić & Vulić, 2014).

Planteamiento del problema

El helicóptero Galleze SA 341L, fue una de las aeronaves más utilizada en la aviación del ejército ecuatoriano cumpliendo diferentes misiones, por ende la estructura del fuselaje del helicóptero ha sufrido grandes esfuerzos estructurales así como sus sistemas al realizar diversas horas de vuelo, debido a ello la aeronave mencionada ha cumplido con su vida útil quedando fuera de servicio por las diferentes fallas estructurales, las mismas que mantendrán a la aeronave inoperativa hasta que las condiciones sean aceptables acorde a la documentación técnica.

Al no realizarse un mantenimiento adecuado, el helicóptero tiende a contraer diversos daños estructurales que se presentan en la parte central de la aeronave, como son fallas causadas por la inoperatividad y la falta de mantenimiento; por ende, los componentes estructurales se encuentran en condiciones de reparación, para lo cual se deben realizar las diferentes tareas indicadas por el fabricante en base a la documentación técnica aplicable a la aeronave. Esto para que pueda ser transportado a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y pueda formar parte de las aeronaves escuela para instrucción tanto de docentes como estudiantes de la carrera.

Antes de que la aeronave sea entregada a la universidad, se deberá realizar diferentes procesos de reparaciones estructurales de acuerdo al manual de reparaciones para obtener los resultados deseados; esto implica muchos factores ya que la aeronave se encuentra expuesta a los cambios climáticos, por lo cual afecta los componentes internos. Cuando no se realiza el mantenimiento adecuado como se especifica en el manual de reparaciones, todos los componentes se verían afectados en los sistemas y en la estructura en sí, ya que también es un factor importante dentro de la performance del helicóptero.

Justificación e importancia

La seguridad en aviación hace que sea necesario la realización de inspecciones y reparaciones de los diferentes sistemas de las aeronaves. Este es el caso del helicóptero Gazelle AS 341L, el mismo que fue dado de baja de la flota de la Brigada de aviación Nro. 15 “Paquisha” del Ejército Ecuatoriano y será trasladado a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE para que sirva como material de instrucción en la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica, y para ello será necesario realizar diferentes reparaciones estructurales en el fuselaje central para mantenerlo en óptimas condiciones y así se pueda preservar con el tiempo sin ningún inconveniente.

El presente proyecto pretende contribuir a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, específicamente a la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica perteneciente al Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, aportando el helicóptero Gazelle AS 341L como material de apoyo e instrucción para los docentes y estudiantes en investigaciones posteriores que se puedan realizar, que contribuyan al conocimiento con la finalidad de mejorar su aprendizaje relacionado a las reparaciones estructurales que se puedan realizar en el helicóptero.

La factibilidad del proyecto es adecuada, ya que se cuenta con herramientas, equipos y documentación técnica necesaria para realizar las diferentes tareas de reparaciones estructurales al fuselaje central de la aeronave Gazelle AS 341L. Todos los procedimientos, se los realizará mediante la ayuda del manual de reparación estructural (MRS) y el manual de técnicas corrientes (MTC), además se cuenta con la ayuda y el apoyo del personal de mantenimientos de la Brigada de aviación Nro. 15 “Paquisha” del Ejército Ecuatoriano para realizar todas las tareas necesarias.

Objetivos

Objetivo general

Realizar la reparación estructural del fuselaje central, de acuerdo a la documentación técnica aplicable al helicóptero Gazelle SA 341L, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Objetivos específicos

- Recopilar información técnica necesaria para llevar a cabo los procedimientos de reparación estructural del fuselaje central del helicóptero Gazelle AS 341L.
- Inspeccionar y evaluar el estado de los componentes de la zona central del fuselaje del helicóptero para detectar diferentes daños, previo a la reparación de los mismos.
- Ejecutar los procedimientos de reparación de la zona central del fuselaje del helicóptero Gazelle AS 341L, en base a la documentación técnica aplicable.
- Realizar una inspección final y detallar los resultados obtenidos en las reparaciones estructurales del fuselaje del helicóptero Gazelle SA 341L.

Alcance

El presente proyecto va dirigido a realizar la reparación de los componentes del fuselaje central del Helicóptero Gazelle SA 341L, en referencia al manual de reparación estructural (MRS), manual de técnicas corrientes (MTC) e información técnica aplicable; los mismos que involucran procesos y materiales a utilizar para el cuidado de la estructura de la aeronave, dando como resultado una aeronave en óptimas condiciones para ser utilizado posteriormente como material de instrucción a los estudiantes de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica.

Capítulo II

Marco teórico

Helicóptero Gazelle AS 341L

Historia del helicóptero Gazelle AS 341L

El helicóptero Gazelle ('gacela' en francés) es un helicóptero ligero polivalente de estructura metálica, concebido en la segunda mitad de los años 1960 por Sud Aviation y producido en serie a principio de los años de 1970 por la Société Nationale Industrielle Aérospatiale (SNIAS o Aérospatiale) en colaboración con Westland Helicopters. Dio origen a dos versiones comerciales principales (SA341 y SA342). Aunque la mayor parte de su producción fue destinada a ejércitos nacionales (Francia, Ecuador, Marruecos, Reino Unido, Yugoslavia, Egipto, Kuwait, Irak etc.) ya que esa era su misión principal, también gozó de cierto éxito en el ámbito civil. A pesar de su antigüedad, esta aeronave sigue constituyendo la principal fuerza de helicópteros de combate de muchos países (Airliners, 2022).

Figura 1

Helicóptero Gazelle AS 341L de la Aviación del Ejército de Ecuador



Nota. La figura muestra la vista lateral del helicóptero Gazelle SA 341L de la Aviación del Ejército de Ecuador, con su esquema táctico apto para camuflarse en la selva. Tomado de (Villalba J., 2017).

En la década del 80 del siglo XX, la Aviación del Ejército del Ecuador recibe sus primeros helicópteros Aerospatiale SA 330 Puma y SA 315 Lama, y en 1985 un refuerzo de varios helicópteros AS 332 Súper Puma y SA 341 Gazelle, de ataque y de reconocimiento, equipados con misiles antitanque. En 2002 los Gazelle fueron modernizados recibiendo sistemas que incluye un sensor térmico de alta calidad para visión nocturna, cámaras y lentes para la visualización diurna, una mira láser y sistemas de adquisición de blancos (Ejército Ecuatoriano, 2022). Los helicópteros de la Aviación del Ejército de Ecuador (AS-332 Super Puma, Puma y SA 341, SA 342 Gazelle), tuvieron su bautismo de fuego en 1995 realizando misiones de ataque, de evacuación médica y de abastecimiento, prestando apoyo a las tropas y cumpliendo más de 5000 horas de vuelo en 11 misiones de combate.

Figura 2

Helicóptero Gazelle AS 341L en el conflicto del alto Cenepa



Nota. La figura muestra el helicóptero SA 341L Gazelle de la Aviación del Ejército de Ecuador equipado con contenedores artillados para apoyo a tropas de infantería en el campo de operaciones. Tomado de (Ejército Ecuatoriano, 2022).

Descripción del helicóptero Gazelle AS 341L

El Gazelle fue concebido para reemplazar a los Alouette II, integra muchos avances tecnológicos siendo el primero en utilizar un Fenestron en lugar del rotor antipar tradicional. Fue el primer helicóptero habilitado en vuelo monopiloto en CAT I (condiciones meteorológicas de aterrizaje) en 1975 en su versión SA 341G. Por otra parte, la estructura está construida con paneles "sándwich" de fibra de carbono. El rotor principal está equipado por tres palas principales "flexibles", proporcionando a los pasajeros comodidad frente a las vibraciones (Helis, 1997). El Gazelle aporta una gran ventaja en mantenimiento avanzado (operaciones simples de mantenimiento efectuadas por los mecánicos antes o después del vuelo), lo que permite grandes reducciones en el tiempo de operación y con un aumento en la fiabilidad. Como ejemplo el mantenimiento de un Alouette II o III al regreso de una misión tomaba 1 hora, contra los 30 minutos para un Gazelle.

Figura 3

Cabina de mando del helicóptero Gazelle AS 341L



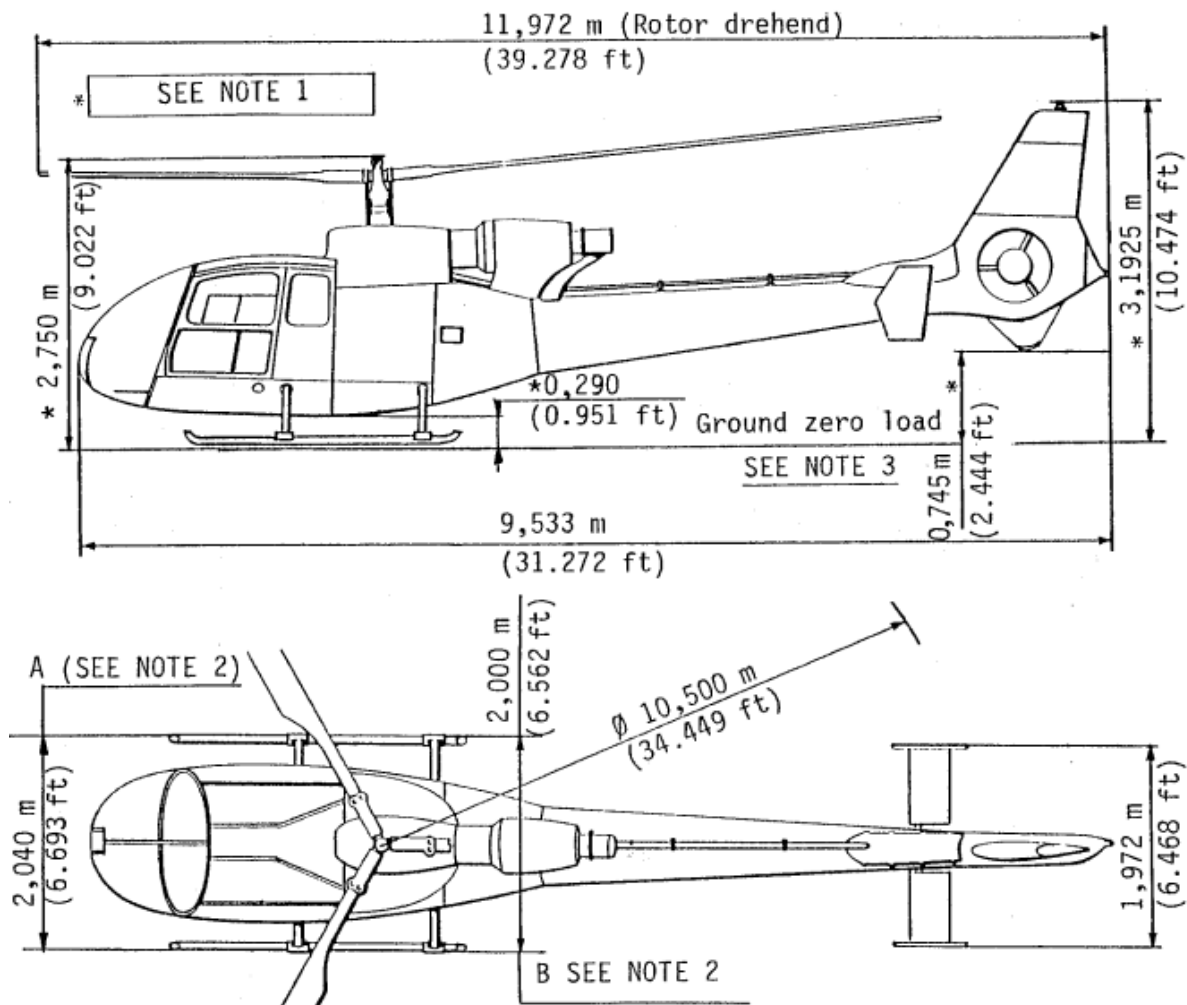
Nota. La figura muestra la cabina de mando del Gazelle SA 341L. Tomado de (Airbus, 2022).

Datos técnicos y características del helicóptero Gazelle AS 341L

La aeronave Gazelle AS 341L cuenta con un rotor principal de tres palas articulado de 10.50 metros de diámetro, dicho sistema de rotor ofrece un alto poder de control y una alta acción de amortiguación. En la Figura 4, se muestran las dimensiones principales del fuselaje, las dimensiones citadas están relacionadas con la aeronave equipada con un tren de aterrizaje tipo fijo (Airbus Helicopters, 1988).

Figura 4

Dimensiones generales del helicóptero Gazelle AS 341L



Nota. La figura muestra las dimensiones generales del helicóptero Gazelle SA 341L. Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

Se pueden destacar algunas características del helicóptero, como el revestimiento liso de los pisos de la cabina para el deslizamiento de las cargas en caso de que sea necesario, y cuando se ingrese carga estas deben ser distribuidas de tal manera que el equilibrio longitudinal y lateral de la aeronave se mantenga dentro de los límites permitidos como indica el fabricante. En la Tabla 1, se pueden observar algunas de las características generales de la aeronave de ala rotatoria, la misma que ofrece diferentes ventajas frente a otras de su misma categoría (Airbus Helicopters, 1988).

Tabla 1

Características generales del helicóptero Gazelle AS 341L

Características generales	
Tripulación	2
Capacidad	3 pasajeros
Longitud	11.97 m
Altura	3.15 m
Peso vacío	908 kg
Peso máximo al despegue	1800 kg
Diámetro del rotor principal	10.50 m
Velocidad máxima	310 km/h (193 mph, 167 kt)
Velocidad de crucero	264 km/h (164 mph, 143 kt)
Velocidad de ascenso	9 m/s

Nota. Tomado de (Wikiwand, 2005).

Fuselaje del helicóptero Gazelle AS 341L

El fuselaje de una aeronave, consiste en toda la aeronave a excepción del motor y conjuntos mecánicos. Esta construido de forma sencilla con el objetivo de unir los componentes entre sí, y debe brindar fiabilidad estructural durante el funcionamiento del helicóptero, además garantizar un nivel predeterminado de confort en la cabina y los pasajeros, ofrecer una alta eficiencia de operación, seguridad para la tripulación y los pasajeros, proporcionar una vista adecuada a los miembros de la tripulación y facilitar el acceso para la inspección y mantenimiento de todas las unidades ubicadas en el fuselaje (Oñate A., 2019).

El fuselaje del helicóptero Gazelle AS 341L, consiste de diferentes componentes principales (ver Figura 5) como son, la estructura, puertas de acceso LH/RH (7) y los carenados. La estructura consta de la cabina (1), estructura inferior (8), estructura central (6) y estructura posterior (4). Los carenados consisten en carenados caja de engranajes (2), carenados del motor (3) y un carenado posterior (5) (Airbus Helicopters, 1988).

Estructura

Como se mencionó la estructura consta de una cabina (ver Figura 6), la misma que tiene forma redondeada que permite una visualización total para el personal de vuelo. Está compuesta por un marco, paneles transparentes y puertas de acceso (Airbus Helicopters, 2021b).

