



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**“Inspección de 125 horas o anual del motor Astazou XIV H del helicóptero
Gazelle SA 341L de acuerdo al manual de mantenimiento para la preservación de los
componentes.”**

Bombón Pérez, Alberto Santiago

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

Tlgo. Arcos Castillo, Rogelio Paul

2023

Latacunga

Reporte de verificación de contenido



Tesis Santiago Primer Avance_CAPIT...

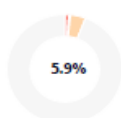
Scan details

Scan time: August 24th, 2023 at 14:17 UTC

Total Pages:
35

Total Words:
8697

Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	1.1%	98
Minor Changes	0.4%	37
Paraphrased	4.3%	374
Omitted Words	0%	0

AI Content Detection



Text coverage

- AI text
- Human text

🔍 Plagiarism Results: (10)

- 🔗 **T-EPEL-CMA-0855.pdf** 4.7%

<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/35746/1/t-e...>

USUARIO

1 Carátula "Pintura en el empenaje del helicóptero Gazelle SA 341L con matrícula E-367, según documentación técnica ATA 20" Manjarrés T...
- 🔗 **T-EPEL-CMA-0859.pdf** 4.1%

<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/35750/1/t-e...>

USUARIO

1 Carátula "Inspección de 500 horas o 24 meses del sistema de luces de acuerdo al ATA 33 del manual de mantenimiento del helicóptero Gaz...
- 🔗 **T-EPEL-CMA-0862.pdf** 3.2%

<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/35758/1/t-e...>

USUARIO

1 Carátula "Reparación estructural del fuselaje central, de acuerdo a la documentación técnica aplicable al helicóptero Gazelle SA 341L,...



About this report
help.copleaks.com





Tlgo. Arcos Castillo Rogelio Paul
 C.C.: 0401515192



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

Certificación

Certifico que la monografía: **“Inspección de 125 horas o anual del motor Astazou XIV H del helicóptero Gazelle SA 341L de acuerdo al manual de mantenimiento para la preservación de los componentes”** fue realizada por el señor **Bombón Pérez, Alberto Santiago**, 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, 16 de agosto del 2023



Tigo. Arcos Castillo Rogelio Paul
C.C.: 0401515192



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

Responsabilidad de Autoría

Yo , **Bombón Pérez, Alberto Santiago** , con cédula de ciudadanía nº 1804883419 , declara que el contenido , ideas y criterios de la monografía **“Inspección de 125 horas o anual del motor Astazou XIV H del helicóptero Gazelle SA 341L de acuerdo al manual de mantenimiento para la preservación de los componentes”** 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, 16 de agosto del 2023

.....
Bombón Pérez Alberto Santiago

C.C 1804883419



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

Responsabilidad de Publicación

Yo, **Bombón Pérez, Alberto Santiago**, con cédula de ciudadanía nº 1804883419, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: “**Inspección de 125 horas o anual del motor Astazou XIV H del helicóptero Gazelle SA 341L de acuerdo al manual de mantenimiento para la preservación de los componentes**” en el repositorio institucional, cuyo contenido e ideas son de mi responsabilidad.

Latacunga, 16 de agosto del 2023

.....
Bombón Pérez Alberto Santiago

C.C 1804883419

Dedicatoria

Hoy, con inmensa emoción y gratitud en el corazón, quiero dedicar este logro a cada uno de ustedes que ha sido parte fundamental de mi vida y mi camino académico. Esta tesis representa no solo el fruto de mi esfuerzo y dedicación, sino también el apoyo incondicional que he recibido de cada uno de ustedes a lo largo de este viaje.

A mis padres, quienes han sido mi mayor inspiración y ejemplo de tenacidad, agradezco su amor inquebrantable y su constante aliento para que nunca dejara de perseguir mis sueños. Sus sacrificios y sacrificios me han permitido llegar hasta aquí, y esta tesis es también un homenaje a su esfuerzo incansable y amor incondicional.

A mis hermanos, quienes han sido mis cómplices y mejores amigos, gracias por estar siempre ahí para celebrar mis logros y apoyarme en los momentos difíciles. Su presencia ha sido un pilar fundamental en mi vida y me siento bendecido/a de tenerlos como mi familia. A mis amigos y mi novia, quienes han compartido risas, alegrías y desafíos a lo largo de esta travesía académica, su amistad ha sido mi ancla en los momentos de incertidumbre y ha hecho que este camino sea mucho más significativo y enriquecedor.

