



Inspección exterior e interior de los patines de aterrizaje del helicóptero Gazelle

S.A 342 I, de acuerdo al Manual de Mantenimiento ATA 32-10-601

Estrella Oña, Jean Pierre

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

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

Aeronáutica

Tlgo. Zurita Caisaguano, Jonathan Raphael

09 de febrero del 2024

Latacunga

Reporte de verificación de contenidos



ESTRELLA OÑA JEAN PIERRE MONOG...

Scan details

Scan time:
February 14th, 2024 at 13:22 UTC

Total Pages:
32

Total Words:
7939

Plagiarism Detection



Types of plagiarism	Words
Identical	0.7% 55
Minor Changes	0.6% 46
Paraphrased	4.7% 375
Omitted Words	0% 0

AI Content Detection



Text coverage

- AI text
- Human text

🔍 Plagiarism Results: (9)

[M-ESPEL-CMA-0868.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#) 1.3%

<https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/23000/35858/m-espel-cma-0868.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

QJ

1. Carátula "Inspección de los trenes de aterrizaje principales y de nariz de la aeronave Fairchild 227 de acuerdo al ATA 32 del manual d...

[¿Sabes qué parte es y a cuál aeronave pertenece? - Global Rotor S. A. S.](#) 1.3%

<https://globalrotor.com/web/sabes-que-parte-es-y-a-cual-aeronave-pertenece/>

Alertar la navegación Sobre nosotros Nuestros servicios Cotizaciones ...

[Tipos de rotores de helicópteros - TMAS Aviación](#) 1.1%

<https://www.tmas.es/blog/helicopteros/Tipos-de-rotor-de-helicopteros/>

Saltar al contenido TMAS Aviación Divulgación Aeronáutica Menú Menú Avión militar Accidente aéreo Curiosidades Empleo F...

[rotores entrelazados](#) 0.9%

https://tmas.wiki/es/intermeshing_rotors

rotores entrelazados. Los rotores entrelazados en un helicóptero son un conjunto de dos rotores que giran en direcciones opuestas...





Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

Certificación

Certifico que la monografía: "Inspección exterior e interior de los patines de aterrizaje del helicóptero Gazelle S.A 342 I, de acuerdo al Manual de Mantenimiento ATA 32-10-601" fue realizado por el señor Estrella Oña, Jean Pierre; el mismo que cumple con los requisitos legales, técnicos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado 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 lo sustente públicamente.

Latacunga, 09 de febrero de 2024

Firma

Tigo Zurita Casapuerca, Jonathan Raphael

C. C: 0503068660



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

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Estrella Oña, Jean Pierre**, con cédula de ciudadanía N° 1724567134, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **Inspección exterior e interior de los patines de aterrizaje del helicóptero Gazelle S.A 342 I, de acuerdo al Manual de Mantenimiento ATA 32-10-601** 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, 09 de febrero de 2024

Firma

Estrella Oña, Jean Pierre

C. C: 1724567134



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

Autorización de Publicación

Yo **Estrella Oña, Jean Pierre**, con cédula de ciudadanía N° 1724567134, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **Título: Inspección exterior e interior de los patines de aterrizaje del helicóptero Gazelle S.A 3421, de acuerdo al Manual de Mantenimiento ATA 32-10-601 en el Repositorio Institucional**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Latacunga, 09 de febrero de 2024

Firma

Estrella Oña, Jean Pierre

C. C. 1724567134

Dedicatoria

Dedico este trabajo de titulación a todas las personas que han sido mi fuente de inspiración, apoyo y motivación a lo largo de este emocionante viaje académico. A mi familia, por su amor incondicional, comprensión y sacrificio. Su constante aliento y apoyo han sido el motor que me impulsó a perseguir mis sueños y alcanzar mis metas. A mis profesores y mentores, cuya sabiduría, orientación y estímulo han sido fundamentales en mi formación académica y profesional. Agradezco su dedicación y compromiso con mi aprendizaje. A mis amigos y compañeros de clase, por compartir conmigo este trayecto educativo, brindándome momentos de alegría, camaradería y colaboración. Su amistad ha enriquecido mi experiencia académica de manera inigualable. A todas las personas que, de una forma u otra, han contribuido a mi crecimiento personal y académico, les dedico este trabajo con profundo agradecimiento y gratitud. Que este trabajo pueda servir como un pequeño tributo a su generosidad, apoyo y confianza en mí.

Con cariño y agradecimiento,

Estrella Oña, Jean Pierre

Agradecimiento

Quisiera expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido al desarrollo y culminación de este trabajo de titulación. En primer lugar, deseo expresar mi gratitud al Tecnólogo Jonathan Zurita, por su orientación experta, valiosos consejos y apoyo constante a lo largo de este proceso. Su experiencia y dedicación fueron fundamentales para el éxito de este proyecto. También deseo agradecer a la Universidad de las Fuerzas Armadas Sede Latacunga, por brindarme los recursos necesarios y el ambiente propicio para llevar a cabo esta investigación. El acceso a instalaciones, bibliotecas y equipos especializados fue fundamental para la realización de este estudio. Además, quiero reconocer el apoyo de mis compañeros de clase y amigos, quienes me brindaron su aliento y motivación en momentos clave de este trabajo. Sus comentarios y sugerencias fueron de gran ayuda para enriquecer este proyecto. Por último, pero no menos importante, quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi familia por su amor incondicional, paciencia y constante apoyo durante todo este proceso. Su confianza en mí y su constante estímulo fueron mi mayor inspiración para alcanzar mis metas académicas. A todas estas personas e instituciones, gracias de corazón por su invaluable contribución a este trabajo.

Estrella Oña, Jean Pierre

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	1
Reporte de verificación de contenidos.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenidos	8
Índice de figuras	14
Índice de tablas.....	18
Resumen.....	19
Abstract	20
Capítulo I: Planteamiento del problema de investigación.....	21
Antecedentes.....	21
Planteamiento del problema.....	22
Justificación e Importancia	23
Objetivos.....	24
<i>Objetivo general</i>	24
<i>Objetivos específicos</i>	24
Alcance	24
Capítulo II: Marco teórico	25

Introducción al Helicóptero	25
Componentes principales de un helicóptero	27
<i>Estructura de la aeronave</i>	27
<i>Fuselaje</i>	28
<i>Tren de aterrizaje o patines</i>	29
<i>No articulado o telescópico</i>	30
<i>Suspensión articulada o apalancada</i>	31
<i>Suspensión semiarticulada o semipalanca</i>	31
Motor	32
Transmisión	33
Sistema del rotor principal	33
<i>Rotores en tándem</i>	34
<i>Rotores coaxiales</i>	34
<i>Rotores entrecruzados</i>	35
Sistema de rotor rígido	36
Sistema de rotor semirrígido.....	37
<i>Sistema de rotor totalmente articulado</i>	38
<i>Sistema anti – torque</i>	39
Inspecciones generales en helicópteros	41
<i>Inspección pre – vuelo</i>	41
<i>Inspección diaria o de 50 horas</i>	42

<i>Inspección semanal o de 100 horas</i>	42
<i>Inspección mensual o de 300 horas</i>	42
<i>Inspección anual</i>	43
<i>Inspección de grandes componentes</i>	43
<i>Inspección post – accidente</i>	43
Registro, documentación y cumplimiento normativo.....	43
Tipos de mantenimiento	44
Preventivo.....	44
<i>Límite de tiempo o Hard time</i>	45
<i>Vida límite o vencimiento</i>	45
<i>Recorrida u overhaul</i>	45
Por condición.....	46
Predictivo.....	47
Restaurativo.....	47
Inspecciones rutinarias.....	48
Inspecciones menores	48
<i>Inspecciones mayores</i>	49
Inspecciones no rutinarias	50
<i>Inspección general de trenes</i>	50
<i>Inspección visual</i>	50
<i>Comprobación de desgaste</i>	50

<i>Sistema hidráulico</i>	50
<i>Pruebas funcionales</i>	51
<i>Inspección de ejes y muelles</i>	51
Revisión de tornillería y fijaciones	51
Verificación de documentación	52
Inspección de la superficie del terreno	52
Helicóptero Gazelle SA – 342L	52
Dimensiones	53
Dimensiones	53
Materiales utilizados en la fabricación del fuselaje	54
<i>Estructura</i>	57
<i>Fuselaje</i>	57
<i>Cabina</i>	57
<i>Estructura central y posterior</i>	58
<i>Estructura inferior</i>	58
Controles de vuelo	59
Controles del rotor principal	59
Controles del rotor de cola	60
Unidad de estabilización automática	61
Sistema de combustible	63
<i>Características estructurales del tanque de combustible</i>	63

Tanque principal.....	64
Tanque no autosellante.....	64
Tanque autosellante.....	65
Tanque suplementario.....	65
Tanque de ferry.....	66
Motor.....	67
Características.....	68
Especificaciones.....	68
Trenes de aterrizaje.....	70
Tipo de trenes.....	70
Tren de aterrizaje tipo Skid, equipado con amortiguadores.....	70
Tren de aterrizaje tipo skid con bisagras de baja frecuencia.....	70
Tren de aterrizaje de tipo deslizante alto con bisagras de baja frecuencia.....	71
Patines.....	71
Capítulo III: Desarrollo del tema.....	73
Descripción general.....	73
Preparación del área de trabajo.....	73
Levantamiento en gatas de la aeronave.....	74
Inspección externa del tren de aterrizaje.....	75
Remoción de los carenados de los trenes de aterrizaje.....	75
Inspección del SKI.....	76

<i>Inspección de turcas y pernos</i>	76
<i>Chequeo de cintas antideslizantes</i>	77
<i>Inspección por presencia de corrosión</i>	78
<i>Chequeo de errajes de fijación de ruedas</i>	78
<i>Inspección visual para descartar grietas}</i>	79
<i>Inspección de uniones del patín</i>	80
<i>Inspección interna del tren de aterrizaje</i>	80
<i>Inspección por partículas magnéticas</i>	81
Capítulo IV: Conclusiones y recomendaciones	84
Conclusiones	84
Recomendaciones	85
Glosario	86
Bibliografía	87
Anexos	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Efecto Coanda en helicópteros</i>	25
Figura 2 <i>Aeronave de ala Giratoria</i>	26
Figura 3 <i>Motor turbohélice</i>	27
Figura 4 <i>Componentes principales de un helicóptero</i>	28
Figura 5 <i>Primer fuselaje de sikorsky s – 97 raider</i>	29
Figura 6 <i>Puntos de contacto de los trenes de aterrizaje de un helicóptero</i>	30
Figura 7 <i>Tren de aterrizaje tipo telescópico</i>	30
Figura 8 <i>Trenes de aterrizaje en aeronaves</i>	31
Figura 9 <i>Sistema de retracción del tren de aterrizaje</i>	31
Figura 10 <i>Plato cíclico del rotor</i>	32
Figura 11 <i>Rotor principal articulado</i>	33
Figura 12 <i>Rotor tándem en una aeronave</i>	34
Figura 13 <i>Helicóptero con rotor coaxial</i>	35
Figura 14 <i>Rotor entrelazado</i>	36
Figura 15 <i>Rotor principal de cuatro palas sin bisagra rígido</i>	36
Figura 16 <i>Rotor semirrígido de 2 palas</i>	37
Figura 17 <i>Rotor principal</i>	38
Figura 18 <i>Sistema de rotor totalmente articulado</i>	38
Figura 19 <i>Torque y anti – torque</i>	39
Figura 20 <i>Configuración de rotor de cola tipo fenestrón</i>	40
Figura 21 <i>Sistema Anti - torque NOTAR</i>	41