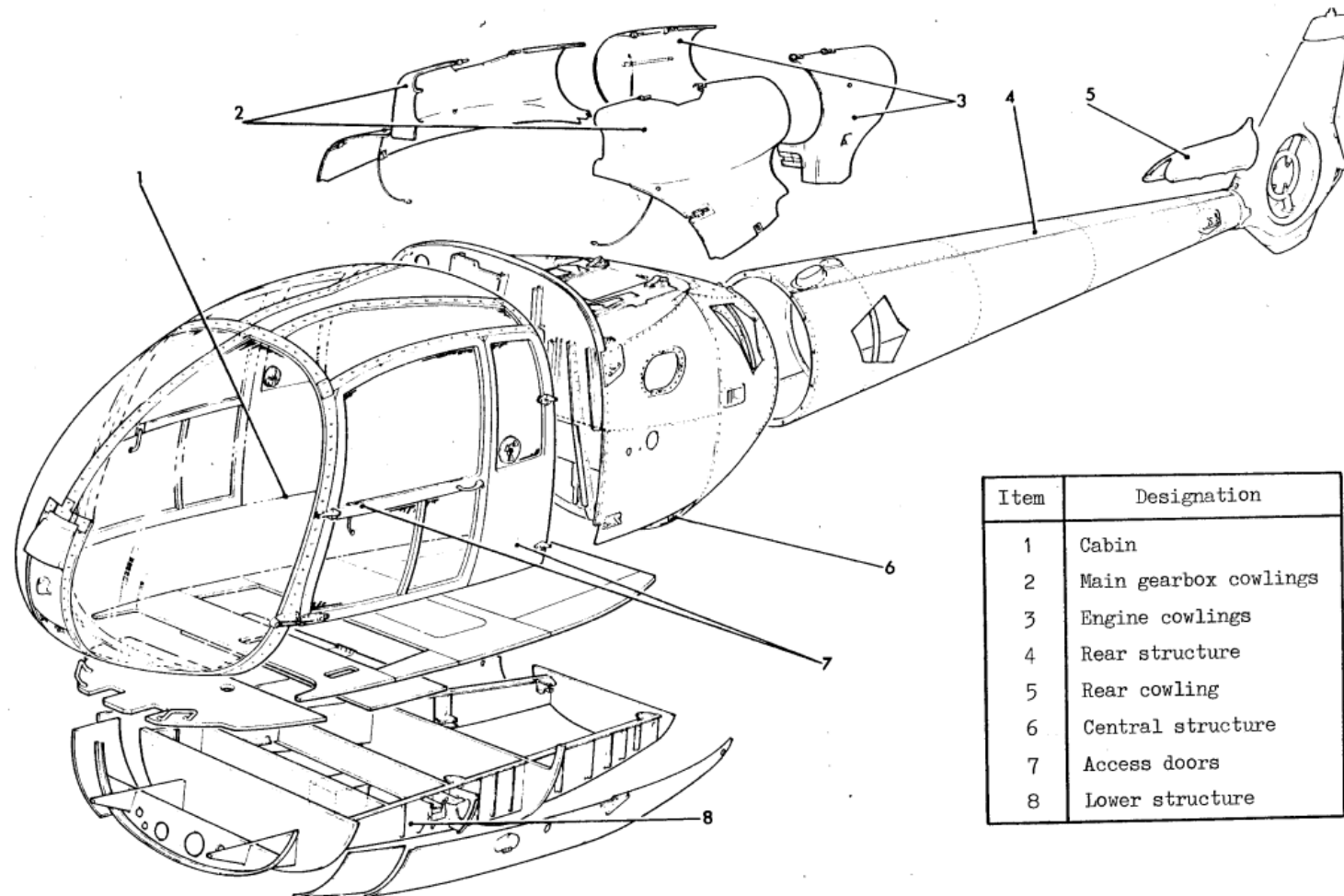
Marco. Está formado por una estructura de tubos de aleación ligera (2) de sección trapezoidal soldados entre sí, y un panel superior (3) realizado en material "sándwich metálico". La parte delantera del marco tiene un panel (7) ubicado en la línea central de la aeronave y equipado con una entrada de aire (6) para la ventilación de la cabina, una puerta (5) apoyada sobre dos bisagras en la parte inferior que permite el acceso a la batería y al compartimento eléctrico. El marco se une a la estructura inferior a 18° y a la estructura central en el mamparo en la estación 2571.5, la unión se realiza mediante tuercas y tornillos. La estanqueidad entre el marco y las puertas se garantiza mediante un perfil de goma adherido a los montantes del marco.

Paneles transparentes. Los paneles incluyen dos paneles frontales (1) y dos paneles de techo (4); estos son paneles de plexiglás¹ sujetos entre dos sellos de goma, asegurados al marco por tiras de cubierta aseguradas con tornillos. Para mejorar la estanqueidad de la cabina frente al agua se coloca un tramo de canales en cada larguero.

¹ Metacrilato, plásticos de ingeniería.

Figura 5

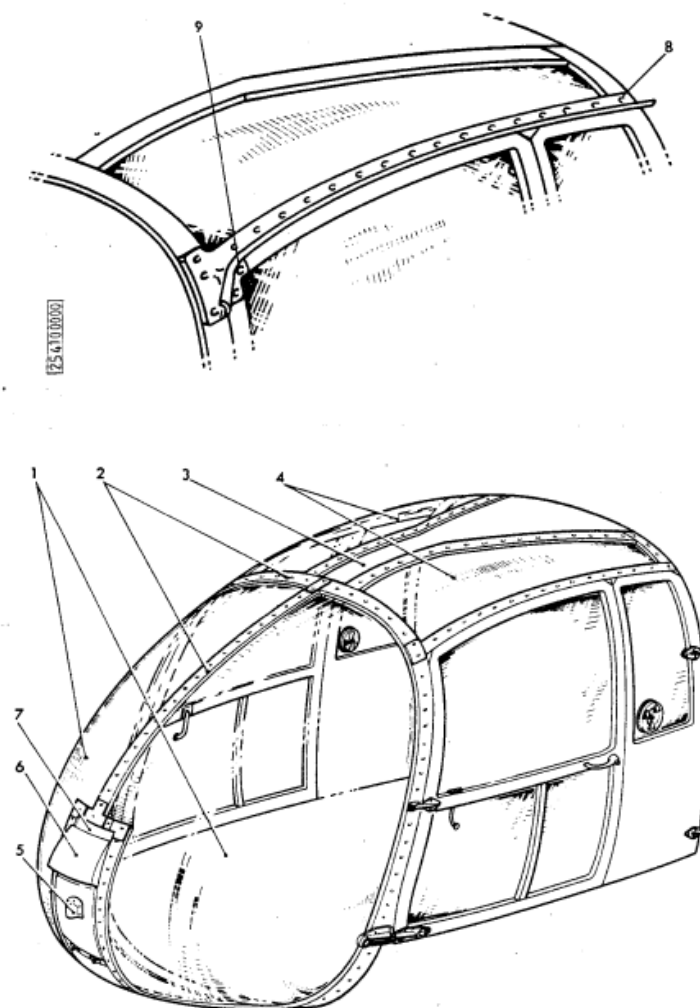
Fuselaje del helicóptero Gazelle AS 341L



Nota. La figura muestra los componentes del fuselaje del helicóptero Gazelle SA 341L. Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

Figura 6

Cabina del helicóptero Gazelle AS 341L



Item	Designation	Item	Designation
1	Front canopy panels	6	Air inlet
2	Framework	7	Front panel
3	Central overhead panel	8	Channel section (post Mod. 07.1330)
4	Ceiling panels	9	Stainless steel reinforcement bracket (post Mod. 07.1330)
5	Battery access door		

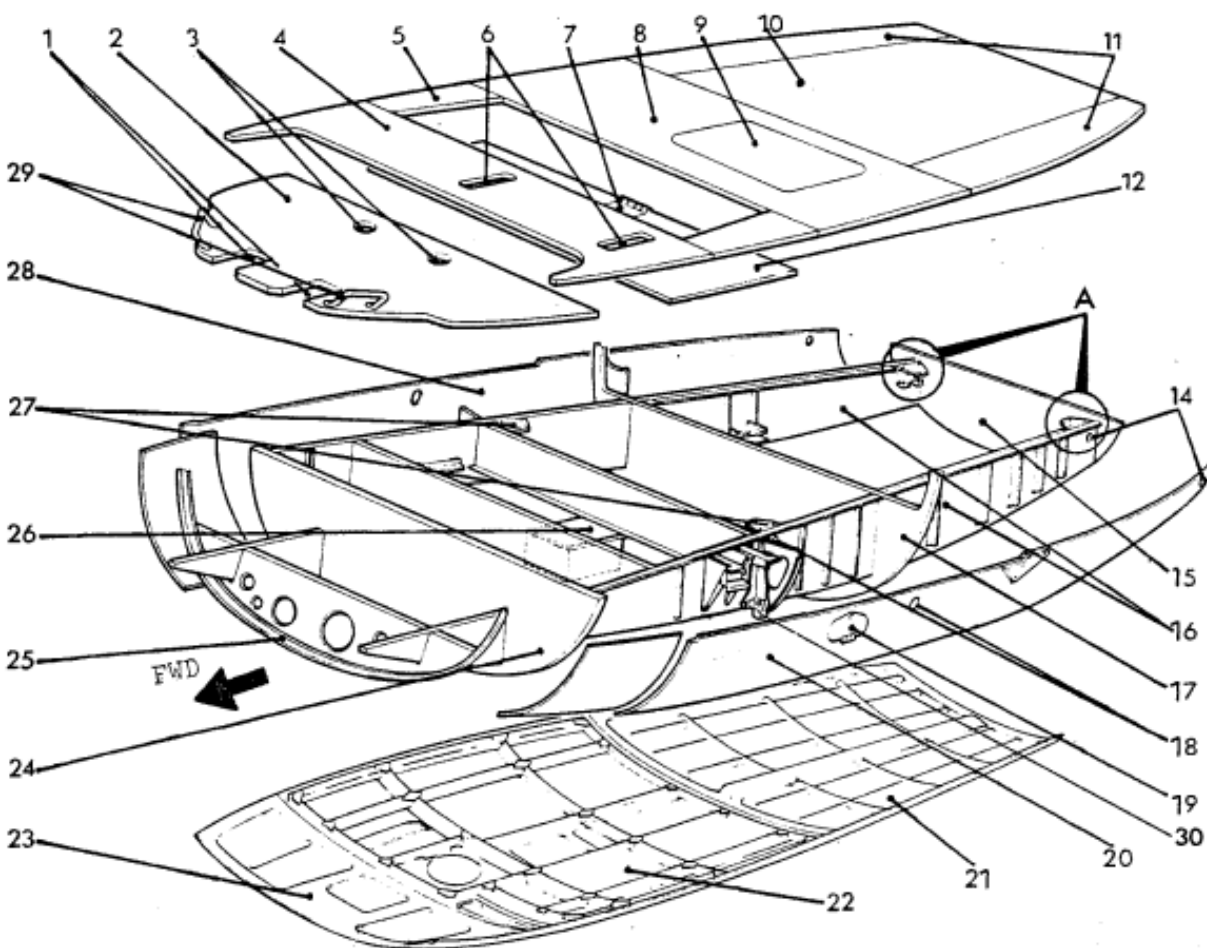
Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

La estructura también consta de una estructura inferior (ver Figura 7), la misma que tiene una estructura tipo caja, pisos y paneles inferiores desmontables.

Estructura tipo caja. Está formada por dos vigas longitudinales (16) separadas por los mamparos y dos piezas laterales (20) y (28) que forman el revestimiento exterior. Las piezas laterales y los largueros están perforados con orificios (18) y (14) para las patas delanteras y traseras del tren de aterrizaje. El lateral izquierdo está equipado con la puerta de acceso (19) para la toma de la planta externa DC.

Figura 7

Estructura inferior del helicóptero Gazelle AS 341L



Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

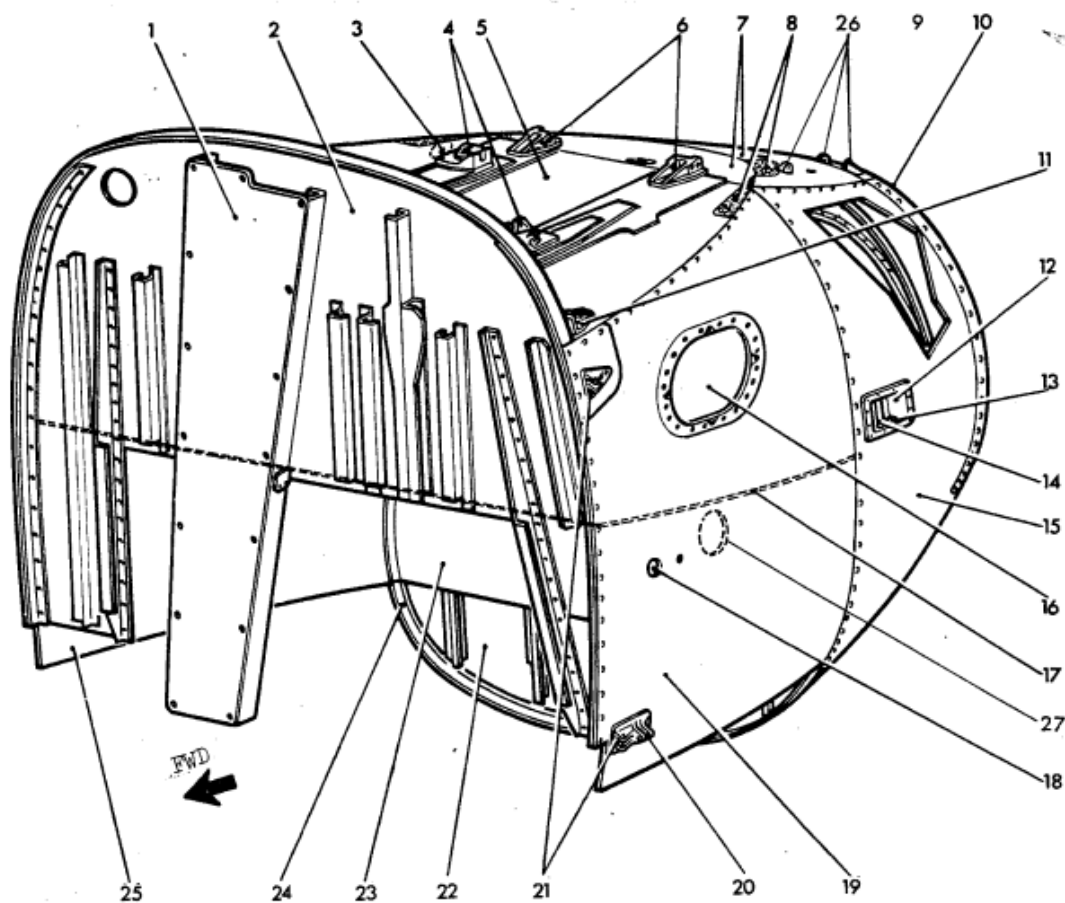
Pisos. Todos los pisos son de construcción metálica tipo "sándwich", el conjunto de pisos consta de: piso del piloto, piso del pasajero y pisos para la carga.

Paneles inferiores desmontables. La parte inferior de la estructura está formada por tres paneles de remoción rápida. Los dos paneles delanteros de chapa rigidizada dan acceso a los mandos de vuelo y a los miembros del tren de aterrizaje. El panel posterior (21) está fabricado de laminados de fibra de vidrio (Airbus Helicopters, 2021b).