Bombón Pérez, Alberto Santiago

Agradecimiento

Me complace enormemente dirigirme a ustedes en estas líneas para expresar mi más sincero agradecimiento por el apoyo y la contribución en la realización de esta tesis. Este trabajo representa un esfuerzo dedicado y apasionado, y no habría sido posible sin la ayuda y el aliento de muchas personas que han sido fundamentales en este camino académico. En primer lugar, deseo expresar mi gratitud a mi orientador, por su guía experta, paciencia y valiosos comentarios a lo largo de este proceso. Su sabiduría y experiencia fueron invaluable para dar forma y mejorar mi investigación, y estoy profundamente agradecido/a por su dedicación. Agradezco especialmente a mi familia y amigos, quienes han sido mi apoyo incondicional durante todo este tiempo. Sus palabras de aliento y motivación han sido un pilar fundamental para mantenerme enfocado/a y superar los desafíos que encontré en el camino. Además, quiero reconocer a la institución y personas que generosamente compartieron su conocimiento y recursos para enriquecer mi investigación. Su apertura y colaboración han sido fundamentales para obtener datos y perspectivas clave.

Bombón Pérez, Alberto Santiago

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Responsabilidad de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenido	8
Índice de figuras	11
Índice de tablas.....	13
Resumen.....	14
Abstract	15
Capítulo I: Planteamiento del problema	16
Antecedentes.....	16
Planteamiento del problema.....	17
Justificación e importancia	17
Objetivos.....	18
<i>Objetivo general.....</i>	18
<i>Objetivos específicos</i>	18
Alcance	18
Capítulo II: Marco teórico	20

Helicóptero Gazelle AS 341L	20
<i>Historia del helicóptero Gazelle AS 341L</i>	20
<i>Descripción del Helicóptero Gazelle AS 341L</i>	21
<i>Datos técnicos del helicóptero Gazelle SA 341L</i>	22
<i>Descripción general de la estructura del helicóptero Gazelle AS 341L</i>	24
Descripción del motor Astazou XIV H del helicóptero Gazelle SA 341L.....	25
Tipos de inspecciones	27
<i>Inspecciones preventivas</i>	28
<i>Inspecciones correctivas</i>	28
<i>Inspecciones predictivas:</i>	28
Inspecciones en los helicópteros	29
Inspección sistemática	30
Inspecciones periódicas	30
<i>Ciclo de mantenimiento</i>	30
<i>Inspección de 125 horas o anual</i>	31
<i>Time Between Overhauls (T.B.O.)</i>	32
Componentes del motor del helicóptero Gazelle AS 341L	32
<i>Turbina</i>	32
<i>Partes fijas de la turbina</i>	33
<i>Tobera de la primera etapa de la turbina</i>	33
<i>Tobera de la segunda etapa de la turbina</i>	34
<i>Tobera de la tercera etapa de la turbina</i>	35
Eje de Transmisión.....	36