Figura 22 <i>Helicóptero AW169</i>	42
Figura 23 <i>Helicóptero del ejército accidentado en Portoviejo</i>	43
Figura 24 <i>Aerocopter AK1 - 3 - D.B.</i>	44
Figura 25 <i>Mantenimiento preventivo</i>	44
Figura 26 <i>Avances overhaul helicópteros</i>	46
Figura 27 <i>Mantenimiento predictivo Ecocopter</i>	47
Figura 28 <i>Inspección rutinaria - flota canadiense</i>	48
Figura 29 <i>Ciclo de verificaciones menores</i>	49
Figura 30 <i>Ciclo de verificaciones mayores</i>	49
Figura 31 <i>Inspección de las ruedas</i>	50
Figura 32 <i>Sistema de flotabilidad para helicóptero</i>	51
Figura 33 <i>Inspección de tren de aterrizaje del helicóptero Bell - 206</i>	52
Figura 34 <i>Helicóptero Gazelle</i>	53
Figura 35 <i>Dimensiones del helicóptero Gazelle</i>	54
Figura 36 <i>Helicóptero Gazelle - SA 342L</i>	56
Figura 37 <i>Fuselaje del helicóptero Gazelle - SA 342L</i>	57
Figura 38 <i>Cabina del helicóptero Gazelle - SA 342L</i>	58
Figura 39 <i>Estructura posterior del helicóptero Gazelle - SA 342L</i>	58
Figura 40 <i>Controles del helicóptero Gazelle - SA 342L</i>	59
Figura 41 <i>Controles del rotor de cola</i>	61
Figura 42 <i>Unidad de estabilización automática</i>	62

Figura 43 <i>Diagrama eléctrico del sistema de combustible</i>	63
Figura 44 <i>Tanque no autosellante</i>	64
Figura 45 <i>Tanque autosellante</i>	65
Figura 46 <i>Tanque suplementario</i>	66
Figura 47 <i>Turbo Motor ASTAZOU</i>	67
Figura 48 <i>Especificaciones del Motor ASTAZOU</i>	68
Figura 49 <i>Tren de aterrizaje del Motor ASTAZOU</i>	70
Figura 50 <i>Patines del tren de aterrizaje del Motor ASTAZOU</i>	72
Figura 51 <i>Levantamiento en gatas de la aeronave</i>	74
Figura 52 <i>Remoción de los carenados</i>	75
Figura 53 <i>Inspección del SKI</i>	76
Figura 54 <i>Revisión de PRC en tuercas y pernos</i>	76
Figura 55 <i>Chequeo de cintas antideslizantes</i>	77
Figura 56 <i>Inspección por presencia de corrosión</i>	78
Figura 57 <i>Chequeo de errajes de fijación de ruedas</i>	78
Figura 58 <i>Implementación de los dispositivos de izaje y traslado</i>	79
Figura 59 <i>Inspección visual por grietas</i>	79
Figura 60 <i>Inspección de uniones del patín</i>	80
Figura 61 <i>Equipo de partículas magnéticas</i>	81
Figura 62 <i>Recubrimiento del área de trabajo</i>	81
Figura 63 <i>Aplicación de partículas magnéticas</i>	82

Figura 64 *Resultado final*83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Dimensiones del Helicóptero Gazelle</i>	53
Tabla 2 <i>Materiales utilizados en la fabricación del fuselaje</i>	54
Tabla 3 <i>Especificaciones del motor ASTAZOU</i>	68

Resumen

La presente monografía aborda la inspección exterior e interior de los patines de aterrizaje del helicóptero Gazelle S.A 342L, conforme al Manual de Mantenimiento ATA 32-10-601. En primer lugar, se recopila información técnica relevante para asegurar el cumplimiento de los estándares de seguridad y funcionamiento. Posteriormente, se realiza una inspección visual detallada del exterior de los patines, siguiendo las directrices del manual mencionado, con el propósito de identificar cualquier daño o desgaste que pueda comprometer su integridad estructural. Adicionalmente, se aplican técnicas de ensayos no destructivos, tales como partículas magnéticas, para complementar la inspección interna de los patines. Estas técnicas permiten detectar posibles defectos internos que no son visibles a simple vista, garantizando así una evaluación exhaustiva de la condición de los patines y, por ende, la seguridad operativa del helicóptero. Finalmente, se aborda la implementación de una herramienta especializada de izaje y remolque, diseñada para facilitar las operaciones de mantenimiento y movimiento del helicóptero Gazelle S.A 342L. Esta herramienta asegura la seguridad y eficiencia durante estas tareas, contribuyendo así a la operatividad del helicóptero y a la seguridad del personal involucrado en dichas operaciones.

Palabras clave: Helicóptero Gazelle S.A 342 I, inspección exterior, inspección interior, patines de aterrizaje.

Abstract

This monograph deals with the external and internal inspection of the landing skids of the Gazelle S.A 342L helicopter, according to the ATA Maintenance Manual 32-10-601. First, relevant technical information is gathered to ensure compliance with safety and performance standards. Subsequently, a detailed visual inspection of the exterior of the skids is performed, following the guidelines of the aforementioned manual, with the purpose of identifying any damage or wear that may compromise their structural integrity. In addition, non-destructive testing techniques, such as magnetic testing, are applied to complement the internal inspection of the skids. These techniques allow detecting possible internal defects that are not visible to the naked eye, thus ensuring a thorough assessment of the condition of the skids and, therefore, the operational safety of the helicopter. Finally, the implementation of a specialized hoisting and towing tool, designed to facilitate the maintenance and movement operations of the Gazelle S.A 342L helicopter, is addressed. This tool ensures safety and efficiency during these tasks, thus contributing to the operability of the helicopter and the safety of the personnel involved in these operations.

Key words: Gazelle S.A 342L helicopter, external inspection, internal inspection, landing skids.

Capítulo I

Planteamiento del problema de investigación

Antecedentes

La Brigada de aviación del ejército N°15 Paquisha, pertenece a la Unidad de las Fuerzas Armadas del Ecuador, cuenta con el Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército conocido por su abreviatura (CEMAE), el centro antes mencionado está habilitado para realizar diversos tipos de mantenimiento, los cuales son, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, mantenimiento restaurativo, mantenimiento a nivel de organización, mantenimiento a nivel de campo, mantenimiento a nivel de depósito; según su lista de capacidades.

La brigada N°15 BAE Paquisha realizó una donación de un helicóptero GAZELLE S.A 342 L. a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, brindando de dicha manera la oportunidad de ampliar el conocimiento de los docentes y dicentes de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica referente al helicóptero GAZELLE S.A 342 L., además de diversos tipos de sistemas, componentes, métodos de mantenimiento, inspección o chequeos entre otros.

La aeronave GAZELLE S.A 342 L. es un helicóptero ligero diseñado para llevar a cabo operaciones militares, producido en los años sesenta por los fabricantes Aérospatiale, Westland Aircraft e introducido al ámbito de aviación en 1973, derivando dos versiones comerciales dentro de la cual se encuentra la versión S.A 341, 342; el cual cuenta con una capacidad de carga útil interna de 200 Kg., capacidad de tripulación de tres personas dentro de las cuales constan piloto, copiloto y mecánico a bordo; adicional de dos a un máximo de tres pasajeros; sin embargo, la capacidad se verá limitada de acuerdo a la temperatura, cantidad de combustible y altura del aeródromo.

Asimismo, consta con un tren de aterrizaje tipo patín, el cual no está equipado con amortiguadores, lo que suprime el riesgo de entrar en resonancia; este fenómeno volvía incontrolables ciertos helicópteros derribándolos.

Planteamiento del problema

Para la operación de una aeronave es favorable que se encuentre en óptimas condiciones y de esta manera cumpla con los requisitos de aeronavegabilidad. Al momento de realizar una tarea de mantenimiento es primordial seguir las indicaciones que nos da el manual del fabricante, de la misma, es necesario tomar las debidas precauciones para el mantenimiento del tren de aterrizaje tipo patín del helicóptero GAZELLE S.A 342 L.

El mantenimiento del tren de aterrizaje se realiza debido a que el helicóptero permaneció inoperable durante varios años, se dará el desarrollo de una inspección a las tensiones, presiones y fuerzas que actúan sobre el tren de aterrizaje, el servicio y los mantenimientos se convierten en un proceso continuo. Es necesario desarrollar las inspecciones correctamente, se deben limpiar todas las superficies para asegurarse de que no se exista anomalía en el helicóptero.

La intervención adecuada de los componentes debe realizarse por horas o tiempo calendario como lo define el fabricante, esto puede ahorrar dinero, prolonga la vida útil del tren de aterrizaje, se evita tiempos de inactividad y aumenta su eficiencia, además ayuda a comprender cada tiempo que se realice mantenimiento, esto facilitará a los técnicos en mantenimiento a que puedan ejecutar un mejor trabajo.

La inspección se lleva a cabo dando como fuente útil para la presentación en la universidad de las fuerzas armadas y ESPE-L como donación de una maqueta para el desarrollo de posibles, futuras inspecciones o trabajos de mantenimiento en el helicóptero GAZELLE S.A 342 L.

Justificación e Importancia

El presente proyecto técnico beneficiará a la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE sede Latacunga a los docentes y estudiantes que brindarán mantenimiento al tren de aterrizaje del helicóptero GAZELLE S.A 342L, en base a la documentación técnica, para identificar si existe alguna anomalía en su funcionamiento, desgaste en un componente con respecto al estado del material en el que se encuentra el tren de aterrizaje.

Se llevará a cabo un mantenimiento exhaustivo del tren de aterrizaje, con el fin de proporcionar las herramientas necesarias para identificar y ejecutar los procedimientos específicos requeridos en esta área. Este enfoque garantizará un mantenimiento adecuado, así como la aplicación de los pasos correctos para la inspección correspondiente. Dichas acciones no solo beneficiarán al personal docente y a los estudiantes, quienes podrán abordar las tareas de mantenimiento con mayor excelencia, sino que también contribuirán a mantener los más altos estándares de seguridad operativa para el helicóptero GAZELLE.

El proyecto es viable porque se tiene la documentación técnica actualizada para realizar la inspección, se cuenta con instalaciones amplias en excelentes condiciones, todas las herramientas necesarias que han sido otorgadas por la brigada (CEMAE), brindar un buen mantenimiento, además consta con el personal técnico capacitado en el helicóptero GAZELLE S.A 342L.

Objetivos

Objetivo general

Inspeccionar el exterior e interior de los patines de tren de aterrizaje del helicóptero GAZELLE S.A 342L de acuerdo al manual de mantenimiento ATA 32-10-601.

Objetivos específicos

- Recopilar la información técnica aplicable a la inspección del tren de aterrizaje del helicóptero GAZELLE S.A 342L.
- Ejecutar la inspección visual del exterior de los patines de tren de aterrizaje del helicóptero GAZELLE S.A 342L de acuerdo al manual de mantenimiento ATA 32-10-601.
- Aplicar técnicas de NDI como partículas magnéticas, para complementar la inspección interna de los patines de tren de aterrizaje del helicóptero GAZELLE S.A 342L.
- Implementación de una herramienta de izaje y remolque del helicóptero GAZELLE S.A 342L.

Alcance

La inspección del exterior e interior de los patines de tren de aterrizaje del helicóptero GAZELLE S.A 342L, se realizó en las instalaciones del campus General Rodríguez Lara de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga.

Capítulo II

Marco teórico

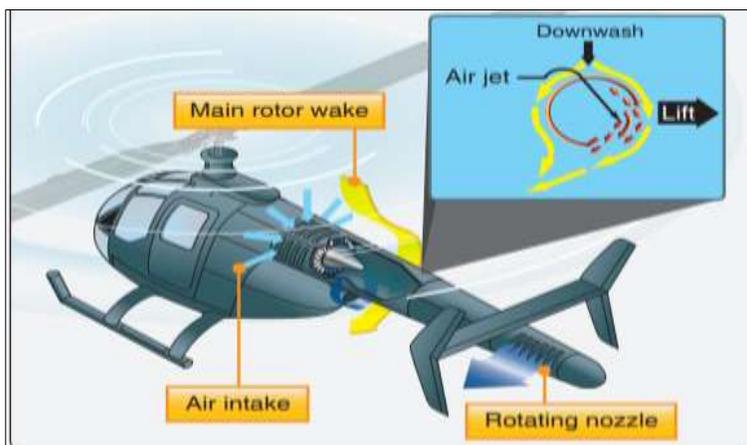
Introducción al Helicóptero

El helicóptero también conocido como aeronave de ala giratoria, es una aeronave que es sustentada y propulsada por uno o más rotores horizontales, obtiene su fuente de sustentación de las palas del rotor que giran alrededor de un mástil. Cada rotor posee dos o más palas (FAA, 2023). Son accionados mecánicamente, lo que permite un despegue y aterrizaje vertical, vuelo estacionario o el desplazamiento hacia cualquier dirección (Britannica, 2024).