Además, se tiene una estructura central que consiste de una estructura tipo caja delantera y una estructura tipo caja posterior como se observa en la Figura 8.

Figura 8

Estructura central del helicóptero Gazelle AS 341L



Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

Estructura tipo caja delantera. Consiste de un mamparo delantero (2), un mamparo posterior (23), una plataforma de apoyo a la transmisión (5), un piso central (17) y dos paneles laterales (19, 25). Básicamente esta estructura doble cajón es del tipo nido de abeja “honeycomb”, donde la parte superior recibe al reservorio de combustible y la parte inferior delimita a la bodega del equipaje.

Estructura tipo caja posterior. Consta de dos medias carcasas (izquierda y derecha) (22, 15), un conjunto de panel superior (7) y un marco inclinado (10). El cajón posterior tiene la forma ovaloide que recibe en su parte posterior al botalón de cola y en su parte superior soporta el grupo turbomotor, una pared cortafuego vertical fijada sobre el soporte de la turbina, y una pared de fuego horizontal con tubería de drenaje encaminada a través del botalón de cola. Existen dos drenajes debajo de la estructura que permiten identificar posibles fugas eventuales de combustible (Airbus Helicopters, 1988).

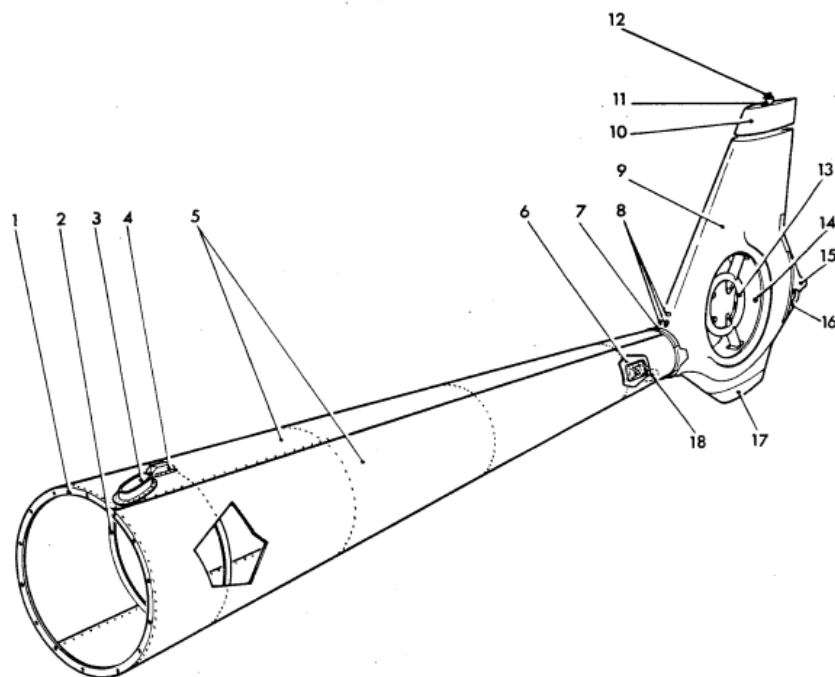
Por último, en lo que respecta a la estructura del helicóptero, se tiene una estructura posterior que consiste del botalón de cola (tail boom), un estabilizador vertical y conductos para el cableado eléctrico, como se observa en la Figura 9.

Botalón de cola. Tiene una forma de troncocónica, consiste en una piel metálica tipo monocasco (5) en dos semi carcasas remachadas sobre marcos circulares (2). La sección delantera consta de un ángulo de borde (1) que facilita el atornillado del botalón de cola al marco inclinado en la estructura central. El estabilizador vertical está remachado a la parte posterior (7). El botalón de cola alberga la transmisión posterior y los cables de control. El estabilizador horizontal (ver Figura 10) está montado a ambos lados mediante soportes (6).

Estabilizador vertical. El estabilizador (9) es de construcción metálica y consiste en una piel de chapa remachada. Una cubierta para el sistema antipar (14) sujeta el soporte del sistema antipar tipo “fenestron” (13) (Airbus Helicopters, 1988).

Figura 9

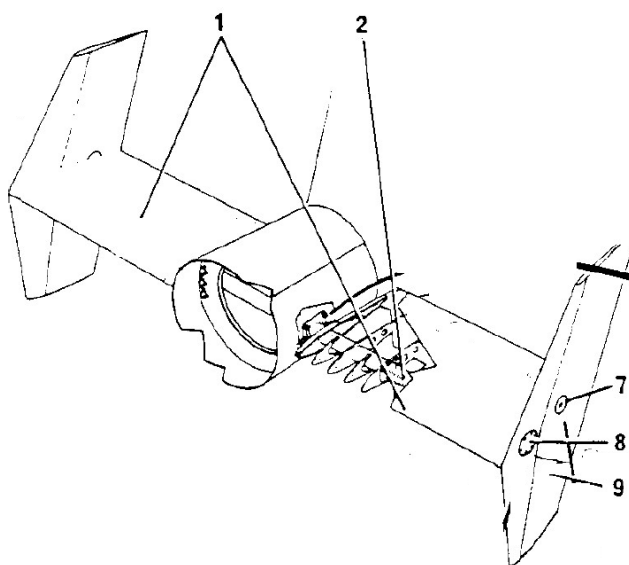
Estructura posterior del helicóptero Gazelle AS 341L



Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

Figura 10

Estabilizador horizontal del helicóptero Gazelle AS 341L



Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 2021b).

Conductos para el cableado eléctrico. En el interior del estabilizador vertical y parte posterior del botafón de cola, hay tubos fijados con abrazaderas que albergan el cableado de las luces de navegación y anticollisión (Airbus Helicopters, 1988).

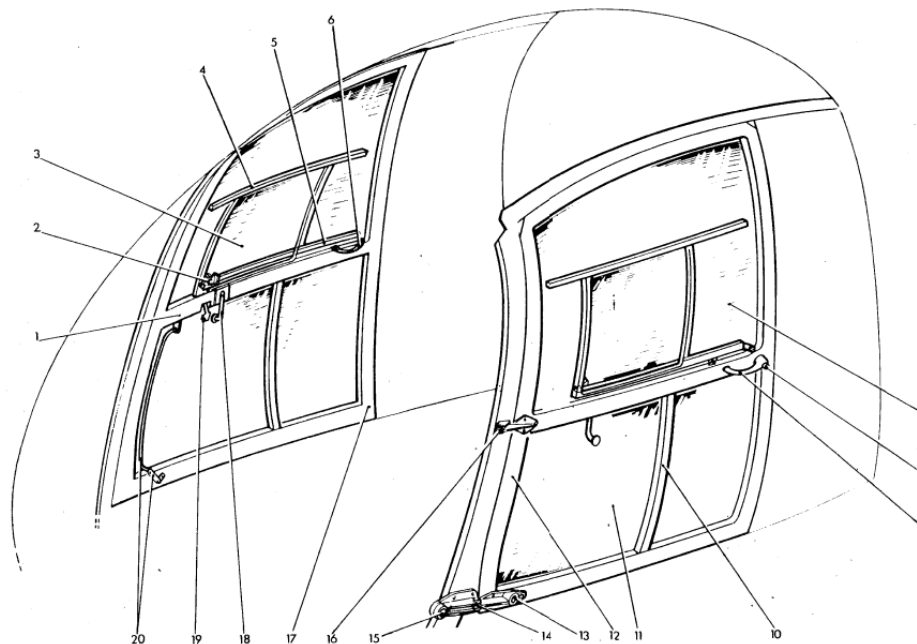
Puertas de acceso

Puertas delanteras. Existen dos puertas de cabina una izquierda LH y otra derecha RH ubicadas de manera simétrica (ver Figura 11), dan acceso a los puestos de pilotos; y a través del plexiglás permiten una visibilidad total. Las puertas se abren atrás hacia delante por articulación sobre dos bisagras fijas en la estructura de la cabina. La estructura de las puertas delanteras es un conjunto metálico soldado formado por un marco (17), un soporte (1) de chapa plegada en el que se aloja parte del mecanismo de la puerta y un montante inferior (10) como se identifica en la Figura 11. Cada puerta gira sobre dos bisagras (14) y (16), cuyos pasadores forman parte del mecanismo de expulsión. Los paneles transparentes superior (7) e inferior (11), fijados en el borde por dos juntas de goma, se sujetan al marco mediante una piel (12) fijada con tornillos y al soporte en posición vertical. La estanqueidad de las puertas está asegurada por juntas de goma adheridas a la estructura de la cabina y a la puerta posterior, en las que se apoya el revestimiento de la puerta (Airbus Helicopters, 2021b).

Puertas posteriores. Las dos puertas posteriores son simétricas (ver Figura 12), se abren hacia atrás. Las puertas traseras facilitan el acceso a la parte posterior de la cabina, sin embargo, para abrirlas, primero se deben abrir las puertas delanteras. Por el contrario, las puertas delanteras solo se pueden cerrar cuando las puertas posteriores están cerradas. La estructura consiste en un marco de metal soldado (15) cubierto por una piel (12) asegurada por tornillos. Cada puerta gira sobre 2 bisagras (7) y (11). Un panel transparente (2), fijado a la puerta de la misma forma que en la puerta de entrada, incorpora un ventilador (1). La estanqueidad de las puertas está asegurada por juntas de goma adheridas a la estructura de la cabina (Airbus Helicopters, 2021b).

Figura 11

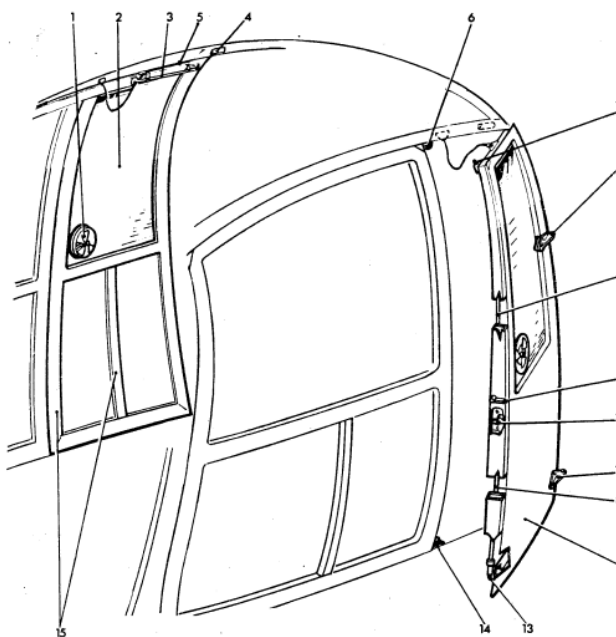
Puertas delanteras del helicóptero Gazelle AS 341L



Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 2021b).

Figura 12

Puertas posteriores del helicóptero Gazelle AS 341L



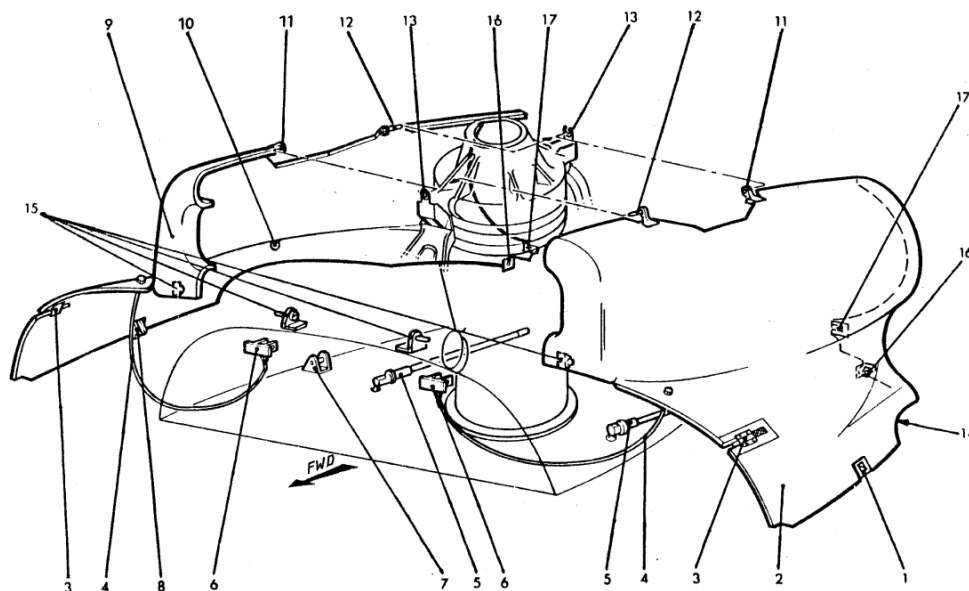
Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 2021b).

Carenados

Carenado MGB. El carenado de la caja de engranajes principal (MGB) como se indica en la Figura 13, es de fibra de vidrio y consta de dos partes simétricas (2, 9) que se abren hacia arriba. Proporciona acceso a la plataforma de soporte de la transmisión y a todos los componentes de la misma. Una abertura (14) en la parte inferior da paso a la plataforma de soporte de la transmisión, sin necesidad de abrir el carenado. Cada carenado se abre girando dos pasadores de bisagra (12) instalados en dos accesorios (13) con bloques de goma.

Figura 13

Carenado MGB del helicóptero Gazelle AS 341L

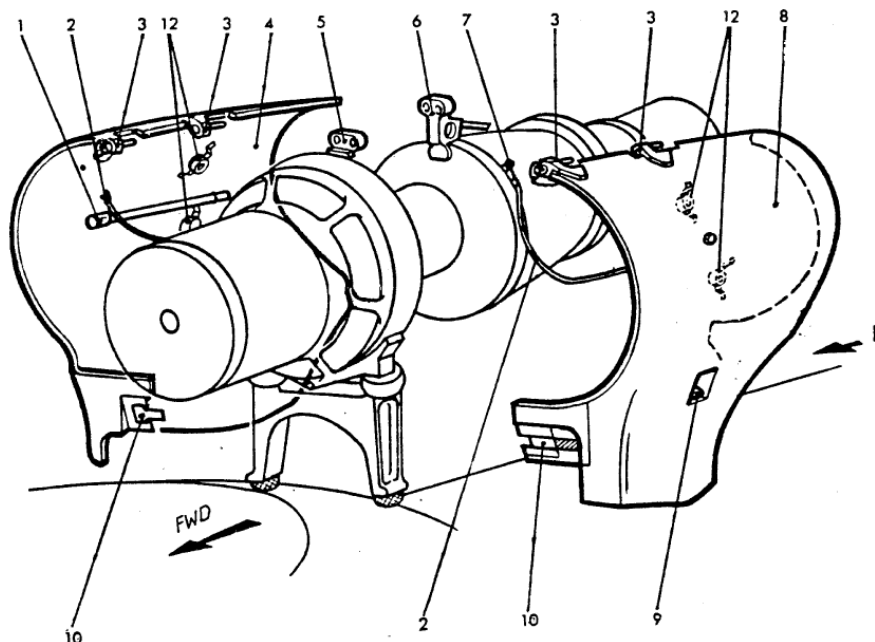


Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 2021b).