Compresores	36
<i>Compresor axial</i>	37
<i>Compresor centrífugo</i>	38
Filtro de aceite	39
Turbina de Gas	40
Sistema de Escape.....	40
Cámara de combustión.....	41
Cojinete posterior.....	41
Capítulo III: Desarrollo del tema.....	44
Descripción general	44
<i>Inspección del juego de turbina Capítulo 72-50-2</i>	44
<i>Inspección y limpieza del cartucho del filtro de aceite Capítulo 72-80-3</i>	47
<i>Medida del grado de dilución combustible en aceite Capítulo 72-80-1</i>	49
<i>Inspección distribuidor tercera etapa de la turbina Capítulo 72-50-1</i>	51
<i>Inspección del cojinete posterior (ausencia de juego radial en los brazos al.....</i>	53
<i>Cambio del filtro de combustible del bloque regulador Capítulo 73-20-1</i>	54
Capítulo IV: Conclusiones y recomendaciones	59
Conclusiones.....	59
Recomendaciones.....	60
Abreviaturas.....	61
Glosario	63
Bibliografía	64
Anexos.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Helicóptero Gazelle AS 341L</i>	21
Figura 2 <i>Cabina de vuelo e instrumentos del helicóptero Gazelle SA 341L</i>	22
Figura 3 <i>Armamento del helicóptero Gazelle AS 341L</i>	22
Figura 4 <i>Dimensiones del helicóptero Gazelle AS 341L</i>	23
Figura 5 <i>Motor Astazou XIV H del helicóptero Gazelle AS 341L</i>	27
Figura 6 <i>Inspecciones correctivas</i>	29
Figura 7 <i>Tobera en la primera etapa de la turbina del helicóptero Gazelle AS 341L</i>	34
Figura 8 <i>Tobera en la tercera etapa de la turbina del helicóptero Gazelle AS 341L</i>	35
Figura 9 <i>Counter casing</i>	37
Figura 10 <i>Compresor centrífugo del motor Astazou</i>	38
Figura 11 <i>Partes móviles del compresor axial del motor Astazou XIV H</i>	39
Figura 12 <i>Filtro del motor Astazou XIV H</i>	40
Figura 13 <i>Tobera de escape del motor Astazou XIV H</i>	41
Figura 14 <i>Cojinete trasero</i>	42
Figura 15 <i>Desinstalación del motor Astazou XIV H</i>	45
Figura 16 <i>Álabes de la turbina</i>	45
Figura 17 <i>Álabes en la etapa 1 del generador de gas</i>	46
Figura 18 <i>Filtro de aceite</i>	47
Figura 19 <i>Desinstalación del filtro de aceite del motor Astazou XIV H</i>	48
Figura 20 <i>Limpieza del filtro</i>	48
Figura 21 <i>Instalación del filtro de aceite</i>	49
Figura 22 <i>Tubos de indicador de viscosidad</i>	51
Figura 23 <i>Tobera en la tercera etapa de la turbina</i>	52
Figura 24 <i>Tobera tercera etapa de turbina y parámetros requeridos</i>	53
Figura 25 <i>Cojinete posterior</i>	54
Figura 26 <i>Bloque regulador</i>	55

Figura 27 <i>Desinstalación del filtro de combustible</i>	56
Figura 28 <i>Limpieza filtro de combustible</i>	56
Figura 29 <i>Instalación del filtro de combustible</i>	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Datos y características técnicas del helicóptero Gazelle SA 341L</i>	24
Tabla 2	<i>Tabla de inspecciones sistemáticas en el helicóptero Gazelle AS 341L.....</i>	30

Resumen

El presente proyecto de grado surge de la necesidad que posee la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE de la carrera de tecnología superior en mecánica aeronáutica, para llevar a cabo las inspecciones necesarias al motor Astazou del helicóptero Gazelle, el cual se enfoca en el estudio de la inspección de 125 horas o anual del motor Astazou XIV H instalado en el helicóptero Gazelle SA 341L, siguiendo las pautas establecidas en el manual de mantenimiento para preservar sus componentes. El motor Astazou XIV H es un componente esencial para el funcionamiento seguro y eficiente del helicóptero, y su inspección periódica es fundamental para garantizar su confiabilidad y prolongar su vida útil. El objetivo de la investigación es proporcionar una guía detallada y actualizada sobre el proceso de inspección de 125 horas o anual del motor Astazou XIV H, siguiendo los procedimientos establecidos en el manual de mantenimiento del fabricante. Se examinarán los diferentes componentes del motor, incluyendo la revisión de la documentación técnica disponible y se recopilarán datos de estudios acerca del procedimiento de la inspección a realizar en el motor Astazou XIV H. Se realizarán inspecciones prácticas del motor instalado en el helicóptero Gazelle SA 341L, siguiendo las indicaciones del manual de mantenimiento. Mediante este proyecto se proporcionará una guía completa y actualizada para los técnicos de mantenimiento, y sobre todo estudiantes que necesiten una guía detallada de esta inspección respecto al helicóptero Gazelle SA 341L.

Palabras clave: Mantenimiento, Motor Astazou, Helicóptero gazelle

Abstract

This degree project arises from the need of the University of the Armed Forces ESPE of the higher technology career in aeronautical mechanics, to carry out the necessary inspections of the Astazou engine of the Gazelle helicopter, which focuses on the study of the 125-hour or annual inspection of the Astazou engine. XIV H installed on the Gazelle SA 341L helicopter, following the guidelines established in the maintenance manual to preserve its components. The Astazou XIV H engine is an essential component for the safe and efficient operation of the helicopter, and its regular inspection is essential to guarantee its reliability and extend its useful life. The objective of the research is to provide a detailed and updated guide on the 125-hour or annual inspection process of the Astazou XIV H engine, following the procedures established in the manufacturer's maintenance manual. The different components of the engine will be examined, including the review of the available technical documentation and data will be collected from studies about the inspection procedure to be carried out on the Astazou XIV H engine. Practical inspections of the engine installed on the Gazelle SA 341L helicopter will be carried out, following the instructions in the maintenance manual. Through this project, a complete and updated guide will be provided for maintenance technicians, and especially students who need a detailed guide on this inspection regarding the Gazelle SA 341L helicopter.