Este tipo de aeronave, posee ciertas ventajas debido a su configuración que le permite ascender y descender sin necesidad de que la aeronave avance, lo que descarta la necesidad de pistas, brindándole una característica ideal para situaciones congestionadas, aisladas o de emergencia. Durante el vuelo estacionario de esta aeronave, se produce el efecto Coanda, el cual proporciona aproximadamente dos tercios de sustentación necesaria para mantener el control direccional.

Figura 1

Efecto Coanda en helicópteros



Nota. Efecto Coanda en Helicópteros. Tomado de Handbook FAA.

Debido a la configuración de control de una aeronave de ala giratoria, pilotarlo requiere de atención constante a los sistemas y entorno, tomando en cuenta la formación y experiencia que se necesita para mantener la seguridad en vuelo.

Es indispensable tener coordinación para el uso continuo de ambos brazos y piernas para mantener el control adecuado de la aeronave.

Figura 2

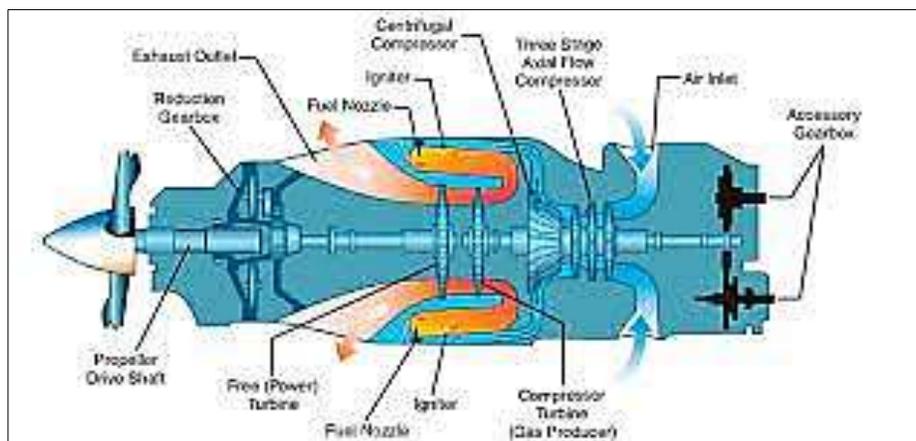
Aeronave de ala Giratoria



Los helicópteros fiables y estables fueron desarrollados por las mejoras en las características de combustible y motores (reemplazando los motores a pistón por motores de turbina), décadas después de las aeronaves de ala fija, gracias a la densidad de la potencia de empuje que estos requerían. (Aprendamos Aviación s. f.).

Dentro de las ventajas de los motores de turbina se encuentran:

- Menos vibraciones.
- Mayor rendimiento de la aeronave.
- Fiabilidad.
- Facilidad de funcionamiento.

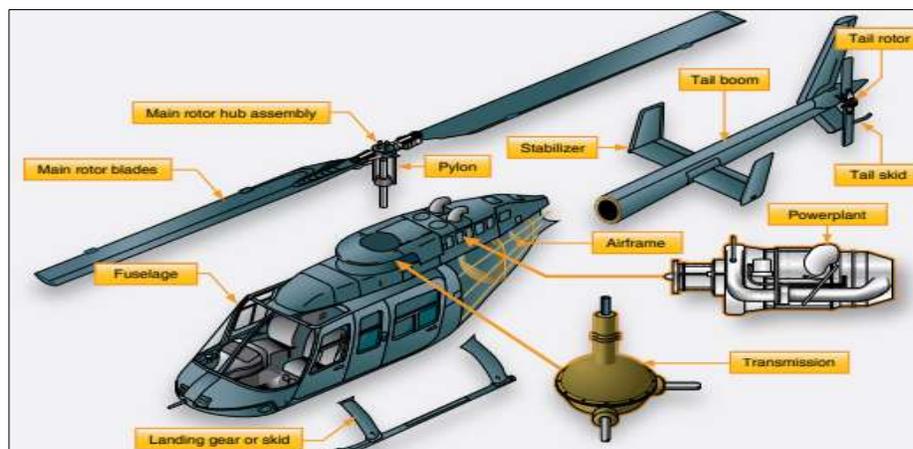
Figura 3*Motor turbohélice***Componentes principales de un helicóptero*****Estructura de la aeronave***

Las estructuras del helicóptero están diseñadas para darle sus características únicas de vuelo; utiliza perfiles aerodinámicos en las palas de sus rotores, lo que genera sustentación. El aire fluye más rápido sobre la superficie superior curvada de los rotores, provocando una presión negativa y, por tanto, elevando la aeronave.

Cambiar el ángulo de ataque de las palas de los rotores, produce que la sustentación aumente o disminuya, elevando o bajando la aeronave; mientras que, la inclinación del plano de rotación del rotor hacer que la aeronave sea capaz de moverse horizontalmente.

Figura 4

Componentes principales de un helicóptero



Fuselaje

El fuselaje es la estructura central donde se unen todos los componentes de la aeronave y, donde se alojarían los pasajeros y tripulación; puede estar construido de metal o materiales compuestos de madera e incluso una combinación de ambos materiales; formado por diversas capas de resina impregnadas de fibra y unidas con el objetivo de formar un panel liso.

Suele tener una configuración de tipo truss o semimonocasco de diseño de pieles de tensión para el fuselaje y las barras de cola.

Las subestructuras tubulares, pueden estar construidas con base a aluminio, acero inoxidable o titanio en zonas que tengan más carga de esfuerzos y calor.

Figura 5

Primer fuselaje de sikorsky s – 97 raider



Tren de aterrizaje o patines

El sistema de tren de aterrizaje es el sistema de una aeronave que permite llevar a cabo sus operaciones en tierra, sirve para amortiguar el descenso del helicóptero y permite su carreteo en hangar.

Dentro de los trenes de aterrizaje en helicópteros, se debe mencionar:

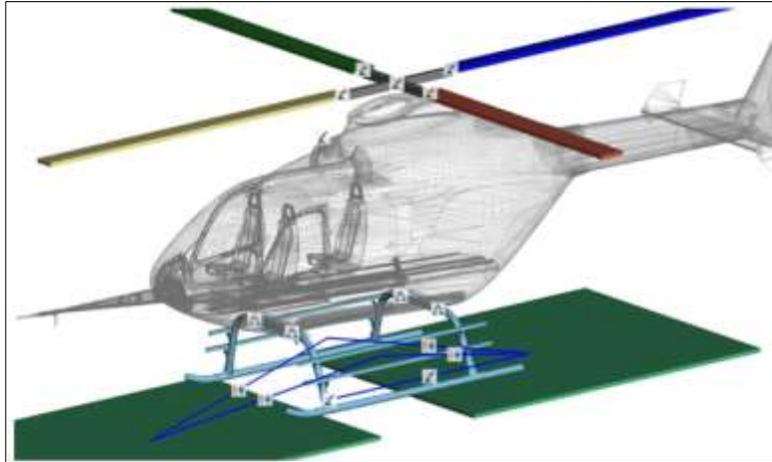
Tren de Aterrizaje Tipo Skid: el engranaje tipo patín consiste en un tubo transversal delantero, un tubo transversal trasero y tubos deslizantes.

Wheel Type Landing Gear: dependiendo del número de trenes de aterrizaje por helicóptero, la ubicación de la instalación, se puede clasificar en:

- El tipo de rueda de tren de nariz de triciclo; es aquel que tiene un tren de nariz en la parte delantera y dos trenes principales instalados en la parte trasera.
- El tipo de rueda de cola es aquel que tiene dos trenes de aterrizaje principales instalados en la parte delantera y un tren instalado en la parte trasera.
- El tipo cuadríciclo es aquel que tiene dos trenes de aterrizaje instalados en la parte delantera y dos trenes de aterrizaje instalados en la parte trasera del centro de gravedad de la aeronave.

Figura 6

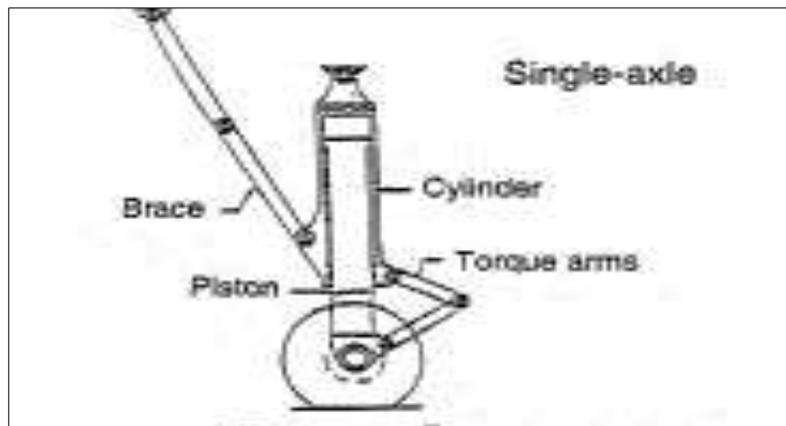
Puntos de contacto de los trenes de aterrizaje de un helicóptero



No articulado o telescópico

Figura 7

Tren de aterrizaje tipo telescópico



Suspensión articulada o apalancada

Figura 8

Trenes de aterrizaje en aeronaves



Suspensión semiarticulada o semipalanca

Figura 9

Sistema de retracción del tren de aterrizaje



Este sistema requiere de un actuador operado hidráulicamente. Up lock y Down lock, para bloquear el tren de aterrizaje en ambas posiciones, una válvula selectora hidráulica, micro interruptores UP/DOWN, interruptor UP/DOWN e indicadores en la cabina y facilidad para extensión de emergencia, etc.

Landing Gear Steering System; cualquier tipo de tren de aterrizaje necesita dirección, ya sea una dirección activa, proporcionando gatas de dirección en el Landing Gear de nariz o, una dirección pasiva con una rueda de morro que gira libremente con un avance mecánico que logra la guiñada, aplicando el empuje del rotor de cola. (Bolaños, 2023)

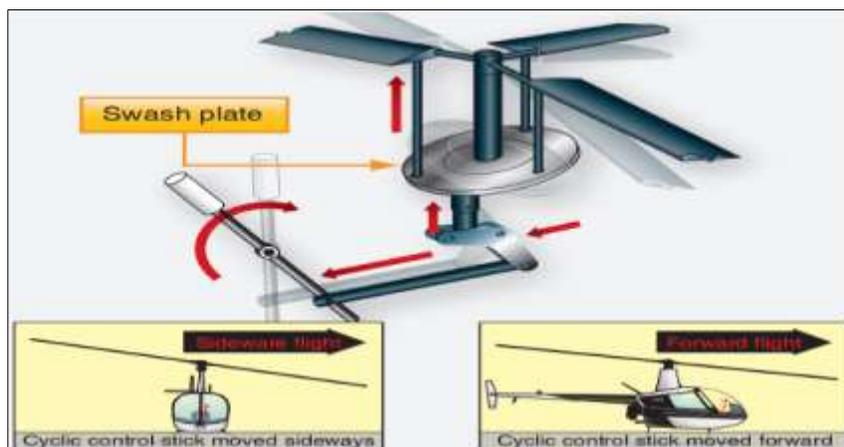
Motor

Existen dos tipos de motores comunes utilizados dentro de helicópteros, dentro de ellos se puede destacar varios. Los motores recíprocos son utilizados en helicópteros pequeños, son menos potentes y en general, se encuentran en aeronaves de ala giratoria de entrenamiento, pues su operación es más sencilla y el mantenimiento resulta ser menos costoso que los motores a turbina. A diferencia de los motores a pistón, este tipo de propulsores son más potentes y su funcionamiento es más caro. Es utilizado en una amplia variedad de helicópteros.

La potencia se suministra a los sistemas del rotor principal y del rotor de cola a través de la unidad de rueda libre que está unida al eje de engranaje de salida de la caja de cambios de accesorios. El gas de combustión se expulsa a través de una salida de escape. (*Helicopter Structures*, s. f.)

Figura 10

Plato cíclico del rotor



Transmisión

El sistema de transmisión, trasfiere la potencia de los motores al rotor principal, de cola y otros accesorios que lo requieren durante las condiciones normales de vuelo, como el embrague y la unidad de rueda libre. La unidad de rueda libre o embrague autorrotativo permite que la transmisión del rotor principal accione el eje de transmisión del rotor de cola durante la autorrotación.