Carenados de motor. Son fabricados en fibra de vidrio, constan de dos piezas simétricas (4) y (8) que se abren hacia arriba (ver Figura 14). Dan acceso a la parte posterior de la plataforma de soporte de la transmisión, al cuerpo de la estructura, así como al motor. Cada carenado gira sobre dos bisagras (3) situadas en la parte superior, los pernos de bisagra encajan en los soportes (5) y (6) fijados al motor mediante tornillos; estos soportes también se utilizan para izar el motor (Airbus Helicopters, 1988).

Figura 14

Carenados del motor del helicóptero Gazelle AS 341L

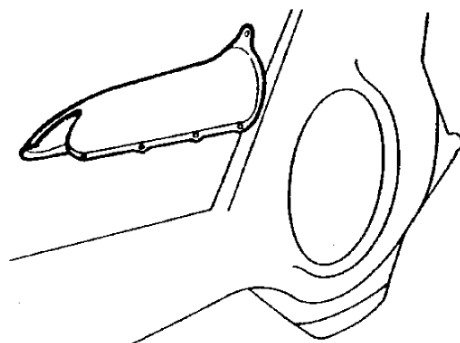


Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 2021b).

Carenado de la estructura posterior. El carenado laminado se fija en el botalón de cola en la parte inferior del estabilizador vertical (ver Figura 15) y protege el cojinete de transmisión final, la barra de control de vuelo, el cuadrante y el sistema “fenestron”. Se asegura con pernos y tuercas autoblocantes (Airbus Helicopters, 1988).

Figura 15

Carenados de la estructura posterior del helicóptero Gazelle AS 341L



Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 2021b).

Materiales utilizados en la construcción del fuselaje del helicóptero Gazelle AS 341L

Los materiales utilizados en la construcción de las diferentes partes del fuselaje del helicóptero Gazelle AS 341L son aleaciones de aluminio 2024 T3, fibra de vidrio, paneles tipo honeycomb de fibra de vidrio y metálicos.

Zonas de construcción de aleaciones de aluminio 2024 T3

Las zonas construidas de aleaciones de aluminio 2024 T3 como se indica en la Figura 16 son: estructura de la cabina (1), estructura de puerta delantera (11) y posterior (10), marco de la estructura inferior (14), paneles laterales de la piel (12), mamparo delantero de la estructura central (2), mamparo posterior (8), marcos del soporte del motor (7), plataforma posterior (3), refuerzo de los paneles de la estructura (9), boom de cola (5) y estabilizador vertical (4) (Airbus Helicopters, 2018).

Zonas de construcción de fibra de vidrio

Las zonas construidas de fibra de vidrio como se indica en la Figura 17 son: soporte frontal de la cabina (1), caja sobre la cabina (8), panel de revestimiento posterior inferior (7), carenado superior (3), patín (5), carenado posterior de la estructura (2), rieles de la ventana delantera (6) y carenado posterior (4) (Airbus Helicopters, 2018).

Zonas de construcción de paneles tipo honeycomb

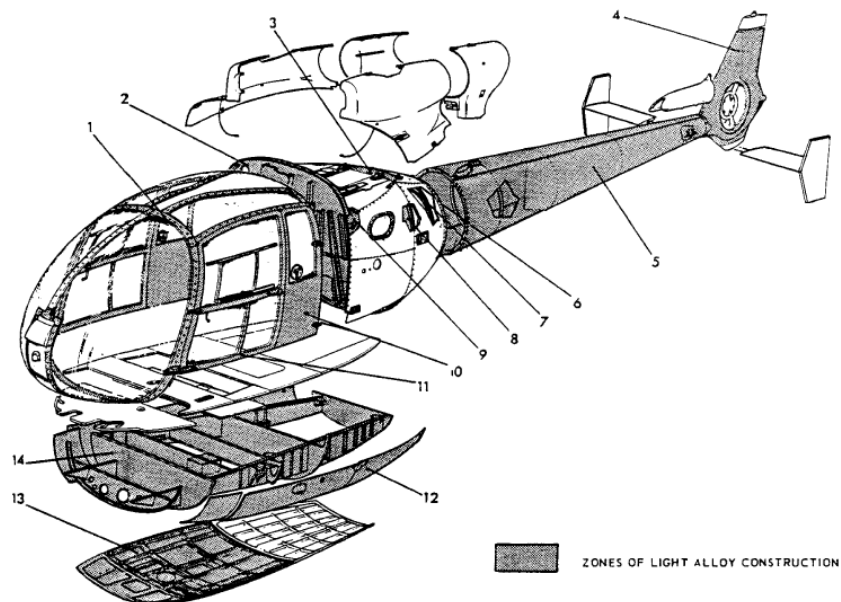
Las zonas construidas de paneles tipo honeycomb son de fibra de vidrio y metálicos como se indica en la Figura 18. Los de fibra de vidrio son: los carenados de la caja principal de engranajes (3) y carenados del motor (4). Los metálicos son: el piso (7), panel de techo de cabina (1), piel de la estructura central (6) y la plataforma de soporte de la transmisión (2).

Zonas de construcción de material transparente

Las zonas construidas de material transparente como se indica en la Figura 19 son: cubierta (1), ventanas de las puertas delanteras (4), ventanas de las puertas posteriores (3) y ventanas superiores (2).

Figura 16

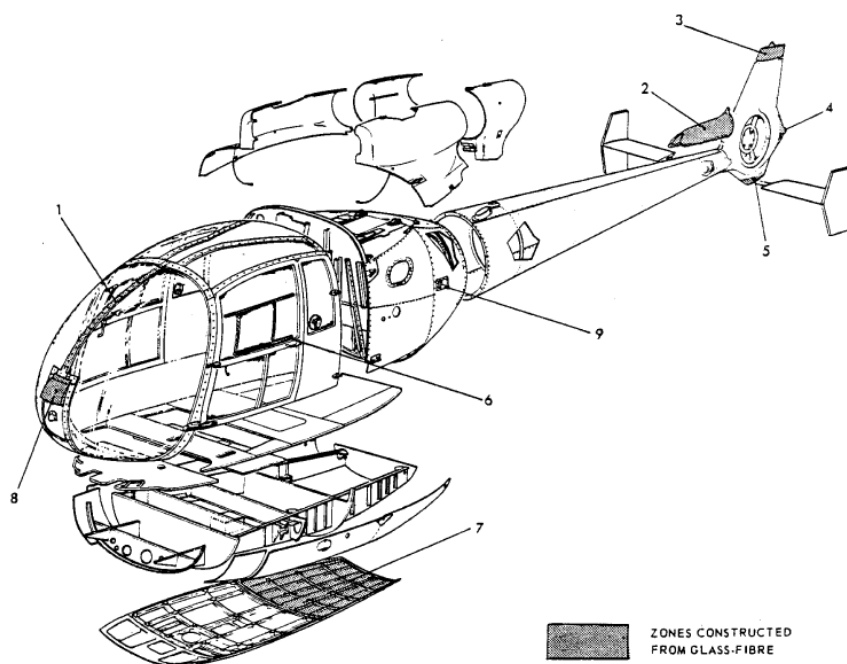
Zonas de construcción de aleaciones de aluminio 2024 T3



Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 2018).

Figura 17

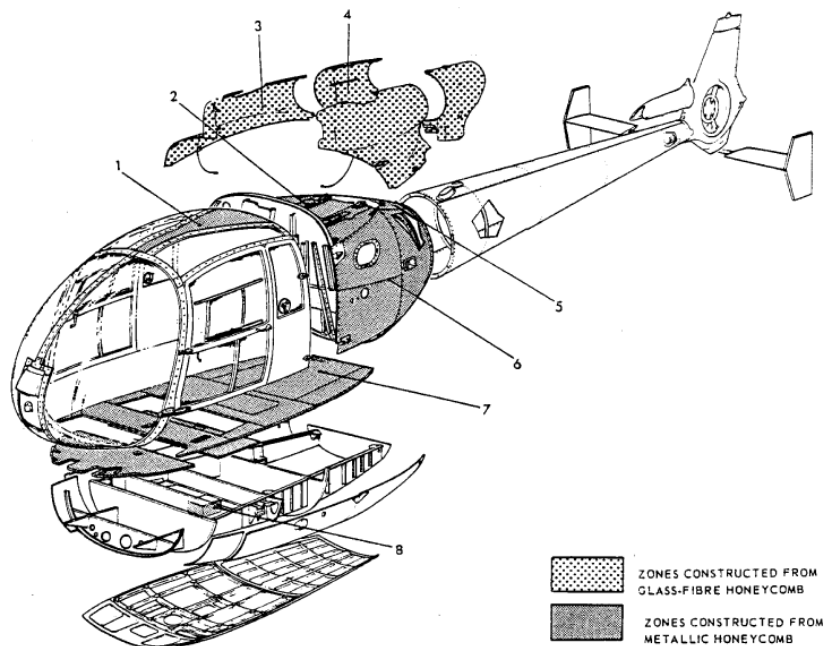
Zonas de construcción de fibra de vidrio



Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 2018).

Figura 18

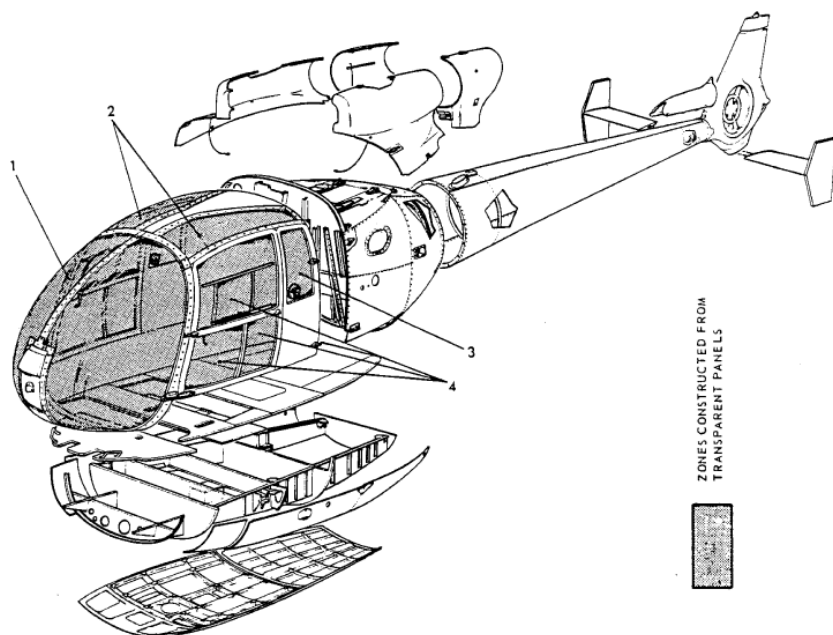
Zonas de construcción de paneles tipo honeycomb



Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 2018).

Figura 19

Zonas de construcción de material transparente



Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 2018).

Inspecciones y reparaciones en materiales metálicos de aeronaves

El mantenimiento adecuado de la integridad estructural de una aeronave puede ser una tarea exigente. Las aeronaves están sujetas a una variedad de influencias que pueden afectar su capacidad para soportar los rigores del vuelo. La falla o fallas potenciales de los componentes estructurales de chapa metálica no siempre es fácil de identificar. Una vez que se identifica la falla potencial, el técnico debe poder evaluar el alcance de la discrepancia, determinar su causa, determinar la acción correctiva o reparación adecuada y luego implementar esa acción (Kroes et al., 2013).

Figura 20

Inspecciones y reparaciones en materiales metálicos de aeronaves



Nota. La figura muestra una reparación en materiales metálicos de un componente de una aeronave. Tomado de (National Aviation, 2022).

Inspecciones en materiales metálicos

Los componentes estructurales metálicos de las aeronaves están sujetos a una variedad de fuerzas durante su uso, así como al debilitamiento que proviene de la exposición al medio ambiente. El envejecimiento simple también juega un papel importante en el deterioro de una aeronave durante su vida operativa. Los inspectores estructurales de aeronaves deben ser capaces de identificar problemas potenciales que van desde la corrosión intergranular hasta la falta de sujetadores, utilizando procesos que van desde una simple inspección visual hasta equipos de prueba sofisticados (Kroes et al., 2013).

Figura 21

Inspecciones en materiales metálicos



Nota. La figura muestra la inspección de la piel de una aeronave en materiales metálicos. Tomado de (NSCC, 2023).

El alcance de una inspección puede ser general, como en una inspección previa al vuelo, o muy específico, como lo requiere un AD². Los parámetros utilizados por el inspector

² Directiva de Aeronavegabilidad.

para juzgar la "aeronavegabilidad" pueden ser simples, como en las observaciones de "fisura o no fisura", o el inspector puede estar buscando una condición que se encuentre dentro de un rango específico, como las holguras entre ciertas partes. Cuando se especifica un rango, el rango se denomina tolerancia (Jeppesen, 2002).

Tradicionalmente, las inspecciones se clasifican como destructivas o no destructivas. El mantenimiento, por su propia naturaleza, se ocupa únicamente de las pruebas no destructivas, ya que las pruebas destructivas eliminan la capacidad de servicio de la pieza o el material que se está probando. Aunque las pruebas destructivas desempeñan un papel importante en el análisis del diseño de aeronaves, el técnico no las utiliza como parte de ningún proceso de inspección de aeronavegabilidad (Vertical, 2018).

Ensayos no destructivos. La inspección no destructiva (NDI) también se conoce como prueba no destructiva (NDT). La filosofía de NDI es verificar la presencia de ciertos atributos sin que el material falle. En efecto, este es un esfuerzo por validar la existencia de otros atributos que se han determinado para identificar la existencia de otros más. Por ejemplo, si un metal tiene cierta composición, dureza y espesor, se ha determinado que tiene una resistencia máxima a la tracción específica (Kroes et al., 2013).

Inspección visual. La forma más obvia de NDI es la verificación visual. Esta comprobación puede realizarse a simple vista o asistida por una lupa. La ampliación se especifica en términos de potencia. El nivel de aumento más utilizado en la aviación es de 10 aumentos, designado como "10X". Muchos documentos de inspección comienzan con la instrucción de limpiar la aeronave o el área de la aeronave a inspeccionar. Sin embargo, es aconsejable que los técnicos involucrados en las inspecciones generales de tipo visual observen la aeronave antes de comenzar el proceso de limpieza.

Figura 22

NDT - Inspección visual



Nota. Tomado de (FLYABILITY, 2022).

Inspección con tintas penetrantes. La inspección de una estructura metálica se logra fácilmente por medio de la inspección con líquidos penetrantes. En este proceso, el tinte penetra en las pequeñas grietas o fisuras y luego se filtra cuando se aplica un desarrollador a la junta. Así, la grieta se revela como una línea roja brillante.

Figura 23

NDT - Inspección con tintas penetrantes



Nota. Tomado de (FLYABILITY, 2022).

Inspección de penetrantes fluorescentes. La inspección por penetrantes fluorescentes se puede utilizar para detectar grietas u otros defectos en una estructura soldada. Se aplica un líquido que contiene un material fluorescente a la pieza que se va a inspeccionar y se permite que penetre en grietas, traslajos y otras discontinuidades. Luego, la pieza se lava con un solvente adecuado y se seca, después de lo cual se aplica un polvo revelador para atraer el penetrante a la superficie. Se cepilla el exceso de polvo y se examina la pieza bajo luz ultravioleta (luz negra). Las grietas y otros defectos se revelan como marcas fluorescentes.