Keywords: Maintenance, Astazou Engine, Gazelle Helicopter

Capítulo I

Planteamiento del problema

Antecedentes

Las aeronaves al estar expuestas a distintas condiciones variables de clima, utilidad diaria, requieren que sean inspeccionadas, verificando que estas no tengan fallas en sus componentes, estructuras, que causen daño a la aeronave y tripulantes, para ello la inspección que se lleva a cabo en un motor son las inspecciones sistemáticas que comprenden, todas las inspecciones después del vuelo, antes del vuelo y las inspecciones diarias que son hechas antes del primer vuelo del día. Inspecciones periódicas, están relacionadas con la utilización del motor durante cierto tiempo, estas frecuencias que son enviadas al fabricante del motor y las inspecciones de mantenimiento eventuales, se las realiza cuando existe una anomalía o incidente de la aeronave y que ha sido señalado por el piloto o el mecánico.

La inspección que se va a realizar es al motor Astazou XIV-H, es un turbomotor de fabricación francesa, es de tipo de turbina ligada o unida al compresor, con una caja de reducción y la toma de movimiento delantero. El final del difusor de salida, está compuesto por una brida cónica, en donde esta una abrazadera de desmontaje rápido, para la fijación de la tobera.

La inspección de 125 horas que se realizará incluirá los sistemas de combustible, sistema de lubricación, de inducción de aire, de encendido y escape, los cuales son los principales componentes que requieren mantenimiento para preservar los componentes del motor, que serán comprobadas mediante el procedimiento de las tareas del manual de mantenimiento

Planteamiento del problema

Los estudiantes de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, en su anhelo por brindar servicios de calidad, cumpliendo los mantenimientos de manera adecuada y en busca de mantener al motor Turbohélice en condiciones funcionales, de modo que sirva de apoyo para los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica, se ha enfocado en dar inspección de 125 horas al motor del Helicóptero Gazelle, para poder preservar los componentes, realizando las tareas descritas en la documentación técnica aplicable al motor.

La aeronave cuenta con bastas horas de vuelo, el motor ha trabajado más de lo que su capacidad dicta, es decir, la capacidad normal de su performance, eso conduce al deterioro de todos los componentes que lo conforman y es donde surge la necesidad de dar mantenimiento tales componentes para mantenerlos en la mejor condición.

La falta de inspección del motor provoca que no se cumpla los estándares de calidad necesarios para su operación, el motor no se encuentra aeronavegable debido a que no se ha dado mantenimiento en un largo periodo de tiempo.

Debido al problema antes mencionado se ve la necesidad de realizar la inspección de 125 horas del motor Astazou, misma que determinará desperfectos de los componentes y verificará su funcionamiento mediante la inspección que se realizará acorde a lo que indica el manual de mantenimiento del motor.

Justificación e importancia

El siguiente trabajo se realiza con el afán de ser material de apoyo para futuras generaciones interesados en el motor del Helicóptero Aztazou, mismo que detallará las tareas que se deben realizar cuando se da mantenimiento al motor, esto será un aporte para estudiantes y docentes para nutrir su conocimiento acerca de las inspecciones que se dan al motor.

Esto ayudará al entendimiento y la facilidad para la realización de las tareas en cada inspección, siendo así los procedimientos comprensibles para los técnicos de mantenimiento, además de dar a conocer la importancia de la realización de las inspecciones que evitan que los componentes desarrollen problemas de corrosión, fatiga entre otros.

Mediante la inspección se garantiza que los componentes se encuentren en condiciones adecuadas, despertando el interés para dar mantenimiento adecuados que cumplan los estándares solicitados por la industria aeronáutica.

Objetivos

Objetivo general

Inspección de 125 horas o anual del motor Astazou XIV H del helicóptero Gazelle, en base a las tareas designadas de acuerdo al manual de mantenimiento, aplicables al motor para la preservación de los componentes.

Objetivos específicos

- Recopilar información técnica del manual de mantenimiento del motor Astazou XIV-H, para la realización de las tareas de mantenimiento.
- Analizar los procedimientos adecuados del manual de mantenimiento del motor necesarios para la obtención de pruebas documentadas y dar el cumplimiento de las tareas especificadas.
- Ejecutar el proceso de inspección de 125 horas aplicables al motor Astazou, para evitar el deterioro de los componentes y verificar su funcionalidad.