Las transmisiones de los helicópteros suelen estar lubricadas y refrigeradas con su propio suministro de aceite y dispone de un visor para comprobar el nivel de aceite. (*Helicopter Structures*, s. f.)

Sistema del rotor principal

Figura 11

Rotor principal articulado



El sistema del rotor principal implica la parte giratoria que genera sustentación a la aeronave. Está conformado por:

- Un mástil
- Un centro
- Palas del rotor

El mástil es un eje metálico cilíndrico que se extiende hacia arriba y es impulsado por la transmisión. En la parte superior de este componente se encuentra el punto de fijación de las palas del rotor, el cual es conocido como centro. El centro es un solo componente elaborado de titanio rígido forjado.

Los rotores tienen diferentes configuraciones que se muestran a continuación:

Rotores en tándem

En esta configuración, los rotores principales del helicóptero se encuentran en el mismo plano horizontal. Se encuentran ubicados uno delante y otro atrás. Los rotores transversales son una variante de los rotores en tándem y se sitúan uno a cada lado del fuselaje. (Aviación, 2022)

Figura 12

Rotor tándem en una aeronave



Rotores coaxiales

Los helicópteros con rotores coaxiales anulan el efecto anti –torque que se genera solo con la presencia de un rotor, ya que, un rotor gira en sentido horario y el otro en sentido anti –horario. Por lo que, esta configuración evita el uso de un rotor de cola.

Figura 13*Helicóptero con rotor coaxial*

Para girar sobre su propio eje, el piloto acciona los pedales, generando un efecto de "disimetría de torque". Esto disminuye el torque de un rotor y aumenta el del otro, permitiendo que el helicóptero gire en la dirección deseada. Esta configuración elimina la necesidad de un rotor de cola, permitiendo mayor potencia para trabajos pesados como traslado de cargas y maniobras como lucha contra incendios. Además, reduce el ruido generado por la interacción de los flujos de aire, siendo una opción codiciada por su estabilidad, potencia y maniobrabilidad. (Laferla, 2021)

Rotores entrecruzados

Son un conjunto de dos rotores que giran en direcciones opuestas. La disposición permite que el helicóptero sea capaz de volar sin un rotor de cola. En su configuración posee cada mástil del rotor montado con un ligero ángulo con respecto al otro de manera simétrica transversalmente, por lo que estos nunca llegarían a chocarse entre sí. (Millan, 2020)

Figura 14*Rotor entrelazado*

Las palas del rotor se fijan al centro por diferentes métodos.

Sistema de rotor rígido

Las palas del rotor están unidas rígidamente al centro del rotor principal y no tienen libertad de deslizamiento (arriba, abajo, atrás y adelante).

Figura 15*Rotor principal de cuatro palas sin bisagra rígido*

Sistema de rotor semirrígido

Utiliza una bisagra oscilante en el punto de fijación de las palas. Esto evita que las palas se deslicen de adelante hacia atrás, pero permite el movimiento hacia arriba y hacia abajo.

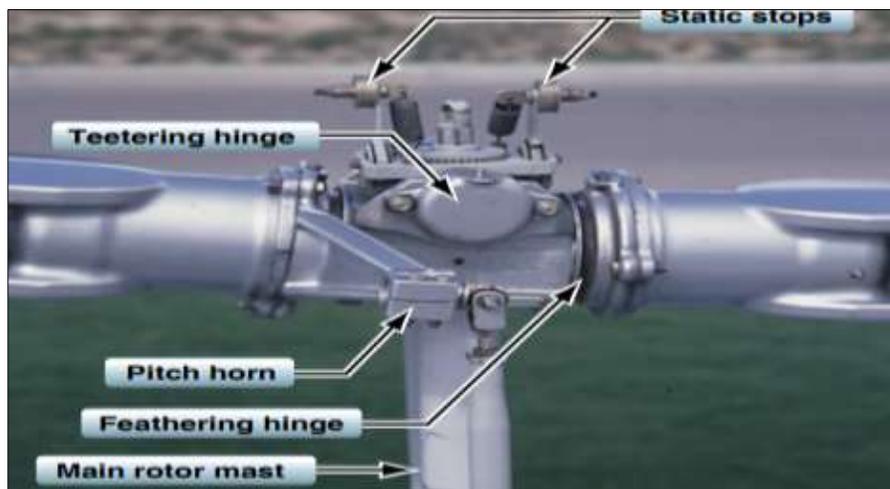
Figura 16

Rotor semirrígido de 2 palas

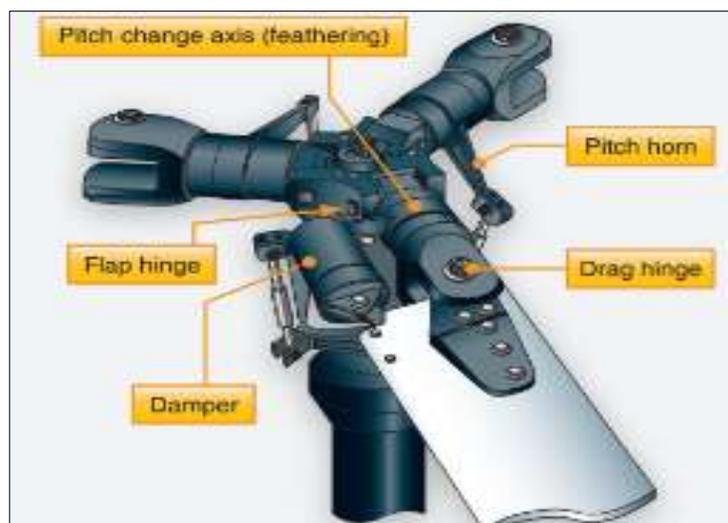


Produce un fenómeno que se conoce como disimetría de sustentación. Cuando el plano de rotación de las palas se inclina y el helicóptero comienza a avanzar, se establece que una pala que avanza y otra que retrocede, dentro de los sistemas bipalas.

La velocidad relativa del viento es mayor en la pala que avanza que en la que retrocede; lo que produce un mayor desarrollo de sustentación en la pala que avanza haciendo que se eleve. Cuando la rotación de la pala alcanza el punto en el que la pala se convierte en la pala en retirada, la elevación extra se pierde y la pala flapea hacia abajo. (*Helicopter Structures*, s. f.)

Figura 17*Rotor principal***Sistema de rotor totalmente articulado**

Este sistema dispone de bisagras que permiten que los rotores tengan libertad de movimiento hacia adelante, atrás y hacia arriba, abajo. El movimiento de avance produce el efecto Coriolis gracias a los cambios de velocidad que se generan en la rotación. Cuando empieza a girar, las palas se retrasan hasta que la fuerza centrífuga se desarrolla por completo.

Figura 18*Sistema de rotor totalmente articulado*

Una vez en rotación, una reducción de velocidad hace que las palas se adelanten al centro del rotor principal hasta que las fuerzas se equilibran. (*Helicopter Structures*, s. f.)

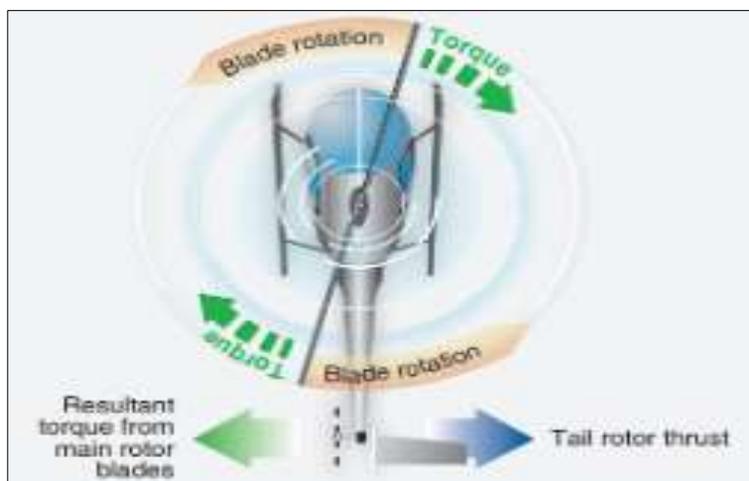
Sistema anti – torque

En la configuración general de los helicópteros, estos poseen entre 2 y 4 palas en el rotor principal y, la masa giratoria de las palas del mismo, generan un torque, este se incrementa con la potencia del motor, lo que produce un movimiento giratorio del fuselaje hacia el sentido contrario; por lo que, el brazo de cola y el rotor de cola (rotor anti – torque), fueron diseñados para contrarrestar este efecto.

Un rotor de cola está diseñado para producir empuje en una dirección opuesta a la del torque producida por la rotación de las palas del rotor principal, por lo que es conocido como rotor anti – torque.

Figura 19

Torque y anti – torque



Está controlado con pedales, ya que el anti – torque del rotor de cola debe modularse a medida que se modifican los niveles de potencia del motor; esto se puede realizar cambiando el paso de las palas del rotor de cola, lo que produce un cambio de cantidad de contrapartida y, la aeronave es capaz de girar sobre su eje vertical, permitiendo al piloto el control de dirección de la aeronave. (*FAA-H-8083-31Bf*, 2023)

Existen tres tipos de configuración de rotor de cola:

Estabilizador, una aleta o pilón soporta el conjunto de rotor de cola, y a menudo se construye con un miembro horizontal que es llamado estabilizador.

Tipo Fenestrón, es un diseño con forma de ventilador que tiene un número de palas múltiples montadas en el pilón vertical; esta configuración proporciona un mayor margen de seguridad en las operaciones que se realizan en tierra.

Su funcionamiento y finalidad son las mismas que de un rotor de cola convencional, proporcionando empuje lateral para contrarrestar el toque que se produce por los rotores principales.

Figura 20

Configuración de rotor de cola tipo fenestrón



Sistema Anti – torque NOTAR, no tiene un rotor visible montado en el brazo de cola, sino que posee un ventilador ajustable accionado por el motor. La velocidad del ventilador cambia conforme lo hace la velocidad del rotor principal. Se encuentra dentro del brazo de cola y, el aire sale por dos ranuras del lado derecho de la barra de la cola. Su nombre proviene de un acrónimo que significa “sin rotor de cola”.

Figura 21

Sistema Anti - torque NOTAR

**Inspecciones generales en helicópteros**

Las inspecciones generales en helicópteros son procedimientos detallados que se llevan a cabo para evaluar la aeronave en su totalidad y garantizar su seguridad y buen rendimiento. Estas inspecciones son fundamentales para mantener la aeronave en condiciones operativas óptimas.

Inspección pre – vuelo

Antes de cada vuelo, se realiza una inspección visual preliminar para detectar/identificar daños evidentes o cualquier problema visible que pudiese afectar la aeronavegabilidad de la aeronave. Esta inspección incluye una revisión superficial de componentes externos clave, como superficies de control, tren de aterrizaje, fuselaje y motores. Con esta inspección se busca encontrar afecciones como abolladuras, grietas o corrosión.

Figura 22*Helicóptero AW169****Inspección diaria o de 50 horas***

Se realiza periódicamente después de alcanzar un número determinado de horas de vuelo (por ejemplo, cada 50 horas) o según el programa de mantenimiento del fabricante. Incluye la revisión de sistemas críticos, controles, superficies de control, tren de aterrizaje, y cualquier componente propenso a desgaste.

Inspección semanal o de 100 horas

Es una inspección más detallada que la que se realiza diariamente, se lleva a cabo cada 100 horas de vuelo y, dentro del proceso se verifica los sistemas hidráulicos, sistemas de combustible, componentes de transmisión, y cualquier componente con intervalos de inspección específicos.

Inspección mensual o de 300 horas

Este tipo de inspección es realizada cada 300 horas de vuelo o según lo haya recomendado el fabricante. Incluye una revisión más exhaustiva de los sistemas, inspección de componentes internos, y la posible realización de pruebas no destructivas para poder evaluar la integridad estructural de los componentes.

Inspección anual

Esta inspección es obligatoria por regulaciones en muchas jurisdicciones. Conlleva una inspección completa de la aeronave, que incluye el desmontaje parcial de componentes y, puede abarcar pruebas de laboratorio y de vuelo; cumpliendo con las normativas establecidas.