Inspección con partículas magnéticas. La inspección de partículas magnéticas por medio de polvo magnético aplicado a una pieza magnetizada es un método eficiente, práctico y no destructivo que revelará la presencia de pequeñas grietas y otros defectos en una pieza. La superficie a examinar debe ser razonablemente lisa y libre de incrustaciones, ya que es difícil encontrar grietas en la superficie irregular del metal de soldadura.

Figura 24

NDT - Inspección con partículas magnéticas



Nota. Tomado de (FLYABILITY, 2022).

Inspección con rayos X. Tenía un valor limitado en el pasado debido a la inaccesibilidad de muchas juntas y la necesidad de tomar exposiciones desde varios ángulos para asegurarse de que se encontraran todos los defectos. Sin embargo, los resultados son

muy satisfactorios y los desarrollos recientes en este campo han reducido el costo y el tiempo.

Figura 25

NDT - Inspección con rayos X



Nota. Tomado de (FLYABILITY, 2022).

Inspección por ultrasonido. Las técnicas de inspección ultrasónica aplican ondas sonoras de alta frecuencia a la pieza que se inspecciona. Estas ondas de sonido se reflejan desde el lado opuesto del material o desde cualquier defecto que encuentren. Las señales de onda del defecto se comparan con la onda normal para determinar la ubicación y el tamaño del defecto.

Figura 26

NDT - Inspección por ultrasonido



Nota. Tomado de (FLYABILITY, 2022).

Inspección por corrientes inducidas (Eddy-Current). En una inspección por corrientes inducidas, se generan corrientes eléctricas en los componentes por medio de ondas electromagnéticas. La corriente eléctrica fluye en la pieza de forma circular, similar a los remolinos que se observan al vaciar una bañera. Si existe una falla, el indicador mostrará un valor diferente de la respuesta normal. Un operador bien calificado puede diagnosticar la respuesta para determinar la naturaleza de la falla.

Figura 27

NDT - Inspección por corrientes inducidas



Nota. Tomado de (FLYABILITY, 2022).

Reparaciones en materiales metálicos

El desempeño satisfactorio de una aeronave requiere un mantenimiento continuo de la integridad estructural de la aeronave. Es importante que las reparaciones de estructuras metálicas se realicen de acuerdo con las mejores técnicas disponibles porque las técnicas de reparación inadecuadas pueden representar un potencial. La confiabilidad de una aeronave depende de la calidad del diseño, así como de la mano de obra utilizada para realizar las reparaciones. El diseño de la reparación de la estructura metálica de una aeronave se complica

por el requisito de que la aeronave sea lo más ligera posible; si el peso no fuera un factor crítico, las reparaciones podrían hacerse con un amplio margen de seguridad. En la práctica real, las reparaciones deben ser lo suficientemente resistentes para soportar todas las cargas con el factor de seguridad requerido, pero no deben tener demasiada resistencia adicional (Aeronautics Guide, 2022).

Figura 28

Reparaciones en materiales metálicos



Nota. La figura muestra una reparación en materiales metálicos en una aeronave. Tomado de (NSCC, 2023).

El daño a las estructuras metálicas de las aeronaves a menudo es causado por la corrosión, la erosión, la tensión, accidentes e incidentes. A veces, las modificaciones de la estructura de la aeronave requieren un extenso retrabajo estructural. Existen numerosos y variados métodos para reparar partes estructurales metálicas, pero no se aplica ningún conjunto de patrones de reparación específicos en todos los casos. El problema de reparar una sección dañada generalmente se resuelve duplicando la parte original en resistencia, tipo de material y dimensiones. Para realizar una reparación estructural, el técnico de aeronaves necesita un buen conocimiento práctico de los métodos y técnicas de formación de chapa metálica.

Varios fabricantes de aeronaves han desarrollado clasificaciones de daños que se utilizan para determinar la acción correctiva necesaria para que una aeronave vuelva a estar en condiciones de aeronavegabilidad. Cada fabricante establece el nivel de daño en base a la aeronave y el área de la aeronave involucrada. Las clasificaciones de daño son insignificantes, reparables y de reemplazo (Kroes et al., 2013).

Daño insignificante. Es el daño que no afecta la aeronavegabilidad de la aeronave. Se puede permitir que exista este nivel de daño o se puede reparar con operaciones menores con parches. Típicos de este tipo de daño son las abolladuras en la piel que no se agrietan, las grietas en áreas de baja tensión que pueden cubrirse con un círculo de 2 pulgadas y los rasguños en la superficie en áreas de baja tensión.

Daño reparable. Es el daño que podría afectar la aeronavegabilidad de la aeronave y podría resultar en la pérdida de la función de un componente o sistema si no se repara. El daño reparable se puede reparar mediante el uso de un parche o mediante la inserción de un componente de reemplazo. Esto podría incluir agujeros en la piel y formadores y largueros agrietados o rotos que no están significativamente deformados.

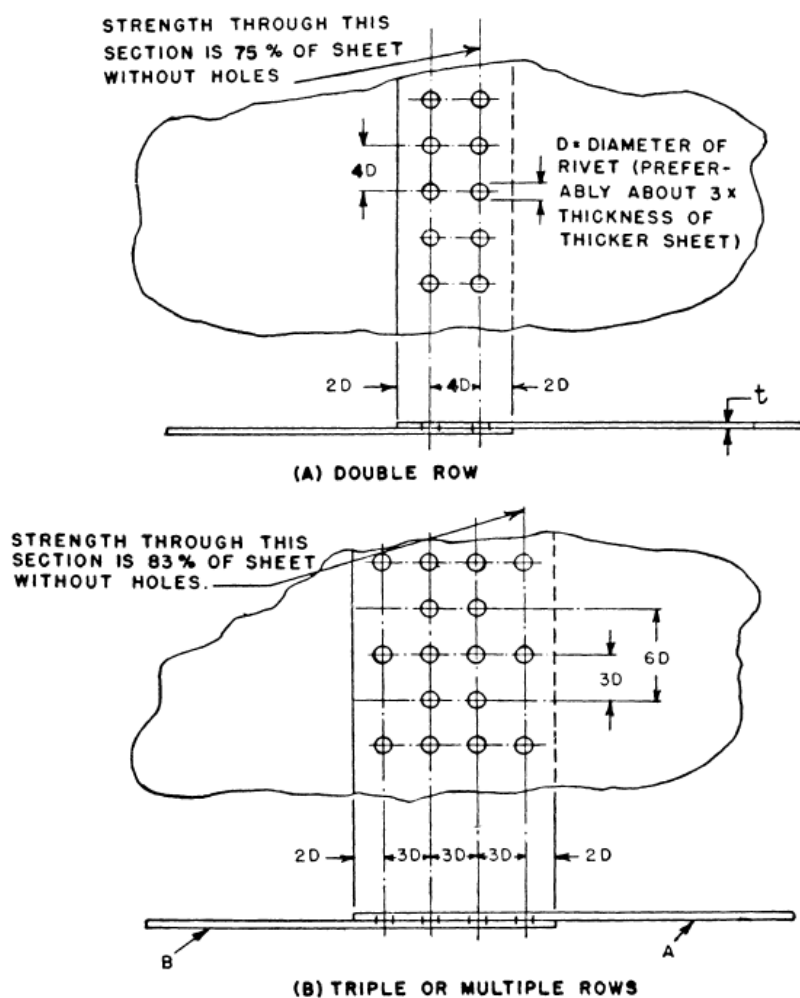
Daño de reemplazo. Es el daño que no se puede reparar en la práctica y cuya reparación está específicamente prohibida. Este tipo de daño incluye corrosión extensa, partes torcidas o deformadas más allá de los límites utilizables y componentes que requieren accesorios de alineación para una reparación adecuada.

Siempre que sea posible, el técnico debe utilizar material del mismo tipo y grosor que el material original para realizar las reparaciones. Si esto no es práctico, los manuales de reparación estructural del fabricante de aeronaves pueden enumerar los materiales de sustitución aprobados. Una vez que se han establecido los parámetros de diseño básicos para una reparación (ver Figura 29), el técnico deberá desarrollar un diseño para la instalación de los sujetadores. Independientemente de la técnica utilizada en el desarrollo de estos

parámetros, se deben establecer los siguientes criterios de diseño antes de que pueda comenzar el proceso de diseño: ancho de la reparación, tamaño del orificio del sujetador que se usará en el diseño la reparación, espacio mínimo entre los sujetadores, borde de la reparación y el número total de sujetadores requeridos por la reparación. Dentro de estos parámetros, el técnico debe determinar el número de filas de sujetadores y el espacio real entre sujetadores que se utilizará. En la Figura 30 se presenta un ejemplo de una reparación externa en el fuselaje de una aeronave.

Figura 29

Diseño para una reparación



Nota. Tomado de (Kroes et al., 2013).

Figura 30

Reparación externa en el fuselaje de una aeronave

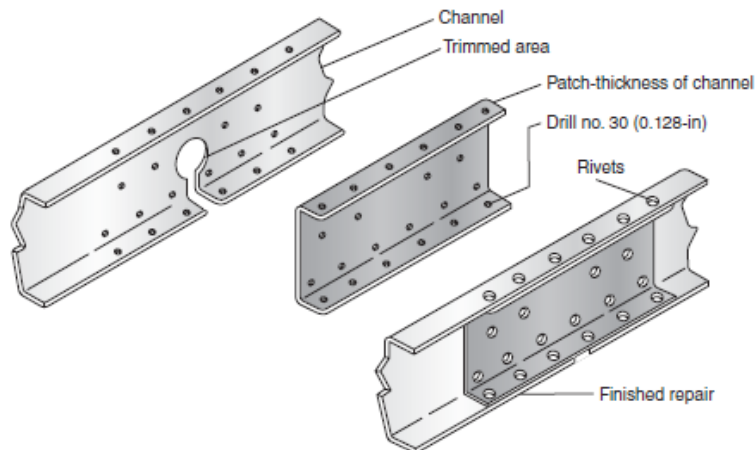
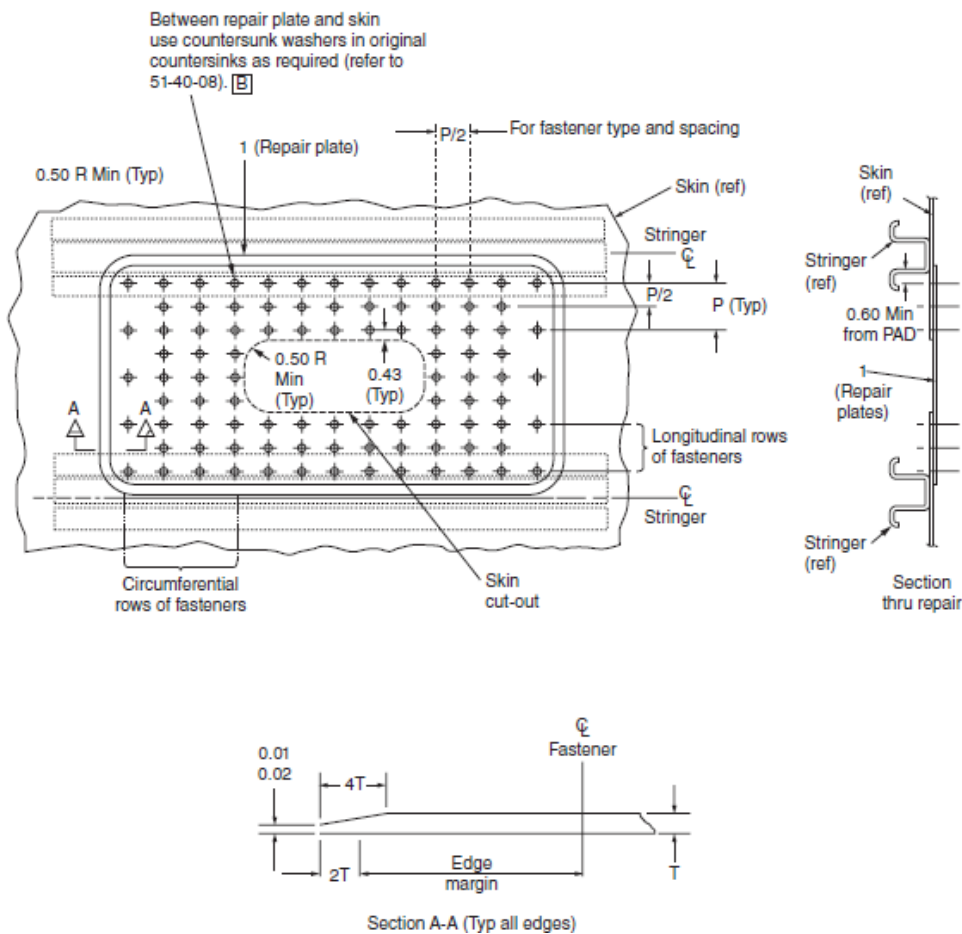


FIGURE 9-20 Repair of cracked beam.



Nota. Tomado de (Kroes et al., 2013).

Mantenimiento aeronáutico

El mantenimiento aeronáutico es la actividad técnica que tiene por objetivo la preservación de las aeronaves en sus diversos sistemas mediante los trabajos requeridos para asegurar su estado operativo de la aeronavegabilidad de las aeronaves por el mayor tiempo posible, extendiendo al máximo su vida útil y brindando la máxima seguridad en las operaciones aéreas. Las tareas que se pueden realizar en el mantenimiento son reparación, inspección, reemplazo de piezas, modificación o rectificación de defectos (Jeppesen, 2002).

Figura 31

Mantenimiento aeronáutico



Nota. La figura muestra el mantenimiento realizado al helicóptero Gazelle. Tomado de (Schafer J., 1995).

Niveles de Mantenimiento

Por lo general existen tres niveles de mantenimiento: a nivel de organización, a nivel de campo y a nivel de depósito (Kroes et al., 2013); los mismos que se detallan a continuación.

Mantenimiento a nivel de organización. Lo ejecuta la organización usuaria en su equipo asignado. Este mantenimiento normalmente consiste en las inspecciones de pre-vuelo, de post vuelo y complementarias de la aeronave, y las inspecciones diarias de otros materiales o equipos.

Mantenimiento a nivel de campo. Es ejecutado por talleres de mantenimiento designados en apoyo directo de la organización usuaria, y apoyo de taller en la línea de vuelo. Generalmente se limitan a la reparación y mantenimiento directamente relacionado con la aeronave asignada a la organización. Esto incluye la prueba y reparación de piezas, conjuntos, subconjuntos y componentes inoperables, también la fabricación local de piezas no disponibles.

Mantenimiento a nivel de depósito. Son los más completos y minuciosos de los diferentes niveles de mantenimiento. Se efectúa en materiales y equipos de aeronaves que requieren reparaciones generales complicadas como la reconstrucción completa de piezas, conjuntos, y subconjuntos. También incluye la fabricación de piezas o modificación, comprobación o recuperación según sea requerido.

Tipos de mantenimiento

Se tienen tres tipos básicos de mantenimiento: preventivo, correctivo/restaurativo y predictivo, que permiten mantener o restaurar la condición de aeronavegabilidad³ de las aeronaves (DGAC, 2010); los mismos que se detallan a continuación.

Mantenimiento preventivo. Son acciones de mantenimiento programadas y repetitivas de preservación simple o menores y el cambio de partes estándar pequeñas que no involucran operaciones de montaje complejas.

Mantenimiento correctivo/restaurativo. Son acciones de mantenimiento que se ejecutan después de la aparición de una falla y permite establecer el estado de funcionamiento inicial o diseño original. Existe también un conjunto de acciones que permiten remediar definitivamente una falla o una situación previamente identificada y juzgada inadmisibles a pesar de las acciones de mantenimiento preventivo. Este conjunto de acciones, a veces, recibe el nombre de mantenimiento restaurativo.

³ Aptitud técnica y legal que deberá tener una aeronave para volar en condiciones de operación segura.

Mantenimiento predictivo. Es el proceso de monitorear (seguimiento) un parámetro de la condición de los productos, componentes y equipos, para detectar una posible falla.

Modos de mantenimiento

Básicamente existen cuatro modos de mantenimiento: con tiempo límite, según verificación del estado, con vigilancia del comportamiento (en servicio) y overhaul (Kroes et al., 2013); los mismos que se detallan a continuación.

Mantenimiento con tiempo límite (Hard Time – HT). Cuando se dice que un componente es objeto de un mantenimiento con tiempo límite, esto significa que dicho componente deberá ser desmontado cuando alcance un envejecimiento determinado (límite ya sea por horas de funcionamiento, tiempo calendario, número de ciclos o límite de aterrizajes).

Figura 32

Mantenimiento con tiempo límite (Hard Time – HT)



Nota. Tomado de (Skies, 2019).

Mantenimiento según verificación del estado (On Condition – OC). Un elemento sujeto a mantenimiento con verificación del estado debe someterse a inspecciones periódicas que permitan comprobar su condición, principalmente a través de una inspección visual que permita verificar el aspecto general exterior del dispositivo (deformaciones, roturas, grietas, rayados, corrosión, rastros de calentamiento y desgaste que modifiquen el estado de origen).

Figura 33

Mantenimiento según verificación del estado (On Condition – OC)



Nota. Tomado de (Skies, 2019).

Mantenimiento con vigilancia del comportamiento (Condition Monitoring – CM).

Esto significa que solo se debe intervenir en dicho componente después de la indicación de una avería o falla. Este mantenimiento no es aplicable más que en componentes cuya avería no afecta la aeronavegabilidad o en componentes cuyo funcionamiento puede ser supervisado.

Figura 34

Mantenimiento con vigilancia del comportamiento (Condition Monitoring – CM)



Nota. Tomado de (Skies, 2019).

Overhaul. Trabajo técnico aeronáutico programado que se ejecuta a una aeronave o componentes de aeronaves, después de haber cumplido el límite de tiempo operacional indicado por el fabricante (TBO⁴), lo cual luego de las acciones de inspecciones respectivas regresa a su condición de aeronavegabilidad original.

Figura 35

Overhaul



Nota. Tomado de (Skies, 2019).

Tipos de inspecciones de mantenimiento

Esta fase precisa las periodicidades e intervalos del fuselaje y/o motor en tiempo de funcionamiento por horas o tiempo calendario. El primer intervalo alcanzado debe tomarse en consideración, el tiempo de inspección está determinado por el envejecimiento. Se tiene inspecciones programadas y no programadas.

Inspecciones programadas. Son inspecciones diarias (pre-vuelo, entre-vuelo y post-vuelo), complementarias y sus múltiplos, periódicas y sus múltiplos, según los requerimientos establecidos por el fabricante. A fin de facilitar la planificación de las inspecciones en función de la utilización de la aeronave se admiten tolerancias; las tolerancias no son acumulativas, no modifican los intervalos de la inspección siguiente.

⁴ Time Between Overhaul.

Inspecciones no programadas. Son aquellas de carácter correctivo, este tipo de inspecciones complementan en lo que concierne a las operaciones de carácter eventual o temporal. Pueden ser inspecciones eventuales o especiales que se ejecutan como consecuencia de incidentes o accidentes, además a causa de un mal funcionamiento o defectos de fabricación que son emitidas mediante boletines de servicio para su aplicación.

Documentación aeronáutica aplicable al helicóptero Gazelle AS 341L

La documentación es un registro de procedimientos verificados por el fabricante y aprobado por los organismos de control pertinentes. El objeto de la misma es permitir el empleo y la maniobra operativa de la aeronave, formar y renovar conocimientos de técnicos de mantenimiento, guiar a los técnicos en todas sus tareas, comunicar los datos puntuales (seguridad, fallas, puntos débiles y modificaciones), e identificar los componentes de los que hay que abastecerse.

Principios de preparación de los manuales

Los manuales comprenden un texto el cual, siempre que permita simplificar las explicaciones y su presentación, irá acompañado de ilustraciones. Las ilustraciones no serán necesarias si el texto fuese corto y bastante explícito. El nivel técnico de los conocimientos proporcionados es coherente con las especialidades y los niveles de competencia alcanzados en la formación de las tripulaciones y técnicos de mantenimiento (Airbus, 2022).

El texto es tan breve y conciso como sea posible, con la frase corta y directa. Las informaciones se presentan de manera clara y lógica, evitando las repeticiones inútiles con un método adecuado de referencias cruzadas. No se dan instrucciones demasiados elementales ni descripciones que sobrepasen el marco de los trabajos a realizar, Y se evitan las explicaciones teóricas que no se consideren indispensables para efectuar correctamente una tarea, o para diagnosticar con certeza una avería aleatoria (Airbus Helicopters, 2022).

La regla general consiste en presentar el texto y las ilustraciones en páginas distintas, y que las páginas ilustradas no contengan texto alguno (sin palabras que requieran traducción, o con un texto muy breve y limitado simultáneamente en inglés/francés). Esta separación facilita al usuario la edición de los textos en su propio idioma. Las informaciones cuya responsabilidad corre a cargo de los fabricantes de los equipos tratan de las mismas categorías de información.

Caracterización de los manuales del helicóptero Gazelle AS 341L

Cada categoría se caracteriza por una letra código, a fin de facilitar la identificación de los manuales como se detalla en la Tabla 2. Además, estos podrán estar en inglés, francés, español o combinación de los mismos, según los requerimientos de los operadores y de las políticas establecidas por las autoridades competentes.

Tabla 2

Categorías para caracterización de manuales Gazelle AS 341L

Categorías	
Empleo	Letra código "P"
Mantenimiento	Letra código "M"
Especial	Letra código "S"
Identificación	Letra código "T"

Nota. Tomado de (Airbus, 2022).

Como se indicó anteriormente, los manuales desarrollados para el helicóptero Gazelle AS 341L, se caracterizan por categorías, ya sean de empleo (ver Tabla 3), mantenimiento (ver Tabla 4), identificación (ver Tabla 5) y especial (ver Tabla 6).

Tabla 3

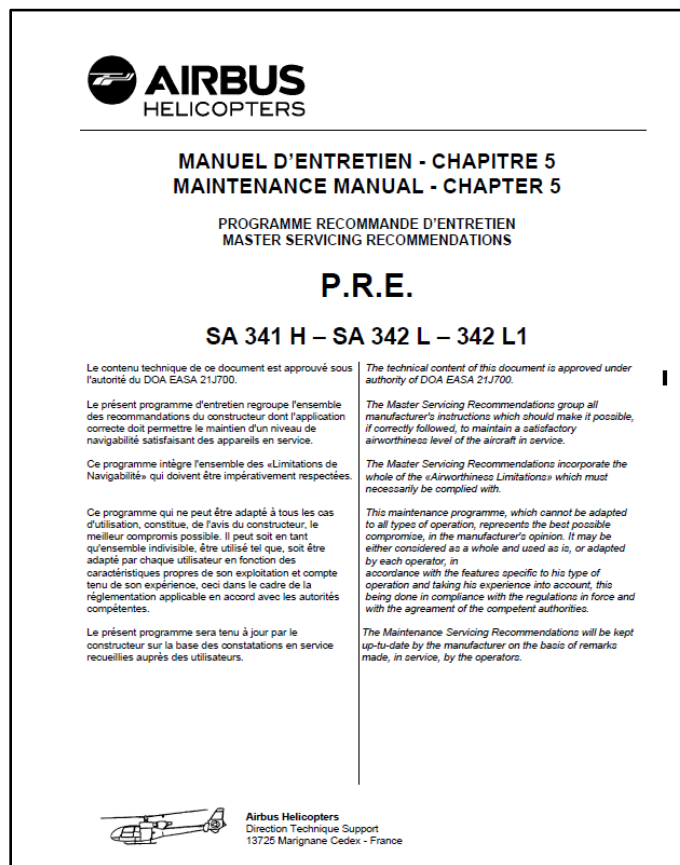
Manuales y categoría de "empleo" en el helicóptero Gazelle AS 341L

Designación	Código
Manual de vuelo	PMV
Manual del piloto	PMM
Registro de peso y centrado	PMC
Programa recomendado de mantenimiento	PRE

Nota. Tomado de (Airbus, 2022).

Figura 36

PRE - Programa recomendado de mantenimiento



Nota. La figura muestra el programa recomendado de mantenimiento (PRE), el mismo que provee conceptos de mantenimiento preventivo. Tomado de (Airbus Helicopters, 2022).

Tabla 4

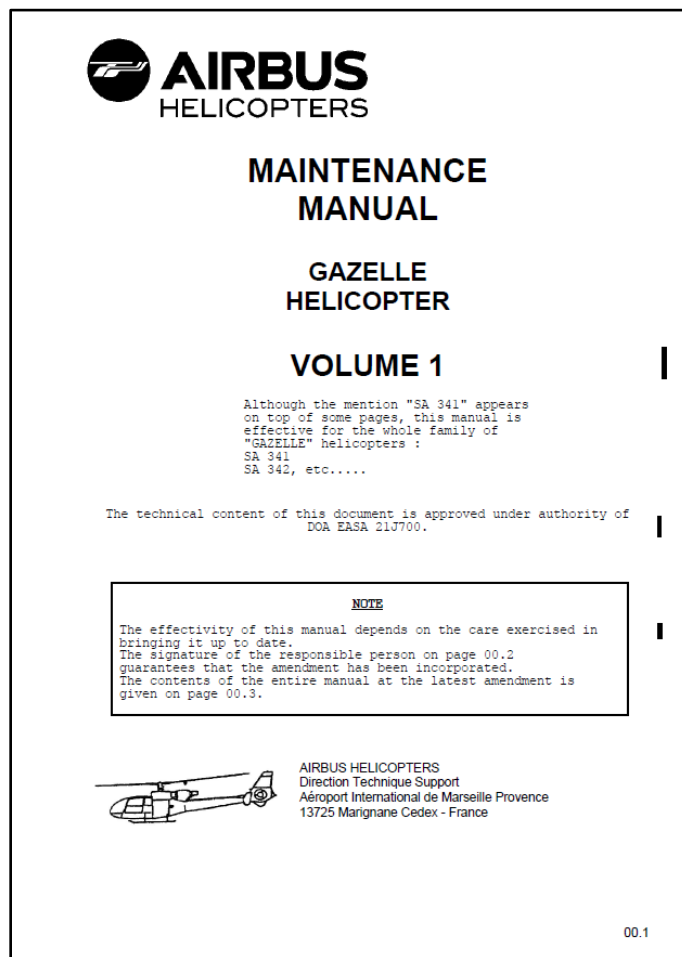
Manuales y categoría de “mantenimiento” en el helicóptero Gazelle AS 341L

Designación	Código
Manual de descripción y funcionamiento	MDF
Manual de mantenimiento	MDE
Manual de circuitos y esquemas	MCS
Manual de fallas y diagnósticos	MFI
Manual de reparación	MRR
Manual de revisión	MRV
Manual de almacenamiento y preservado	MST
Manual de técnicas corrientes	MTC

Nota. Tomado de (Airbus, 2022).

Figura 37

MDE - Manual de mantenimiento



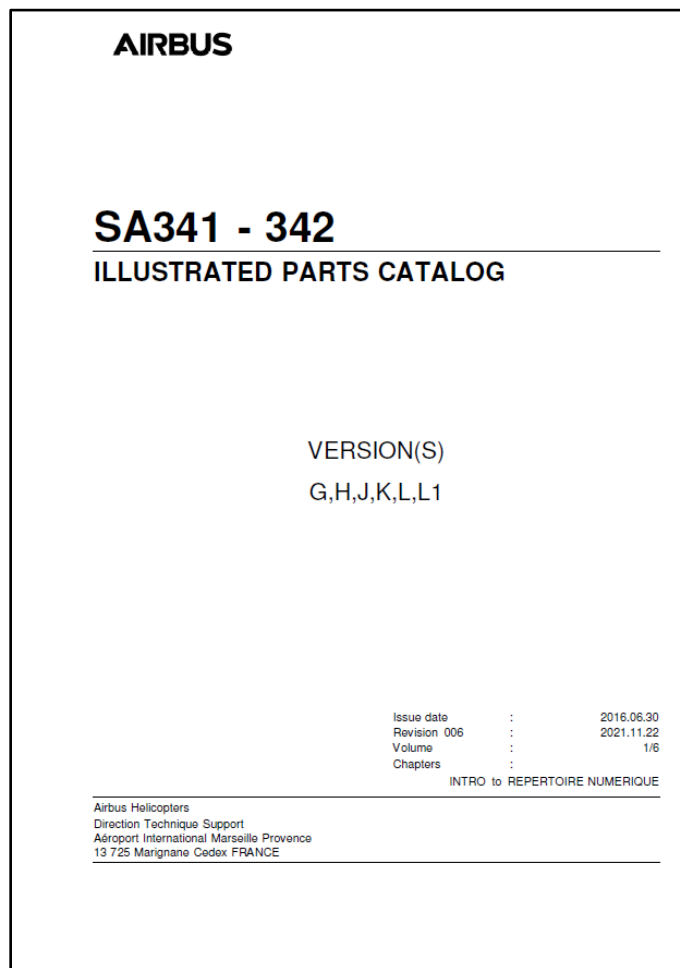
Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

Tabla 5

Manuales y categoría de "identificación" en el helicóptero Gazelle AS 341L

Designación	Código
Catálogo ilustrado de partes	IPC
Catálogo de herramientas especiales	ICO
Catálogo complementario de abastecimientos	ICA

Nota. Tomado de (Airbus, 2022).

Figura 38*IPC - Catálogo ilustrado de partes*

Nota. La figura muestra el catálogo ilustrado de partes (IPC), el mismo que provee nomenclatura y aprovisionamiento de las aeronaves. Tomado de (Airbus Helicopters, 2021).

Tabla 6*Manuales y categoría de “especial” en el helicóptero Gazelle AS 341L*

Designación	Código
Boletines de servicio	SBT
Carta de servicio	SLT
Télex de servicio	STX
Noticias de información	IN
Noticias de información de seguridad	SIN

Nota. Tomado de (Airbus, 2022).