Inspección de grandes componentes

Es realizada a intervalos específicos de acuerdo con las recomendaciones del fabricante e involucra una evaluación detallada y en algunos casos, la posible desinstalación de componentes clave, como el motor, la transmisión, y el rotor.

Figura 23

Helicóptero del ejército accidentado en Portoviejo



Inspección post – accidente

En caso de que alguna aeronave haya sufrido algún accidente o incidente, se realiza una inspección profunda para evaluar los daños y determinar la posible causa del mismo. De ser posible, dejar la aeronave operable y aeronavegable; arreglando o reemplazando componentes que hayan sido afectados.

Registro, documentación y cumplimiento normativo

Es importante llevar un registro detallado de todas las inspecciones, reparaciones y labores mantenimientos realizadas en la aeronave, para tener respaldos. Todos los registros de las inspecciones y estas como tal, deben cumplir con las regulaciones de la autoridad de

aviación civil correspondientes para garantizar la seguridad y la confiabilidad de los helicópteros.

Figura 24

Aerocopter AK1 - 3 - D.B



Tipos de mantenimiento

Preventivo

Figura 25

Mantenimiento preventivo



Se refiere a revisiones programadas de forma regular y planificada, con el propósito de ajustar o reemplazar piezas y conjuntos que muestren signos de desgaste o posibles fallos. Este enfoque de mantenimiento facilita la identificación de defectos antes de que se

transformen en problemas significativos, previniendo la interrupción del servicio regular de la aeronave.

Límite de tiempo o Hard time

Estas inspecciones se deben realizar a un intervalo de tiempo prefijado para terminar las tareas de mantenimiento. Para algunos componentes, se les asigna un periodo fijo en horas de vuelo tiempo calendario (el que llegue a cumplirse primero), como límite para su remoción; esto se evalúa estadísticamente e implica una ventaja económica, pues se procede al cambio de un elemento cuya posible falla pueda afectar a la seguridad de vuelo (Coello,2019).

Dentro del mantenimiento preventivo, se encuentran dos tipos de limitaciones impuestas por la autoridad aeronáutica y los respectivos fabricantes:

Vida límite o vencimiento

Es esencial sustituir los elementos que han alcanzado el final de su ciclo de vida para garantizar la seguridad durante el vuelo tanto para la aeronave como para la tripulación y los pasajeros. En este escenario, no se lleva a cabo ninguna inspección; simplemente, se sustituye el componente desgastado con uno nuevo. Se fija un límite de duración para aquellos componentes críticos cuyo mal funcionamiento podría tener consecuencias potencialmente catastróficas.

Recorrida u overhaul

Se lleva a cabo después de que el componente o la aeronave ha alcanzado un determinado número de horas de funcionamiento; podría categorizarse como un tipo de mantenimiento importante, ya que involucra inspecciones detalladas y labores especiales. Esta fase implica realizar una revisión tan exhaustiva que deja los componentes en un estado similar al de cero horas de vuelo, es decir, como si fueran nuevos.

Figura 26*Avances overhaul helicópteros****Por condición***

Son inspecciones repetitivas o pruebas que son realizadas para determinar la condición de una unidad, sistema o parte de la estructura; se aplica a aquellos elementos a los que se puede realizar una prueba de funcionamiento o verificación que da una confiabilidad razonable sobre la probabilidad de que el elemento opere normalmente hasta la nueva inspección.

De acuerdo al Manual de Mantenimiento, se describe paso a paso la verificación o prueba aplicable. Este tipo de mantenimiento está determinado por la condición del elemento y no por el cumplimiento de tiempo del mismo como en el caso del “Hard Time”. Implica la observación y seguimiento de la condición de los componentes y puede ser mediante:

- Inspección Visual Directa.
- Lupa.
- Inspección Visual Interna con Boroscopio.
- Ensayos No Destructivos: radiografías, ultrasonido y Eddy Current.

Predictivo

Figura 27

Mantenimiento predictivo Ecocopter



Este tipo de mantenimiento analiza y monitorea la tendencia a fallas. Se basa en la anticipación de fallas a través de la lectura de instrumentos y en la medición o verificación de ciertos parámetros, por lo que se lo considera vinculado con el anterior método de mantenimiento.

Se refieren a labores de mantenimiento que pueden ser anticipadas y planificadas con base en un monitoreo regular de los cambios en los parámetros de rendimiento, los cuales son indicativos de la funcionalidad del equipo. La tendencia y velocidad de deterioro de estos parámetros sirven como claros indicios que facilitan la predicción del momento en el que será necesario llevar a cabo los trabajos de corrección.

Restaurativo

Se refiere a un tipo de mantenimiento que tiene como objetivo resolver de manera rápida y eficaz cualquier fallo con el fin de restaurar el equipo o componente a su funcionamiento óptimo. En su mayoría, se realiza en elementos cuyo deterioro no fue anticipado previamente o en aquellos que han experimentado accidentes, roturas o fallos imprevistos.

Existen inspecciones programadas que constituyen el programa de mantenimiento de una aeronave e incluyen:

Inspecciones rutinarias

Figura 28

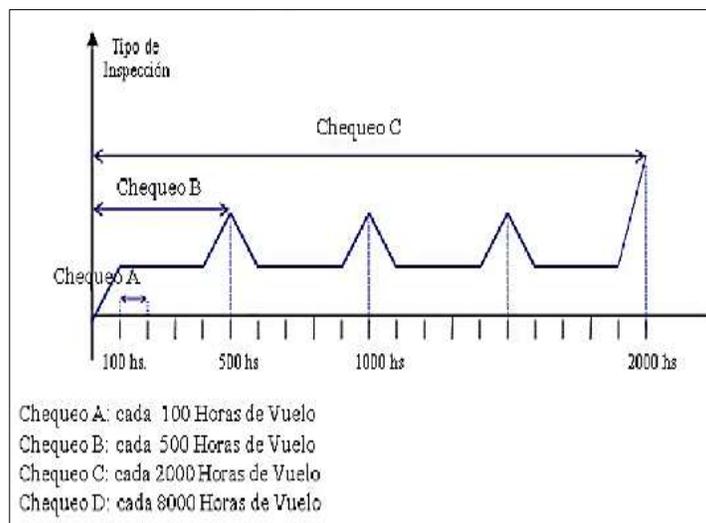
Inspección rutinaria - flota canadiense



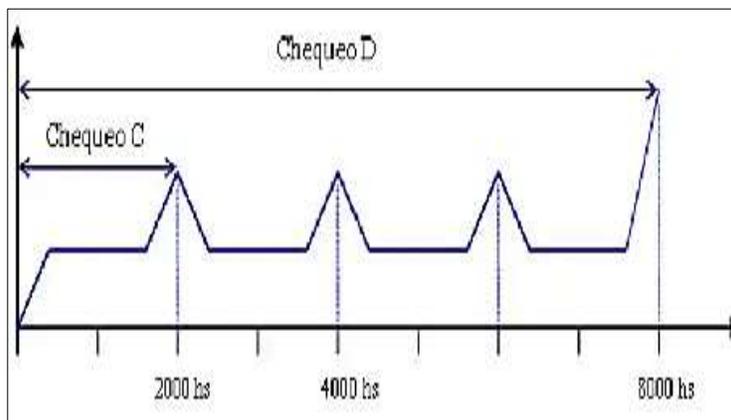
Se clasifican en:

Inspecciones menores

Trabajos que por magnitud y baja complejidad no afectan la estructura principal del material que ha sido deteriorado.

Figura 29*Ciclo de verificaciones menores****Inspecciones mayores***

Trabajos que afectan a la estructura principal del componente afectado, por lo que su intervención requiere de conocimiento y especialización por parte del técnico de mantenimiento y, además es necesario usar el equipo necesario.

Figura 30*Ciclo de verificaciones mayores*

Inspecciones no rutinarias

Inspección general de trenes

La revisión integral de los trenes de aterrizaje es importante para garantizar la seguridad y el performance/rendimiento óptimo de la aeronave. Dentro de algunos procedimientos generales se encuentra:

Figura 31

Inspección de las ruedas



Inspección visual

Se realiza este tipo de inspección en los trenes de aterrizaje para identificar cualquier daño patente como grietas, deformaciones o corrosión. Además, en el proceso se verifica el estado de las ruedas, neumáticos y frenos.

Comprobación de desgaste

Evaluar el desgaste de los componentes críticos tales como los rodamientos y las articulaciones. Es necesario buscar cualquier signo de desgaste irregular, pues podrían indicar problemas subyacentes, como desalineación, sobrecarga o falta de lubricación adecuada.

Sistema hidráulico

Examinar el sistema hidráulico de los trenes de aterrizaje con el objetivo de identificar cualquier indicio de filtraciones o pérdidas dentro del sistema. Este proceso implica una inspección exhaustiva de todas las conexiones, componentes y circuitos hidráulicos para

garantizar su correcto funcionamiento y prevenir cualquier fallo potencial que pueda comprometer la seguridad de la aeronave durante las operaciones de despegue y aterrizaje.

Pruebas funcionales

Realizar pruebas del funcionamiento en los mecanismos del sistema de retracción y extensión del tren de aterrizaje, así como en el sistema de amortiguación del mismo, esto ayudará a mantener la seguridad y estabilidad de la aeronave.

Inspección de ejes y muelles

Inspeccionar los ejes y muelles para detectar posibles signos de fatiga, corrosión o desgaste dentro de estos componentes, prestando especial atención a la detección de desgaste prematuro de estos elementos. Esta medida preventiva es fundamental para garantizar la fiabilidad y el rendimiento óptimo del sistema de aterrizaje de la aeronave. («Aircraft Landing Gear System Maintenance», 2020).

Figura 32

Sistema de flotabilidad para helicóptero



Revisión de tornillería y fijaciones

Es importante verificar que todos los elementos de fijación como tuercas, tornillos, pernos y otros, para asegurarse de que estén correctamente instalados y sin signos de desgaste o corrosión.

Verificación de documentación

Revisar la documentación de la aeronave para asegurarse de que todas las inspecciones anteriores hayan sido realizadas según el programa de mantenimiento, y de esta manera poder realizar correctamente los procedimientos.

Inspección de la superficie del terreno

Algunas inspecciones pueden incluir la evaluación de la superficie de aterrizaje para garantizar que sea adecuada y segura para las operaciones del helicóptero. (¿Inspección del tren de aterrizaje?, 2019)

Figura 33

Inspección de tren de aterrizaje del helicóptero Bell - 206



Helicóptero Gazelle SA – 342L

El helicóptero Gazelle es una aeronave francesa ligera con paneles metálicos tipo sánduche; fue concebido por Sud Aviation en 1960 y su primer vuelo data el 07 de abril de 1967. Francia fabricó 1267 ejemplares de este modelo de aeronave de ala giratoria y, en 1980, llegó a Ecuador una flota de 12 aeronaves de este tipo.

Figura 34

Helicóptero Gazelle



Esta aeronave dio origen a dos versiones SA 341 (para uso civil) y, SA 342 (para uso militar, con ligeras variaciones de combate, como ametralladoras y lanzacohetes). El helicóptero Gazelle no es una aeronave de carga, pero suele ser utilizada para ello; además, es impecable para misiones de: combate, evacuación inmediata y médica (Convenio de Ginebra, posee un compartimento para instalar una camilla en casos de suma emergencia.

Dimensiones

Tabla 1

Dimensiones del Helicóptero Gazelle

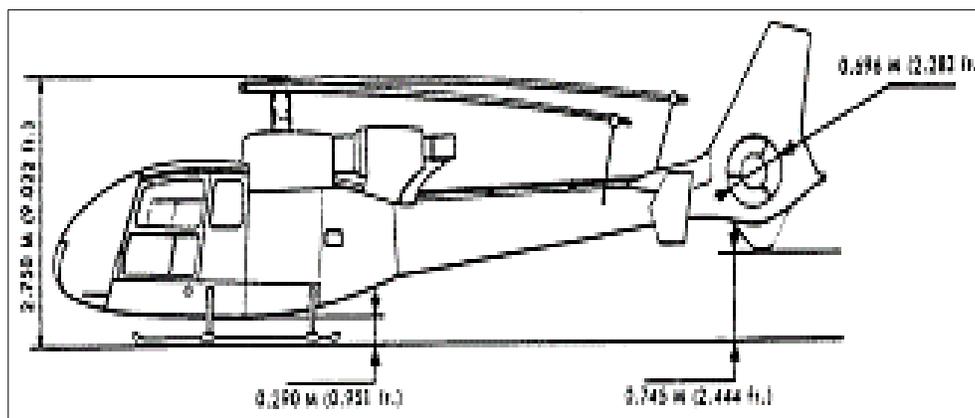
Dimensiones	
Rotores	Principal: 10.500 metros de diámetro. Posterior: 0.6595 metros.
Longitud total del helicóptero	11.970 metros.
Altura total del helicóptero	3 metros.
	Peso máximo autorizado: 1,900 kilogramos.