Medidas de seguridad en mantenimiento aeronáutico

La seguridad en el cumplimiento de una tarea de mantenimiento es responsabilidad de todo el personal involucrado en cada procedimiento realizado, se deben tomar medidas antes, durante y después de cada trabajo que se ejecute en el helicóptero (Jackson & Grimster, 1972). Existen normas básicas que hay que seguir en todo lugar de trabajo (ver Tabla 7), pero sin embargo es recomendable exagerar en todo lo que respecta con la seguridad, es así que toda persona involucrada en el mantenimiento aeronáutico debe utilizar el equipo de protección personal (EPP) necesario.

Tabla 7

Medidas de seguridad en el mantenimiento aeronáutico

Medidas de seguridad	
Antes	Limitar el lugar de trabajo
	Colocar avisos
Durante	Usar el equipo de protección adecuado
	Realizar charla técnica
	Organizar el lugar de trabajo
	Poseer el equipo de protección
Después	Evaluación constante
	Limpiar el lugar de trabajo
	Retirar avisos
	Comunicar las condiciones
	Aseo personal

Nota. Tomado de (Lovesey, 1975).

Capítulo III

Desarrollo del tema

Descripción general

En este capítulo se describen los procesos de reparación en materiales metálicos de la estructura del fuselaje central del helicóptero Gazelle AS 341L. La información utilizada incluye los siguientes recursos: programa recomendado de mantenimiento (PRE), manual de mantenimiento (MDE), manual de reparaciones estructurales (MRR), manual de técnicas corrientes (MTC), catálogo ilustrado de partes (IPC) y cualquier otra información técnica aplicable. La finalidad es garantizar que los componentes de la estructura del fuselaje central estén en buen estado y aumentar la eficiencia de la aeronave para su uso por parte de docentes y estudiantes en prácticas de mantenimiento. Los procesos de reparación en materiales metálicos de la estructura del fuselaje central del helicóptero pueden variar dependiendo de la magnitud del daño y del tipo de material que se va a reparar.

Además, es importante mencionar que se realizó una inspección detallada antes de iniciar los trabajos de reparación, para identificar cualquier posible daño o desgaste en la estructura del fuselaje central. De esta manera, se pudo determinar qué componentes requerían reparación y planificar el trabajo de manera efectiva. También se dispuso de todos los recursos necesarios para realizar las tareas de mantenimiento. Estos recursos incluyeron documentación técnica, equipos, herramientas, y un personal técnico capacitado en los diferentes sistemas del helicóptero. De esta forma, se aseguró que las tareas descritas en los manuales fueran llevadas a cabo de manera correcta. Para la realización de este proyecto, se recibió el apoyo de la Brigada de Aviación N° 15 "Paquisha" del Ejército Ecuatoriano, así como del personal encargado del mantenimiento del helicóptero Gazelle AS 341L.

Preparación del área de trabajo

Para llevar a cabo con éxito el proceso de reparación de la estructura metálica del fuselaje central del helicóptero Gazelle AS 341L, fue esencial contar con un área de trabajo en óptimas condiciones. Un ambiente adecuado, ordenado, limpio, bien ventilado y con buena iluminación, no solo facilita el proceso de reparación estructural, sino que también garantiza la seguridad del personal y la integridad de la aeronave (ver Figura 39). Asimismo, es importante contar con los manuales, materiales, herramientas y equipos de apoyo necesarios para llevar a cabo las tareas de mantenimiento de acuerdo con los procedimientos establecidos. Es importante seguir las normas y regulaciones de la autoridad aeronáutica correspondiente y asegurarse de que la reparación sea realizada por personal capacitado y con experiencia en el campo de la aviación.

Figura 39

Área de trabajo



Nota. En la figura se observa un área de trabajo adecuada para la realización de la reparación en materiales metálicos de la estructura del fuselaje central del helicóptero Gazelle AS 341L.

Inspección preliminar del fuselaje del helicóptero Gazelle AS 341L

Se realizó una limpieza general de la aeronave con finalidad de eliminar la suciedad y objetos extraños (ver Figura 40), ya que el helicóptero se encontraba a la intemperie y había sufrido deterioro en el fuselaje y sistemas asociados. Esta inspección preliminar sirvió para verificar si existen daños y deterioros producidos por corrosión en algún componente o en la estructura central de la aeronave (ver Figura 41). Una vez realizada la limpieza, la aeronave fue trasladada al hangar (ver Figura 39) para poder continuar con los procedimientos relacionados con el proceso de reparación en materiales metálicos de la estructura del fuselaje central del helicóptero.

Figura 40

Limpieza general del helicóptero



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

Figura 41*Inspección preliminar del helicóptero*

Nota. Inspección preliminar en busca de daños y deterioro del fuselaje del helicóptero.

Proceso de reparación estructural del fuselaje central del helicóptero Gazelle AS 341L***Estructura del fuselaje central***

Con el fin de garantizar el correcto funcionamiento y la seguridad de los componentes fabricados en metales, se llevó a cabo una inspección minuciosa de la estructura del fuselaje central del helicóptero siguiendo los protocolos establecidos en el manual de reparaciones estructurales (MRR) y el manual de técnicas corrientes (MTC). Estos manuales proporcionan una guía detallada de las tareas a realizar en caso de encontrar discrepancias en los componentes, lo que facilita la identificación y solución de cualquier problema en la estructura del fuselaje central; es importante tener en cuenta que la correcta inspección de la estructura del helicóptero es fundamental para garantizar la seguridad de los pasajeros y la tripulación.

Evaluación del daño. Antes de iniciar la reparación del fuselaje central, fue importante evaluar el alcance del daño. Esto se realizó a través de una inspección visual del fuselaje del helicóptero; esto implicó revisar cuidadosamente la superficie del fuselaje y buscar cualquier signo de daño, como abolladuras, raspaduras, grietas, desgaste, entre otros. Una vez encontrado el daño, se llevó a cabo una evaluación de la magnitud (profundidad y alcance del daño) y la ubicación del daño en el fuselaje. Es así que se encontraron daños en el fuselaje como la falta de remaches (ver Figura 42), abolladuras (ver Figura 43) y desgaste del material base (ver Figura 44), desgaste del material de soporte (ver Figura 45).

Figura 42

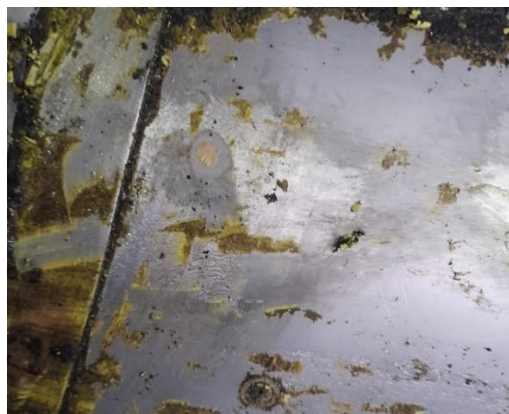
Evaluación del daño - falta de remaches en el fuselaje



Nota. Evaluación del daño, encontrando la discrepancia de falta de remaches en el fuselaje.

Figura 43

Evaluación del daño – abolladuras en el fuselaje



Nota. Evaluación del daño, encontrando la discrepancia de abolladuras en el fuselaje.

Figura 44

Evaluación del daño - desgaste del material base en el fuselaje



Nota. Evaluación del daño, encontrando la discrepancia de desgaste del material base.

Figura 45

Evaluación del daño - desgaste del material de soporte en el fuselaje

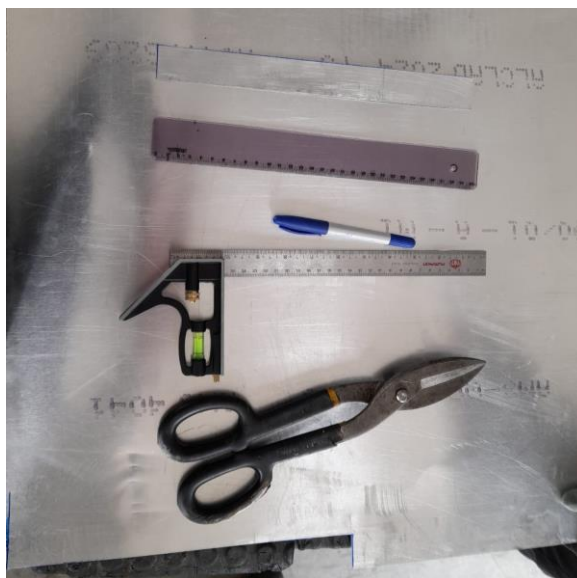


Nota. Evaluación del daño, encontrando la discrepancia de desgaste del material de soporte.

Selección del material de reparación. Se debe seleccionar el material adecuado para la reparación en función del tipo y alcance del daño, así como de las especificaciones del fabricante del helicóptero establecidas principalmente en el manual de reparaciones estructurales (15-14-00) y en el manual de técnicas corrientes (20-02-02-101). La selección del material metálico para la reparación del fuselaje de un helicóptero es un proceso crítico que debe tener en cuenta varios factores, incluyendo la resistencia mecánica, la resistencia a la fatiga, la resistencia a la corrosión, la facilidad de fabricación y la disponibilidad del material. El material seleccionado debe estar disponible en cantidades suficientes y en el tamaño y forma adecuados para la reparación del fuselaje. Es importante asegurarse de que el material seleccionado cumpla con los estándares y regulaciones aplicables a la reparación de aeronaves, como los establecidos por la FAA. Algunos de los materiales utilizados en las diferentes reparaciones fueron aleaciones de aluminio (ver Figura 46) y acero inoxidable.

Figura 46

Selección del material de reparación - ALCLAD 2024 T3



Nota. Los materiales utilizados en las diferentes reparaciones incluyeron aleaciones de aluminio como la ALCLAD 2024 T3.

Reparación de la estructura. Primeramente, se determinó si el daño era reparable o si requería reemplazar el componente completo, la evaluación se realizó teniendo en cuenta los estándares y regulaciones aplicables a la reparación de aeronaves, como los establecidos por la autoridad aeronáutica. Posteriormente, el método de reparación varió dependiendo del tipo y alcance del daño encontrado como se mencionó anteriormente. Algunos métodos comunes incluyen la reparación con remaches, la reparación con adhesivos estructurales, entre otros. A continuación, se detallan las reparaciones realizadas en la estructura del fuselaje central del helicóptero siguiendo los pasos indicados en el manual de reparaciones estructurales (15-14-00) y en el manual de técnicas corrientes (20-03-01-101).

Remachado del fuselaje. La reparación estructural de la falta de remaches en el fuselaje fue un proceso necesario ya que se detectaron áreas de la estructura del helicóptero donde faltaban remaches que mantienen unidas las diferentes partes. Esta falta de remaches pudo haber sido causada por varios factores, como daños por impacto o fatiga de la estructura. La reparación implicó la instalación de nuevos remaches en las áreas afectadas, utilizando técnicas y herramientas específicas (ver Anexo E) para garantizar la seguridad y la integridad estructural de la aeronave (ver Figura 47).

Figura 47

Reparación de la estructura - falta de remaches en el fuselaje



Nota. Reparación de la estructura, instalación de remaches faltantes en el fuselaje.

Abolladuras en el fuselaje. La reparación estructural de las abolladuras en el fuselaje es un proceso necesario cuando se detectan deformaciones en la superficie exterior del fuselaje, que pueden ser causadas por varios factores, como impactos, golpes o vibraciones. Estas abolladuras pueden comprometer la integridad estructural del helicóptero y afectar su aerodinámica. La reparación implicó la inspección cuidadosa de la abolladura (ver Figura 48), la eliminación de cualquier material suelto o deformado, y la restauración de la superficie exterior del fuselaje a su forma original utilizando herramientas y técnicas especializadas (ver Anexo E). Es importante llevar a cabo inspecciones regulares del fuselaje para detectar y reparar las abolladuras a tiempo, ya que pueden causar fallas estructurales y poner en riesgo la seguridad.

Figura 48

Reparación de la estructura – abolladuras en el fuselaje



Nota. Reparación de la estructura, corrigiendo las abolladuras en el fuselaje.

Desgaste del material base en el fuselaje. La reparación estructural del desgaste del material base en el fuselaje fue un proceso necesario ya que detectó el deterioro en la superficie del material que conforma la estructura del avión. Este desgaste pudo haber sido causado por factores como la fatiga del material, la exposición a elementos ambientales y la vibración. La reparación implicó la inspección cuidadosa de la zona afectada, la eliminación del material dañado (ver Figura 49), y la aplicación de materiales de reparación especializados que

restauraron la superficie del helicóptero a su forma y función originales. Es importante realizar inspecciones regulares del fuselaje para detectar y reparar el desgaste del material base a tiempo, ya que puede comprometer la integridad estructural de la aeronave y poner en riesgo la seguridad.

Figura 49

Reparación de la estructura - desgaste del material base en el fuselaje



Nota. Reparación de la estructura, solucionando el desgaste del material base.

Desgaste del material de soporte en el fuselaje. La reparación estructural del desgaste del material de soporte en el fuselaje al igual que el punto anterior fue un proceso necesario ya que se detectó un deterioro en el material que sostiene y soporta la estructura del (ver Figura 50); este desgaste pudo ser causado por factores como la fatiga del material, la exposición a elementos ambientales y la vibración. La reparación consistió en la inspección cuidadosa de la zona afectada, la eliminación del material dañado, y la aplicación de materiales de reparación especializados que restauran la superficie del helicóptero a su forma y función originales. El proceso de reparación se llevó a cabo por personal altamente capacitado y siguiendo los procedimientos y regulaciones de seguridad establecidos por las autoridades de aviación.

Figura 50

Reparación de la estructura - desgaste del material de soporte en el fuselaje



Nota. Reparación de la estructura, solucionando el desgaste del material de soporte en el fuselaje.

Recubrimiento y protección. Una vez que se ha llevado a cabo la reparación estructural necesaria y se ha verificado su calidad, fue importante aplicar un recubrimiento protector para prevenir la corrosión y mantener la integridad de los componentes de la estructura del fuselaje. Este proceso de recubrimiento y protección implicó la aplicación de capas de materiales resistentes a la corrosión, como pintura o revestimientos especiales, sobre la superficie de la estructura reparada. Cabe recalcar que estos materiales actúan como barrera de protección contra la exposición a elementos ambientales, como la humedad, la lluvia y el sol, que pueden provocar corrosión y daño a la estructura del avión.

Instalación e inspección. Después de la reparación, se debe realizar una inspección visual para verificar que la reparación se haya realizado correctamente. Además, se pueden realizar pruebas no destructivas para verificar la integridad de la reparación. Consistió en la eliminación de cualquier objeto extraño existente y la preparación de la superficie para el nuevo componente. Es importante seguir los procedimientos adecuados para garantizar que se realice

de manera segura y efectiva. Una vez que se completó la instalación (ver Figura 51) utilizando herramientas y técnicas especializadas (ver Anexo E), se realizó una verificación de la calidad para asegurarse de que el componente estaba instalado correctamente y cumplía con los requisitos de seguridad. Finalmente, se verificó que toda la documentación relacionada con la reparación e instalación de los componentes esté completa y actualizada, esto incluye principalmente las ordenes de trabajo.