Dimensiones	
Pesos	Peso vacío (con combustible): 1,100 kilogramos.
	Carga útil: 800 kilogramos.

Nota. Esta tabla muestra las dimensiones del Helicóptero Gazelle.

Figura 35

Dimensiones del helicóptero Gazelle



Materiales utilizados en la fabricación del fuselaje

Los materiales utilizados son:

Tabla 2

Materiales utilizados en la fabricación del fuselaje

Materiales utilizados en la fabricación de subconjuntos del fuselaje	
Aleación ligera (AUAGI1/A5-AGS)	Estructura de marquesina (1).
	Estructura delantera (11) y trasera (10).
	Marco de estructura inferior.
	Estructura delantera (11) y trasera (10).
	Marco de estructura inferior (14).
	Paneles de piel laterales (12).
	Mampara delantera estructura central (2).

Materiales utilizados en la fabricación de subconjuntos del fuselaje

	Mamparo trasero (8).
	Bastidor de soporte del motor (7).
	Plataforma trasera (3).
	Refuerzo de estructura de paneles de estructura central (9).
	Pluma de cola (5).
	Aleta (4).
Fibra de vidrio	Soporte delantero de la capota (1).
	Caja sobre dosel (B).
	Panel de revestimiento trasero inferior (7).
	Carenado superior (3).
	Patinar (5).
	Carenado estructura trasera (2).
	Rieles para ventana Frant (6).
	Carenado trasero (4).
	Paso de pie (9).
	Panal de fibra de vidrio
	Carenados de caja de cambios principal (3).
	Carenados de motor (4).
Paneles alveolares metálico	Piso (7).
	Panel de techo de cabina (1).
	Revestimiento de estructura central (6).
	Canal de expulsión de mensajes (8).
	Plataformas de soporte de transmisión (2).

Materiales utilizados en la fabricación de subconjuntos del fuselaje	
	Panel superior entre marco 3511.5 y 4432.5 (5).
Zonas de construcción de material transparente	Dosel (1).
	Ventanillas de las puertas delanteras (4).
	Ventanillas de las puertas traseras (3).
	Ventanas superiores (2).

Nota. Esta tabla muestra los materiales utilizados en la fabricación del fuselaje.

Figura 36

Helicóptero Gazelle - SA 342L



La velocidad crucero máxima de esta aeronave es de 120 nudos, con un techo máximo de 20 pies de altura, con tiempo de vuelo de 2 horas y 30 minutos y una tolerancia de 30 minutos de combustible.

El helicóptero Gazelle SA -342L, tiene capacidad para cinco personas (dos pilotos y tres pasajeros), gracias a su tamaño y peso ligero, esta aeronave es óptima para maniobrar en caso de combate o emergencia. Su configuración permite gran alcance de visibilidad (180° - posterior, frente y piso).

El peso correspondiente al IGE del techo flotante indicado en el cuadro anterior para la temperatura del aire exterior y la altitud del campo de aterrizaje es un límite operativo de la aeronave para el despegue.

Estructura

La estructura del Helicóptero Gazelle, está conformada con aleaciones ligeras. Además, el diseño de esta aeronave permite que su mantenimiento sea relativamente fácil; no requiere de técnicos franceses para su intervención.

Fuselaje

Figura 37

Fuselaje del helicóptero Gazelle - SA 342L



Está conformado por:

Cabina

Posee dos puertas a cada lado, con paneles transparentes superiores y delanteros.

Figura 38*Cabina del helicóptero Gazelle - SA 342L****Estructura central y posterior***

Posee una plancha mecánica y, en esta sección se encuentra el tanque de combustible, compartimento de carga, pared de mandos de vuelo y en la estructura posterior se encuentra el botalón de cola y el fenestrón.

Figura 39*Estructura posterior del helicóptero Gazelle - SA 342L****Estructura inferior***

Está integrado por el piso de cabina, una plancha interior y, una tapa interior.

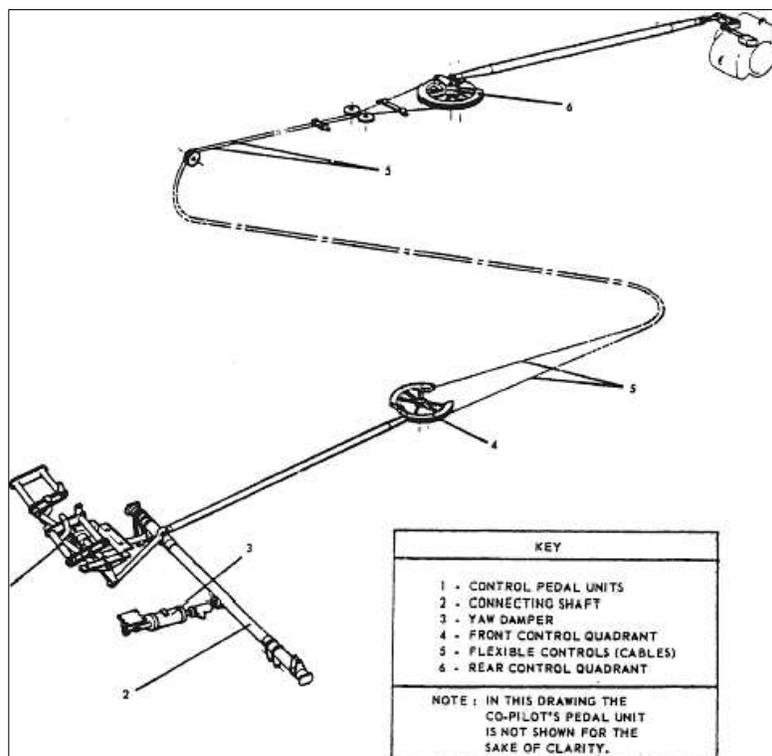
- El varillaje de control de paso cíclico.
- El enlace de control de tono colectivo.

El varillaje de control del paso cíclico incluye los controles longitudinales y laterales. La interacción de los movimientos colectivos y cíclicos se realiza mediante la unidad mezcladora.

Un conjunto de palanca acodada ubicado en la plataforma de soporte de la transmisión invierte el movimiento de los controles antes de que lleguen a los servo - controles. Los controles giratorios principales están Colocados debajo del piso de la cabina, en el lado derecho en un canal a lo largo del mamparo trasero de la cabina, hasta la plataforma de soporte de la transmisión.

Controles del rotor de cola

Mueven el avión sobre el eje de guiñada. Estos controles se accionan desde el asiento del piloto mediante dos unidades de pedales interconectados que actúan a través de sistemas mixtos (varillas y cables) en la araña de paso del buje trasero.

Figura 41*Controles del rotor de cola*

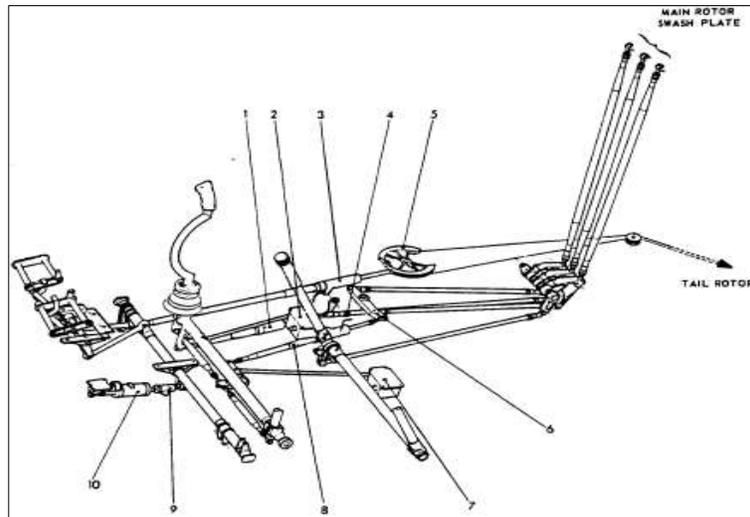
El sistema de control del encaminador de cola está equipado con un amortiguador hidráulico. Mientras que, el varillaje de control del rotor de cola se dirige debajo del piso de la cabina, en la estructura central, hasta el brazo alto y la aleta.

Unidad de estabilización automática

Las unidades que aseguran la estabilización automática (S.A.S.) son complementarias a los controles tratados.

Figura 42

Unidad de estabilización automática



La instalación consta de tres sistemas:

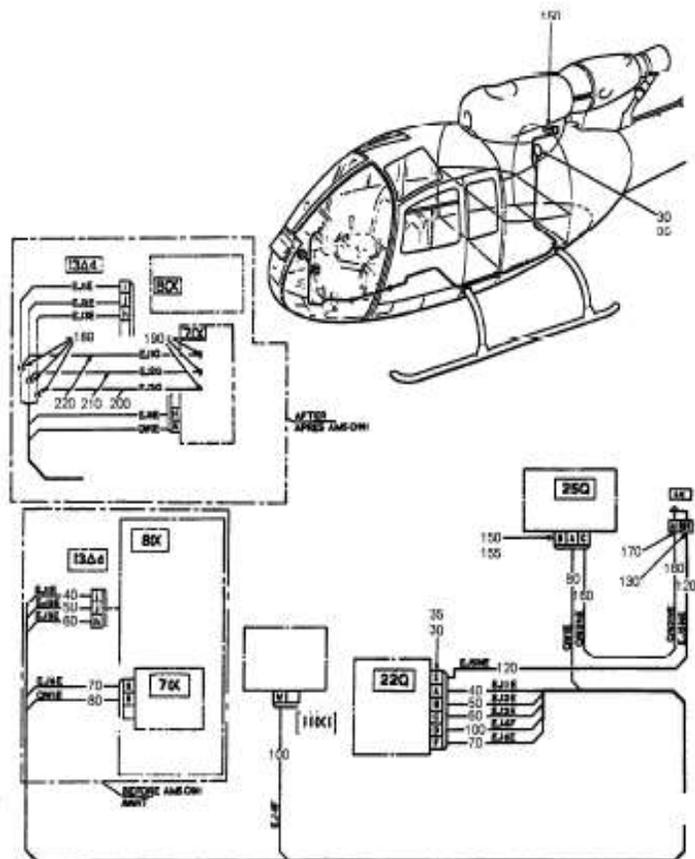
- El sistema de control de balanceo (6)
- Un sistema de control de cabeceo (4)
- Sistema de control de guiñada (5)

Cada sistema es electromecánico y comprende, un actuador lineal (1 y 8) un anclaje de freno electromagnético (2 y 7) en cada uno de los sistemas longitudinal (4) y lateral (6) respectivamente. Un actuador lineal (3) y un amortiguador hidráulico (10) se anclan con un conector terminal (9) en el sistema de guiñada (5).