Figura 51

Instalación de componentes de la estructura central del fuselaje



Nota. Instalación de componentes de la estructura central del fuselaje utilizando herramientas y técnicas especializadas.

Puertas de acceso

Se llevó a cabo una inspección de las puertas del helicóptero para garantizar su correcto funcionamiento y la seguridad de los pasajeros y tripulación. Se siguieron los protocolos establecidos en el manual de reparaciones estructurales (MRR) y el manual de técnicas corrientes (MTC), los cuales proporcionan una guía detallada de las tareas a realizar

en caso de encontrar discrepancias en los componentes. La inspección de las puertas es crucial para identificar y solucionar cualquier problema que pudiera afectar su funcionamiento, y se deben seguir los procedimientos y regulaciones de seguridad establecidos en los manuales para garantizar la seguridad del helicóptero.

Evaluación del daño. Antes de iniciar la reparación las puertas, fue importante evaluar el alcance del daño. Esto se realizó a través de una inspección visual que implicó revisar cuidadosamente la superficie de las puertas y buscar cualquier signo de daño, como abolladuras, desgaste, entre otros. Una vez encontrado el daño, se llevó a cabo una evaluación de la magnitud (profundidad y alcance del daño) y la ubicación del daño en las puertas. Es así que se encontraron daños en las puertas como la falta de tornillos (ver Figura 52), abolladuras (ver Figura 53), desgaste del material (ver Figura 54) y falta de materiales adicionales como los cauchos de las puertas (ver Figura 55).

Figura 52

Evaluación del daño - falta de tornillos en las puertas



Nota. Evaluación del daño, encontrando la discrepancia de falta de tornillos en las puertas.

Figura 53

Evaluación del daño – abolladuras en las puertas



Nota. Evaluación del daño, encontrando la discrepancia de abolladuras en las puertas.

Figura 54

Evaluación del daño - desgaste del material de las puertas



Nota. Evaluación del daño, encontrando la discrepancia de desgaste del material.

Figura 55

Evaluación del daño - falta de cauchos en las puertas



Nota. Evaluación del daño, encontrando la discrepancia de falta de cauchos en las puertas.

Selección del material de reparación. Al igual que la reparación del fuselaje, para la reparación de las puertas, se debe seleccionar el material adecuado para la reparación en función del tipo y alcance del daño, así como de las especificaciones del fabricante del helicóptero establecidas principalmente en el manual de reparaciones estructurales (15-22-00) y en el manual de técnicas corrientes (20-02-02-101).

Reparación de la las puertas. Primeramente, se determinó si el daño era reparable o si requería reemplazar el componente completo, la evaluación se realizó teniendo en cuenta los estándares y regulaciones aplicables a la reparación de aeronaves, como los establecidos por la autoridad aeronáutica. Posteriormente, el método de reparación varió dependiendo del tipo y

alcance del daño encontrado como se mencionó anteriormente. A continuación, se detallan las reparaciones realizadas en la estructura de las puertas del helicóptero siguiendo los pasos indicados en el manual de reparaciones estructurales (15-14-00) y en el manual de técnicas corrientes (20-03-01-101).

Atornillado de las puertas. La reparación estructural mediante atornillado de las puertas del helicóptero fue un proceso que se utilizó para reforzar la estructura de las puertas del helicóptero. El objetivo fue mejorar la resistencia de las puertas y garantizar que se mantengan cerradas y seguras (ver Figura 56). Es importante que se utilicen los materiales, herramientas adecuadas (ver Anexo E) y que el proceso de instalación se realice de manera precisa y cuidadosa para garantizar la seguridad y la integridad del helicóptero.

Figura 56

Reparación de las puertas - falta de tornillos en las puertas



Nota. Reparación de las puertas, instalación de tornillos faltantes en las puertas.

Abolladuras en las puertas. La reparación estructural de las abolladuras en las puertas del helicóptero fue un proceso que implicó la eliminación de la deformación y el fortalecimiento de la estructura de la puerta (ver Figura 57). El proceso incluyó técnicas como la eliminación de la pintura dañada, el uso de herramientas para enderezar la puerta, la aplicación de compuestos para rellenar la zona afectada, y la aplicación de pintura para restaurar el acabado. Es importante que la reparación siempre se realice de manera precisa y cuidadosa para garantizar la seguridad y la integridad del helicóptero.

Figura 57

Reparación de las puertas - abolladuras en las puertas



Nota. Reparación de las puertas, las abolladuras en las puertas.

Desgaste del material de las puertas. El desgaste del material de las puertas del helicóptero es un problema común en la industria aeronáutica debido al uso prolongado y las condiciones ambientales extremas. La reparación estructural implicó la eliminación del material desgastado y la sustitución por un material nuevo y resistente (ver Figura 58). Es importante que se utilicen los materiales adecuados y que se sigan los procedimientos recomendados por el fabricante del helicóptero. La reparación debe realizarse de manera cuidadosa y precisa para garantizar la seguridad y la funcionalidad del helicóptero durante el vuelo.

Figura 58

Reparación de las puertas - desgaste del material de las puertas



Nota. Reparación de las puertas, solucionando el desgaste del material base.

Colocación de cauchos en las puertas. La colocación de cauchos en las puertas del helicóptero es una técnica de reparación estructural que se utilizó para mejorar el sellado y la estanqueidad de las puertas. La instalación de cauchos nuevos fue necesario porque los cauchos existentes estaban desgastados o dañados. El proceso de reparación implicó la eliminación de los cauchos antiguos, la preparación de la superficie de la puerta y la instalación de los nuevos cauchos utilizando adhesivos especiales (ver Figura 59).

Figura 59

Reparación de las puertas - colocación de cauchos en las puertas



Nota. Reparación de las puertas, instalando el caucho en las puertas.

Recubrimiento y protección. Después de completar la reparación estructural necesaria y asegurar su calidad, resultó crucial realizar un recubrimiento protector con el objetivo de evitar la corrosión y preservar la integridad de los componentes de las puertas del helicóptero. Este proceso protector implicó la aplicación de múltiples capas de materiales altamente resistentes a la corrosión, tales como pintura o revestimientos especiales, sobre la superficie de la estructura previamente reparada.

Instalación e inspección. Tras haber llevado a cabo la reparación, se procedió a instalar las puertas empleando herramientas y técnicas especializadas (véase Anexo E), seguida de una exhaustiva verificación de calidad para garantizar una correcta instalación. Concluida dicha etapa, se llevó a cabo una revisión de toda la documentación correspondiente a la reparación e instalación de los componentes, asegurándose de que estuviera completa y actualizada, destacando en especial las órdenes de trabajo.

Figura 60

Instalación de componentes de las puertas



Nota. Instalación de componentes de las puertas en el helicóptero.

Inspección final de la estructural del fuselaje central del helicóptero Gazelle AS 341L

La inspección final de las reparaciones estructurales del fuselaje central del helicóptero Gazelle AS 341L fue un proceso crucial para garantizar la seguridad y la funcionalidad del helicóptero. La inspección se realizó después de haber llevado a cabo la reparación y antes de que el helicóptero sea devuelto al servicio activo. La inspección final también incluyó pruebas en tierra para verificar que el helicóptero funciona correctamente y cumple con los estándares de seguridad requeridos.

Figura 61

Inspección final del fuselaje



Nota. Inspección final de la estructural del fuselaje central del helicóptero Gazelle AS 341L.

Capítulo IV

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- La información técnica facilitó la interpretación de los procedimientos necesarios para llevar a cabo la reparación estructural del fuselaje central del helicóptero Gazelle AS 341L; considerando todos los aspectos técnicos en el manejo de materiales, herramientas y equipos disponibles.
- Se inspeccionó y se evaluó el estado de los componentes de la estructural del fuselaje central del helicóptero Gazelle AS 341L, donde se constató que la aeronave contenía pequeños daños que luego fueron corregidos, y posteriormente se realizó el proceso de recubrimiento de las superficies del fuselaje.
- Los procedimientos de la reparación estructural del fuselaje central del helicóptero Gazelle AS 341L, fueron ejecutados de manera adecuada en referencia al programa recomendado de mantenimiento (PRE), manual de mantenimiento (MDE), manual de reparaciones (MRR), manual de técnicas corrientes (MTC), catálogo ilustrado de partes (IPC) e información técnica aplicable.
- Se realizó una inspección final de la reparación estructural del fuselaje central del helicóptero Gazelle SA 341L, donde se examinó el estado general, sin encontrar discrepancias; por ende, la aeronave se encuentra lista para su traslado hacia las instalaciones de la universidad.

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.
- Las herramientas a utilizar en cualquier trabajo de mantenimiento deben estar en buenas condiciones y los equipos deben estar calibrados, para evitar tener cualquier tipo de inconveniente.
- Una vez que el helicóptero se encuentre en las instalaciones de la universidad, se recomienda brindar todas las facilidades a docentes y estudiantes para su uso. Además, se debe fomentar y ejecutar prácticas de mantenimiento en aeronaves de ala rotatoria, para una correcta formación académica de los estudiantes.

Glosario

A

Aeronave: Toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.

Aeronavegabilidad: Aptitud técnica y legal que deberá tener una aeronave para volar en condiciones de operación segura.

Autoridad Aeronáutica: Dirección General de Aviación Civil (DGAC).

C

Certificado de Aeronavegabilidad: Es un documento público otorgado por la DGAC, mediante el cual acredita que, a la fecha de su otorgamiento, la aeronave que dicho certificado respalda está apta para ser operada en forma segura.

Certificado Tipo: Es el certificado básico de diseño para avión, motor y hélice que establece el Diseño Tipo.

Chequeo: Comprobación de un componente o un sistema.

D

Dispositivo: Cualquier instrumento, mecanismo, equipo, parte, aparato, órgano auxiliar o accesorio que es usado o que se tratará de usar en la operación o control de una aeronave, instalado en, o fijado a la misma, y que no es parte de la estructura.

E

Equipo: Uno o varios conjuntos de componentes relacionados operacionalmente para el cumplimiento integral de una función determinada.

F

Federal Aviation Regulations: Regulaciones Federales para la Aeronáutica civil de los Estados Unidos de Norte América.

H

Helicóptero: Aerodino que se mantiene en vuelo principalmente en virtud de la reacción del aire sobre uno o más rotores propulsados por motor, que giran alrededor de ejes verticales o casi verticales.

I

Instrumento: Componente que utiliza un mecanismo interno para mostrar visual o auditivamente la actitud, altura y operación de una aeronave o una parte de la misma.

Inspección: Revisar, evaluar mediante la vista o equipo.

L

Limpieza: Retirar objetos, manchas, grasas ajenas al componente.

M

Mantenimiento: Trabajos requeridos para asegurar el mantenimiento de la aeronavegabilidad de las aeronaves, lo que incluye una o varias de las siguientes tareas: reacondicionamiento, reparación, inspección, reemplazo de piezas, modificación o rectificación de defectos.

O

Overhaul: Revisión a profundidad con la finalidad de dejar a un componente en perfectas condiciones.

P

Preservar: Proteger de algún daño un componente.

Procedimiento: Conjunto de acciones para cumplir la tarea.

R

Reparación: Restitución de un componente o aeronave.

Abreviaturas

A

AAC: Autoridad Aeronáutica Civil.

AOG: Aeronave en Tierra.

ATA: Asociación de Transporte Aéreo.

C

CG: Centro de Gravedad.

CDL: Lista de desviaciones respecto a la configuración

D

DGAC: Dirección General de Aviación Civil.

E

EPP: Equipo de Protección Personal.

F

FAA: Administración Federal de Aviación de los EEUU.

FH: Horas de Vuelo.

G

GSE: Equipo de Soporte en Tierra.

I

IPC: Catálogo Ilustrado de Partes.

ICO: Catálogo de Herramientas Especiales.

ICA: Catálogo Complementario de Abastecimientos.

IN: Noticias de Información.

M

MDF: Manual de Descripción y Funcionamiento.

MDE: Manual de Mantenimiento.

MCS: Manual de Circuitos y Esquemas.

MFI: Manual de Fallas y Diagnósticos.

MRR: Manual de Reparación.

MRV: Manual de Revisión.

MST: Manual de Almacenamiento y Preservado.

MTC: Manual de Técnicas Corrientes.

MGB: Caja de Engranajes Principal (Main Gearbox).

P

PMV: Manual de Vuelo.

PMM: Manual del Piloto.

PMC: Registro de Peso y Centrado.

PRE: Programa Recomendado de Mantenimiento.

R

RDAC: Regulaciones de Aviación Civil.

S

SBT: Boletines de Servicio.

SLT: Carta de Servicio.

STX: Télex de Servicio.

SIN: Noticias de Información de Seguridad.

T

TMA: Técnicos de Mantenimiento Aeronáutico.

TGB: Caja de Engranajes de Cola (Tail Gearbox).

Bibliografía

Aeronautics Guide. (2022). *Aircraft Metal Structural Repair*.

<https://www.aircraftsystemstech.com/2017/04/aircraft-metal-structural-repair.html>

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. (2018). *Repair Manual - MRR (Gazelle)* (Vol. 1). Direction Technique

Support.

Airbus Helicopters. (2021a). *Illustrated Parts Catalog - IPC (Gazelle)*. Direction Technique

Support.

Airbus Helicopters. (2021b). *Training Manual (Gazelle)*.

Airbus Helicopters. (2022). *Master Servicing Recommendations - PRE (Gazelle)* (Vol. 1).

Direction Technique Support.

Airliners. (2022). *Aerospatiale SA-341/342 Gazelle*. VerticalScope Inc. <https://www.airliners.net>

DGAC. (2010). *RDAC PARTE 001 - Definiciones y abreviaturas*.

Ejército Ecuatoriano. (2022). *Aviación del Ejército - Ejército Ecuatoriano*.

<https://ejercitoecuadoriano.mil.ec>

FLYABILITY. (2022). *NDT (Non-Destructive Testing)*. <https://www.flyability.com/ndt>

Helis. (1997). *Gazelle in Ejército Ecuatoriano*. <https://www.helis.com>

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

Jeppesen. (2002). *A&P Technician Airframe Textbook*. Jeppesen Sanderson.

Kroes, M., Watkins, W., Delp, F., & Sterkenburg, R. (2013). *Aircraft Maintenance and Repair*.

McGraw-Hill Companies, Inc.

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)

National Aviation. (2022). *Structures & Sheet Metal*. <https://www.naa.edu/structures-and-sheet-metal/>

NSCC. (2023). *Aircraft Maintenance Technology*. <https://www.nsc.ca/programs-and-courses/programs/plandescr.aspx?prg=AMTA&pln=AMTAVIONIC>

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*.

Schafer J. (1995). *Helicopter Maintenance*. Jeppesen Sanderson.

Skies. (2019). *A modified course: Heli-One - Skies Mag*. <https://skiesmag.com/features/a-modified-course-heli-one/>

Vertical. (2018). *Predictive maintenance: Future-proof? - Vertical Mag*. <https://verticalmag.com/features/predictive-maintenance-future-proof/>

Villalba J. (2017). *E-349 | Aérospatiale SA 342L Gazelle | Ecuador - Army*. JetPhotos. <https://www.jetphotos.com>

Wikiwand. (2005). *Aérospatiale SA341 Gazelle*. <https://www.wikiwand.com>

Anexos