Sistema de combustible

Figura 43

Diagrama eléctrico del sistema de combustible



Características estructurales del tanque de combustible

El depósito de combustible tiene forma poliédrica y está fabricado en aleación ligera (A-U4G1/AS y A AGS); tiene una capacidad de 90 litros. Se ensambla mediante soldadura por fusión y remachado, consta de dos semicarcasas (1) (4) que disponen cada una de un refuerzo interior formado por:

- Cintas transversales (2).
- Refuerzos (3).
- Refuerzos angulares (5)

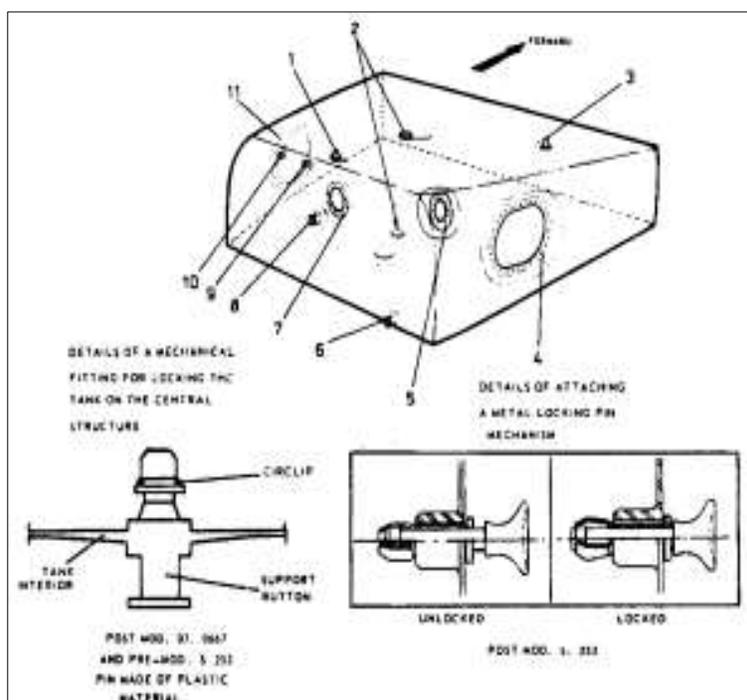
Tanque principal

Se pueden instalar dos tipos de tanque

Tanque no autosellante

Figura 44

Tanque no autosellante

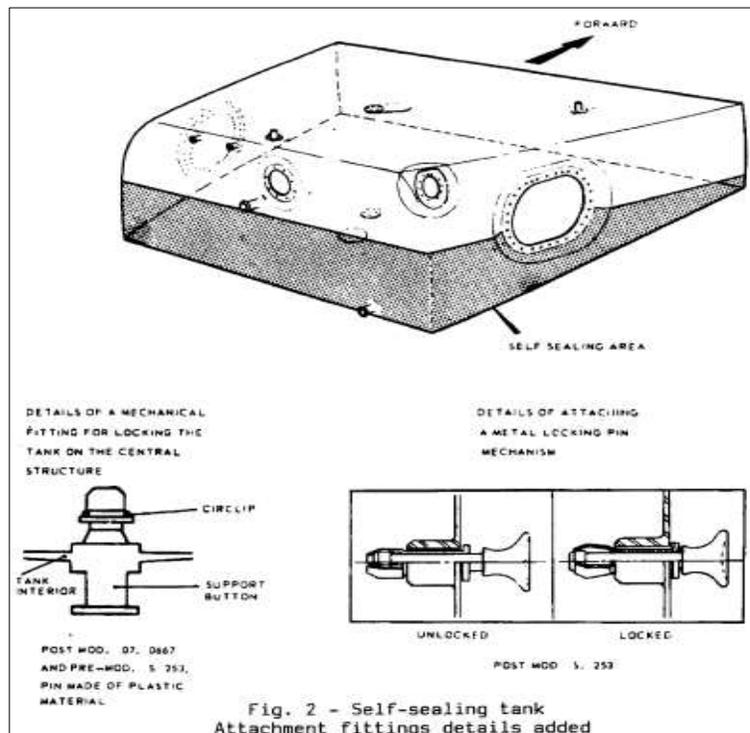


El fabricante de tanques es SUPERFLEXIT, con una capacidad total de 470 litros (103.38 gal.). El material de que está fabricado, es 13 TP 12. (Tela de poliéster, revestida internamente con elastómero sintético, revestimiento externo antiabrasión y anti permeable).

Tanque autosellante

Figura 45

Tanque autosellante

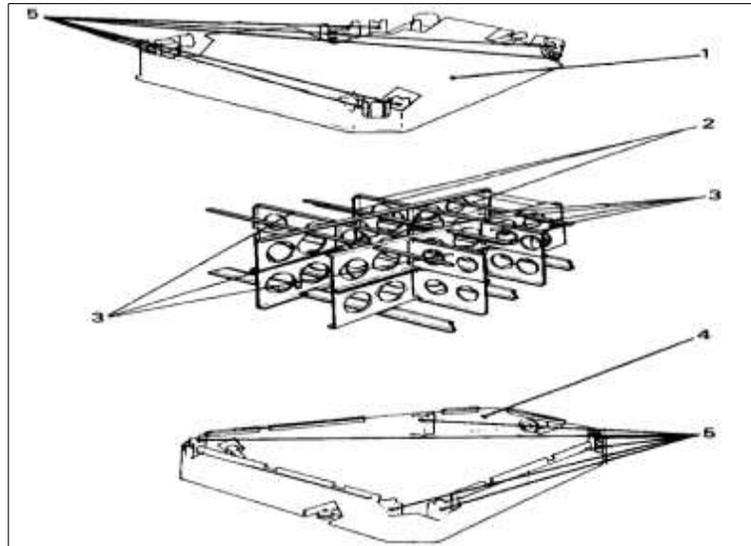


El fabricante de tanques es SUPERFLEXIÓN, con una capacidad total de 460 litros (101 gal.). Con una capacidad de la pieza autosellante de 160 litros (35 gal.), con un material de 14 TF 12. (Paño de poliéster, interior revestimiento elastómero sintético). Protección autosellante, tipo RX2, elastómero multicapa tela y plástico.

Las conexiones Nols y los accesorios de la placa base son idénticos a los del tanque no autosellante.

Tanque suplementario

Estos tanques están instalados solo en aviones franceses.

Figura 46*Tanque suplementario***Tanque de ferry**

El tanque, de forma cilíndrica y de construcción de aleación ligera (A-U4G1/AS AG3), tiene una capacidad de 200 litros (44 gal), el ensamblaje se logra mediante soldadura por puntos y construcción soldada por fusión que comprende:

- Una placa terminal convexa de izquierda a derecha (12).
- Un cilindro de cuerpo (3).
- Dos mamparas (4).

Está remachado a un soporte que comprende

- Mamparos transversales (5).
- Vigas longitudinales (6)
- Inserciones dispuestas en el suelo de la cabina y sujetas mediante pernos a través de los cuatro soportes (7).

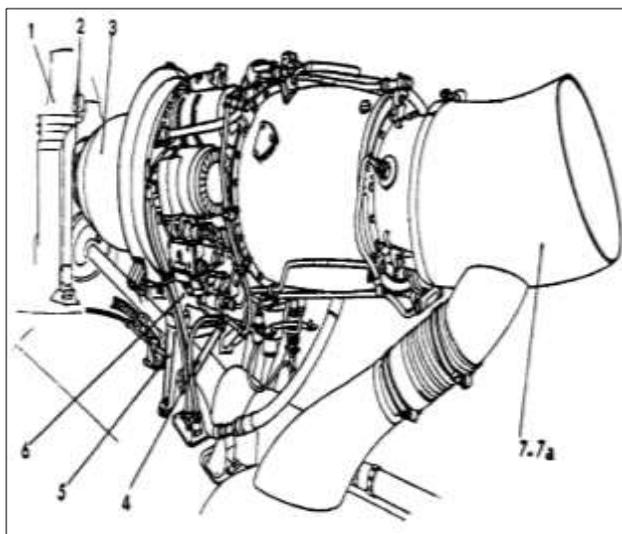
Motor

Es un motor turboboeje de turbina de tipo fijo con engranaje reductor y accionamiento de potencia en la parte delantera, que se encuentra ligado a una caja de reducción frontal. Rota a una velocidad nominal constante de 43000 revoluciones por minuto y a 6334 revoluciones por minuto en su eje de salida. El difusor de escape termina en una brida cónica sobre la que se fija una abrazadera de extracción rápida, para instalación en tubo de chorro, tubo de chorro proporcionado por el fabricante del avión.

El motor consiste de una carcasa de accesorios que, además funciona como reservorio de aceite, una caja de reducción coaxial de tres trenes de engranajes (dos etapas de reducción), una carcasa para el ingreso de aire, un compresor de una etapa centrífuga y dos etapas axiales, una cámara de combustión anular con inyección de combustible centrífuga, una turbina de flujo directo con tres etapas y un difusor de escape.

Figura 47

Turbo Motor ASTAZOU



El turboboeje es una central eléctrica que incorpora los siguientes equipos y accesorios para el helicóptero. La toma de aire puede equiparse únicamente con uno de los siguientes accesorios opcionales:

Características

El grupo turbomotor ASTAZOU está instalado en la parte superior de la estructura central, detrás de la caja de cambios principal. Está equipado con los conjuntos y accesorios necesarios para su instalación.

Figura 48

Especificaciones del Motor ASTAZOU



Especificaciones

Tabla 3

Especificaciones del motor ASTAZOU

Motor ASTAZOU	
Conjuntos y accesorios	Caja de Cambios Principal. Montaje del Motor Delantero. Filtro de Arena. Acelerador. Montaje del Acelerador del Motor. Soporte con Montaje Flexible. Cola de Montaje Flexible (Motor Turbo ASTAZOU III). Conjunto del Tubo de Cola (Motor ASTAZOU XIV)

Motor ASTAZOU

Especificaciones

Conjunto de embrague.

Rueda libre.

Caja de Transmisión Principal.

Cabeza de Rotor Principal.

Árbol de Transmisión Oblicua y Horizontal.

Rango de Operación Climática

Rango de utilización sin retención:

Para temperaturas iniciales de 10C a +53°C altitud hasta 2.500 m.

Rango de utilización con retenciones:

min -30°C.

máx-70°C.

Temperatura del aire en el compartimento del motor:

máx. 90°C en la parte delantera.

mín. -40°C en todos los compartimentos.

Tubo de chorro: máx. 14 temperatura.

Trenes de aterrizaje

Figura 49

Tren de aterrizaje del Motor ASTAZOU



El tren de aterrizaje consta de dos conjuntos de patines simétricos, cada uno de los cuales consta de un patín tubular de aleación ligera y dos patas de acero fijadas a la parte inferior del helicóptero. El tren de aterrizaje trasero está equipado con dos amortiguadores hidráulicos.

Tipo de trenes

Tren de aterrizaje tipo Skid, equipado con amortiguadores

El tren de aterrizaje consta de dos conjuntos Skid simétricos, cada uno de ellos compuesto por un patín tubular de aleación ligera y dos patas de acero, fijadas a la parte inferior del helicóptero. La pata trasera está equipada con dos amortiguadores hidráulicos.

Tren de aterrizaje tipo skid con bisagras de baja frecuencia

El tren de aterrizaje se fija a la estructura inferior de la aeronave mediante el rodamiento en la parte delantera y mediante los herrajes en la parte trasera. Los patines (2) y (14) son idénticos cuando no están equipados con arcos y herrajes de manipulación.

El tren de aterrizaje comprende

- Dos (2 y 14) en aleación ligera (AU4G1)

- Dos Arcos frontales (3) en acero (35CD4)
- Dos arcos traseros (7) en acero (35CD4)
- Un travesaño delantero (5) de aleación ligera (AU4G1-T4)
- Un travesaño trasero (10) de acero (35CD4). Todos estos conjuntos están formados por unidades unitarias soldadas.

Todos estos conjuntos están asegurados entre sí con pernos, tuercas y arandelas.

Tren de aterrizaje de tipo deslizante alto con bisagras de baja frecuencia

El tren de aterrizaje consta de:

- Dos patines de aleación ligera A-U4G1 (2, 14)
- Dos arcos frontales de acero 35CD4 (3)
- Dos arcos traseros de acero 35CD4 (7)
- Dos soportes delanteros (5) de aleación ligera fijados a las vigas longitudinales de la estructura inferior.
- Un tubo transversal trasero de acero 35CD4 (10).

Todos estos conjuntos están hechos de piezas detalladas soldadas y, todos estos componentes se ensamblan con pernos, tuercas y arandelas.

El tren de aterrizaje se fija a la estructura inferior mediante soportes delanteros y soportes traseros.

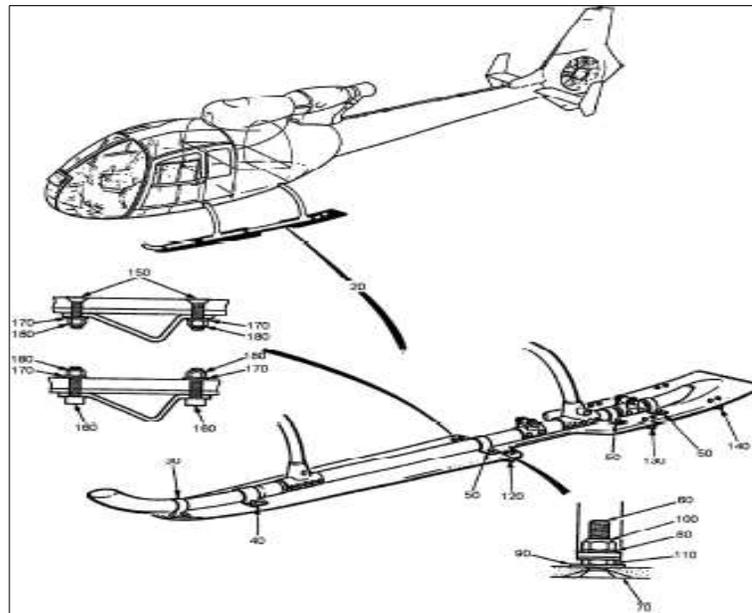
La aeronave puede ser equipada también con trenes de aterrizaje tipo flotadores y patines.

Patines

Son utilizados en operaciones en tierra.

Figura 50

Patines del tren de aterrizaje del Motor ASTAZOU



Capítulo III

Desarrollo del tema

Descripción general

En este capítulo se detalla paso a paso los procesos de la inspección del exterior e interior de los patines de tren de aterrizaje del helicóptero GAZELLE S.A 342L de acuerdo al manual de mantenimiento ATA 32-10-601, teniendo en cuenta siempre las recomendaciones de los diferentes manuales de la aeronave, tales como son el manual de mantenimiento y el catálogo ilustrado de partes. Se realizó la inspección de los dos trenes, tanto como el patín izquierdo y derecho, estos componentes son de vital importancia para que la aeronave pueda despegar, aterrizar y soportar la aeronave en tierra.

Los diferentes trabajos de la inspección exterior e interior de los patines de tren de aterrizaje del helicóptero GAZELLE S.A 342L, se efectuaron en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga.

Cabe recalcar que, para cumplir con un ítem de la inspección se realizaron dos técnicas de ensayos no destructivos como son partículas magnéticas y tintas penetrantes, dando como resultado condiciones satisfactorias para los dos métodos.

Preparación del área de trabajo

Como se mencionó anteriormente, la aeronave se encontraba en el parque aeronáutico de la carrera de Mecánica Aeronáutica, por tal razón se procedió asegurar la aeronave, acordonar el área de trabajo y equiparse con el equipo de protección personal.

Levantamiento en gatas de la aeronave

Figura 51

Levantamiento en gatas de la aeronave



Se procedió a levantar la aeronave en gatas de acuerdo al manual de mantenimiento, este proceso permitirá que la inspección se realice de manera menos complicada en la parte de los patines de aterrizaje especialmente en la parte inferior.

Inspección externa del tren de aterrizaje

Remoción de los carenados de los trenes de aterrizaje

Figura 52

Remoción de los carenados



Luego de remover los carenados de los soportes laterales de los trenes, se procedió a relizar la inspección del interior del los carenados, como menciona el manual de mantenimiento.

Inspección del SKI

Figura 53

Inspección del SKI



Se procedió a realizar la inspección del SKI del tren de aterrizaje como se muestra en la Figura anterior se puede observar que este se encontraba con desprendimiento de pintura externa, pero sin ningún reportaje mayor, como muescas, rajaduras, etc.

Inspección de turcas y pernos

Figura 54

Revisión de PRC en tuercas y pernos



Como se puede observar en la figura anterior, el PRC no se encontraba en los pernos, tuercas, de acuerdo al Manual de Mantenimiento, menciona que debe estar colocado este sellante para evitar que las corrientes de aire aflojen el torque de los mismos, además este sellante cubre las uniones para que no exista presencia de corrosión en los mismos.

Chequeo de cintas antideslizantes

Figura 55

Chequeo de cintas antideslizantes



Las cintas antideslizantes de los patines de aterrizaje, estaban en condiciones insatisfactorias, de tal manera que se procedió a tomar las medidas respectivas y a remover las mismas para luego instalar unas nuevas.

Inspección por presencia de corrosión

Figura 56

Inspección por presencia de corrosión



De acuerdo a la orden técnica aplicable, menciona que se debe realizar una limpieza de los patines de aterrizaje, para detectar presencia de corrosión. Se realizó la limpieza total y se procedió a verificar si existía corrosión, dando como resultado que ningún patín de aterrizaje tenía corrosión, de tal manera que se procedió al siguiente paso de inspección.

Chequeo de errajes de fijación de ruedas

Figura 57

Chequeo de errajes de fijación de ruedas



Como se observa en la Figura 57, los herrajes no se encontraban en la aeronave, de tal manera que se procedió a realizar el pedido del componente en bodega, luego se realizó la instalación de los mismos, tal como especifica el manual de mantenimiento. Cabe recalcar que se implemento los dispositivos de izaje y traslado del helicóptero, como muestra la Figura.

Figura 58

Implementación de los dispositivos de izaje y traslado



Inspección visual para descartar grietas}

Figura 59

Inspección visual por grietas



Se efectuó la inspección visual por grietas tal como especifica el manual, en los patines de aterrizaje del helicóptero se realizó una inspección para descartar cualquier tipo de grietas

en los mismos, para asegurar la misma mas adelante se detalla los métodos de NDI que fueron aplicados.

Inspección de uniones del patín

Figura 60

Inspección de uniones del patín



Por último, para la inspección del exterior de los trenes de aterrizaje, se realizó la inspección de las uniones de los tubos del patín de aterrizaje, se determinó que se debe realizar ensayos no destructivos para descartar cualquier anomalía en las uniones de los patines del tren de aterrizaje.

Inspección interna del tren de aterrizaje

Para la inspección interna de los trenes de aterrizaje del helicóptero se aplicó técnicas de ensayos no destructivos que se detallan a continuación:

Inspección por partículas magnéticas

Figura 61

Equipo de partículas magnéticas



Para efectuar el ensayo por partículas magnéticas se procedió a tapar el área con plástico, esto permitió que se pueda observar el resultado del procedimiento.

Figura 62

Recubrimiento del área de trabajo



Luego se efectuó la inspección por partículas magnéticas en los puntos de unión del tren de aterrizaje como se muestra en la Figura 62. Para este procedimiento se necesitó la ayuda de técnicos certificados en ensayos no destructivos nivel III, para lo cual se solicitó dos

Figura 64*Resultado final*

Capítulo IV

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Se recopiló información técnica relevante para comprender los procedimientos de inspección del tren de aterrizaje del helicóptero GAZELLE S.A 342L, asegurando el cumplimiento de regulaciones y estándares de seguridad.
- Se realizó una inspección visual completa de los patines del tren de aterrizaje según las directrices del manual de mantenimiento ATA 32-10-601, asegurando la detección y evaluación precisa de cualquier daño o desgaste.
- Se emplearon ensayos no destructivos como partículas magnéticas para la inspección interna de los patines, permitiendo la identificación de posibles defectos ocultos y garantizando su integridad estructural.
- Se ejecutó un mantenimiento correctivo de la herramienta especializada de izaje y remolque para el helicóptero GAZELLE S.A 342L, mejorando la seguridad y eficiencia en las operaciones de mantenimiento y movimiento de la aeronave.

Recomendaciones

- Establecer un protocolo de mantenimiento preventivo y programado basado en la información técnica recopilada y las recomendaciones del fabricante para garantizar la seguridad y el rendimiento óptimo del tren de aterrizaje.
- Capacitar al personal técnico en técnicas avanzadas de inspección, como el uso de ensayos no destructivos, para realizar inspecciones exhaustivas y precisas de los trenes de aterrizaje.
- Considerar la adquisición de herramientas especializadas de alta calidad para mejorar la eficiencia y precisión de las tareas de inspección, ajuste y reparación, reduciendo el tiempo de ejecución de las prácticas de mantenimiento.

Glosario

Botalón de cola: El colín o botalón, que puede llevar o no aletas estabilizadoras, el conjunto que une el grupo de cola al fuselaje principal. El botalón de cola está sujeto al fuselaje central al igual que la deriva o pilón de cola

Ensayos no destructivos: Los ensayos no destructivos son técnicas utilizadas para evaluar propiedades y la integridad de materiales, componentes o estructuras sin dañarlos permanentemente. Son comúnmente empleados en industrias como la aeronáutica, automotriz y naval.

Fenestron: Un Fenestron (a veces denominada alternativamente cola de milano o disposición de "ventilador en aleta") es un rotor de cola de helicóptero cerrado que funciona como un ventilador con conductos.

Helicóptero: Un helicóptero es una aeronave con al menos una hélice o rotor horizontal que le permite despegar y aterrizar verticalmente, moverse en cualquier dirección y permanecer estacionario en el aire. Un avión, por el contrario, debe despegar y aterrizar horizontalmente, moverse en una dirección y no puede permanecer estacionario en el aire.

Inspección: El proceso de examinar, verificar y probar sistemáticamente los miembros, componentes y sistemas estructurales de la aeronave, para detectar condiciones inservibles reales o potenciales.

Líquidos penetrantes: Los líquidos penetrantes son una técnica de ensayo no destructivo utilizada para detectar defectos superficiales en materiales no porosos. Un líquido penetrante se aplica sobre la superficie del material, penetra en defectos, y luego se utiliza un revelador para hacer visible el líquido penetrante atrapado en los defectos.

Patín de tren de aterrizaje: El patín de tren de aterrizaje es una parte esencial de la estructura de aeronaves, ubicado en la parte inferior de las piernas del tren de aterrizaje. Su función principal es proporcionar un punto de contacto con la pista durante el despegue y el aterrizaje, distribuyendo la carga de manera uniforme.

Bibliografía

Introducción al Helicóptero—Introduction to the Helicopter. (s. f.). *Recuperado 29 de enero de 2024, de <https://www.aprendamos-aviacion.com/2021/11/introduccion-al-helicoptero.html>*

Componentes Principales del Helicóptero—Helicopter Structures. (s. f.). *Aprendamos Aviación A² Recuperado 30 de enero de 2024, de <https://www.aprendamos-aviacion.com/2022/01/componentes-principales-del-helicoptero.html>*

Aircraft Landing Gear System Maintenance. (s. f.). *Aircraft Systems*. Recuperado 4 de febrero de 2024, de <http://www.aircraftsystemstech.com/p/landing-gear-system-maintenance.html>

Aviación, T. (2022, abril 27). Tipos de rotores de helicópteros. *TMAS Aviación*. <https://www.tmas.es/blog/helicopteros/tipos-de-rotores-de-helicopteros/>

Clase 4 Inspecciones de Aeronaves | PDF | Helicóptero | Avión. (s. f.). *Recuperado 3 de febrero de 2024, de <https://es.scribd.com/document/471238826/CLASE-4-INSPECCIONES-DE-AERONAVES>*

¿Cuáles son las mejores prácticas y estándares para el mantenimiento e inspección del tren de aterrizaje? (s. f.). *Recuperado 4 de febrero de 2024, de <https://es.linkedin.com/advice/1/what-best-practices-standards-landing-gear-maintenance?lang=es>*

FAA-H-8083-31B_Aviation_Maintenance_Technician_Handbook.pdf. (s. f.). *Recuperado 2 de febrero de 2024, de https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/FAA-H-8083-31B_Aviation_Maintenance_Technician_Handbook.pdf*

Helicopter | Facts, History, & Types | Britannica. (2024, enero 24). <https://www.britannica.com/technology/helicopter>

Hfh_ch01.pdf. (s. f.). Recuperado 28 de enero de 2024, de https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/helicopter_flying_handbook/hfh_ch01.pdf

Laferla, M. (2021, julio 16). *Los helicópteros Kamov y sus rotores coaxiales: Cuando ser feo paga*. *Aviacionline.com*. <https://www.aviacionline.com/2021/07/los-helicopteros-kamov-y-sus-rotores-coaxiales-cuando-ser-feo-paga/>

Milestones-history-helicopter.jpg (1600x1060). (s. f.). Recuperado 29 de enero de 2024, de <https://cdn.britannica.com/45/107245-050-6B5816D6/Milestones-history-helicopter.jpg>

Rotores Entrelazados | PDF | Helicóptero | Ingeniería Aeroespacial. (s. f.). Scribd. Recuperado 3 de febrero de 2024, de <https://es.scribd.com/document/445052279/Rotores-entrelazados>

Anexos