Alcance

El presente trabajo tiene como objetivo dar mantenimiento de 125 horas o anual al motor Astozou del helicóptero Gazelle mismo que servirá como motor escuela para el personal técnico aeronáutico, docentes y estudiantes facilitando el entendimiento de las

tareas de mantenimiento del motor y detallando los procedimientos que evitarán el deterioro del motor y sus componentes, para preservar su vida útil. Las diversas inspecciones que se llevarán a cabo permitirán mantener al motor en condiciones funcionales, pero no mantendrá al motor aeronavegable.

Capítulo II

Marco teórico

Helicóptero Gazelle AS 341L

Historia del helicóptero Gazelle AS 341L

El helicóptero ligero Eurocopter/Aérospatiale SA 341/342 Gazelle, comúnmente referido como "gacela", es un producto de origen francés desarrollado durante la segunda mitad del siglo XX por Sud-Aviation y fabricado en serie a principios de la década de 1970 por Société Nationale Industrielle Aérospatiale (SNIAS o Aérospatiale), en colaboración con Westland Helicopters del Reino Unido. Emergieron dos variantes principales en el ámbito comercial, identificadas como SA 341 y SA 342. Aunque su concepción inicial se orientó hacia la integración en fuerzas armadas nacionales como las de Francia, Ecuador, Marruecos, Reino Unido, Yugoslavia, Egipto, Kuwait e Irak, desempeñando así su función primordial, también logró cierto reconocimiento en aplicaciones civiles. A pesar de su notable antigüedad, este helicóptero continúa siendo un pilar fundamental en la categoría de helicópteros de combate en numerosos países (Helis, 1997).

En el ámbito de la seguridad nacional, el Helicóptero Gazelle AS 341L ha sido fundamental para la vigilancia y el control fronterizo. Ha participado en operativos antinarcóticos, operaciones de interdicción y ha apoyado misiones de búsqueda y rescate en zonas críticas. Su capacidad de desplazarse a altitudes elevadas y operar en condiciones adversas ha sido de gran importancia para garantizar la integridad territorial y proteger los intereses nacionales. Con el paso del tiempo, se ha modernizado y actualizado sus flotas de Gazelle AS 341L para mantenerlos operativos y alineados con los estándares internacionales de aviación. Estos esfuerzos han permitido extender la vida útil de las aeronaves y mejorar su rendimiento, asegurando así su continuidad en el cumplimiento de misiones críticas.

Figura 1*Helicóptero Gazelle AS 341L*

Nota. La figura representa al Helicóptero Gazelle AS 341L. Tomado de (Ejército Ecuatoriano, 2022).

Descripción del Helicóptero Gazelle AS 341L

El Gazelle es el resultado del desarrollo del SA 330 Puma y tiene múltiples funciones, como ser un helicóptero antitanque, de reconocimiento, transporte y entrenamiento. Su diseño consta de tres aspas sobre la cabina y una adicional en la parte posterior. El propulsor se encuentra en la sección posterior del fuselaje, mientras que la cabina, con una silueta circular, proporciona una excelente visión panorámica para la dotación. Un atributo sobresaliente es la integración de innovaciones tecnológicas, como la adopción pionera del sistema Fenestron en lugar del rotor de cola convencional, marcando una clara diferenciación de los Alouette II a los que sustituyó. Además, en el año 1975, la variante SA 341G del Gazelle logró un hito al convertirse en el primer helicóptero monopiloto en obtener la certificación de vuelo CAT I. (Villalba J., 2017)

En términos de mantenimiento, el Gazelle ofrece una ventaja significativa con operaciones simples que se realizan por parte de los mecánicos antes o después del vuelo, lo que reduce considerablemente el tiempo de operación y aumenta la confiabilidad de la aeronave.

Figura 2

Cabina de vuelo e instrumentos del helicóptero Gazelle SA 341L



Nota. La figura muestra la cabina de vuelo junto con los instrumentos del helicóptero Gazelle SA 341L. Tomado de (Saumeth, 2021).

Figura 3

Armamento del helicóptero Gazelle AS 341L.



Nota. La figura indica el armamento que mantenía el helicóptero Gazelle SA 341L.

Datos técnicos del helicóptero Gazelle SA 341L

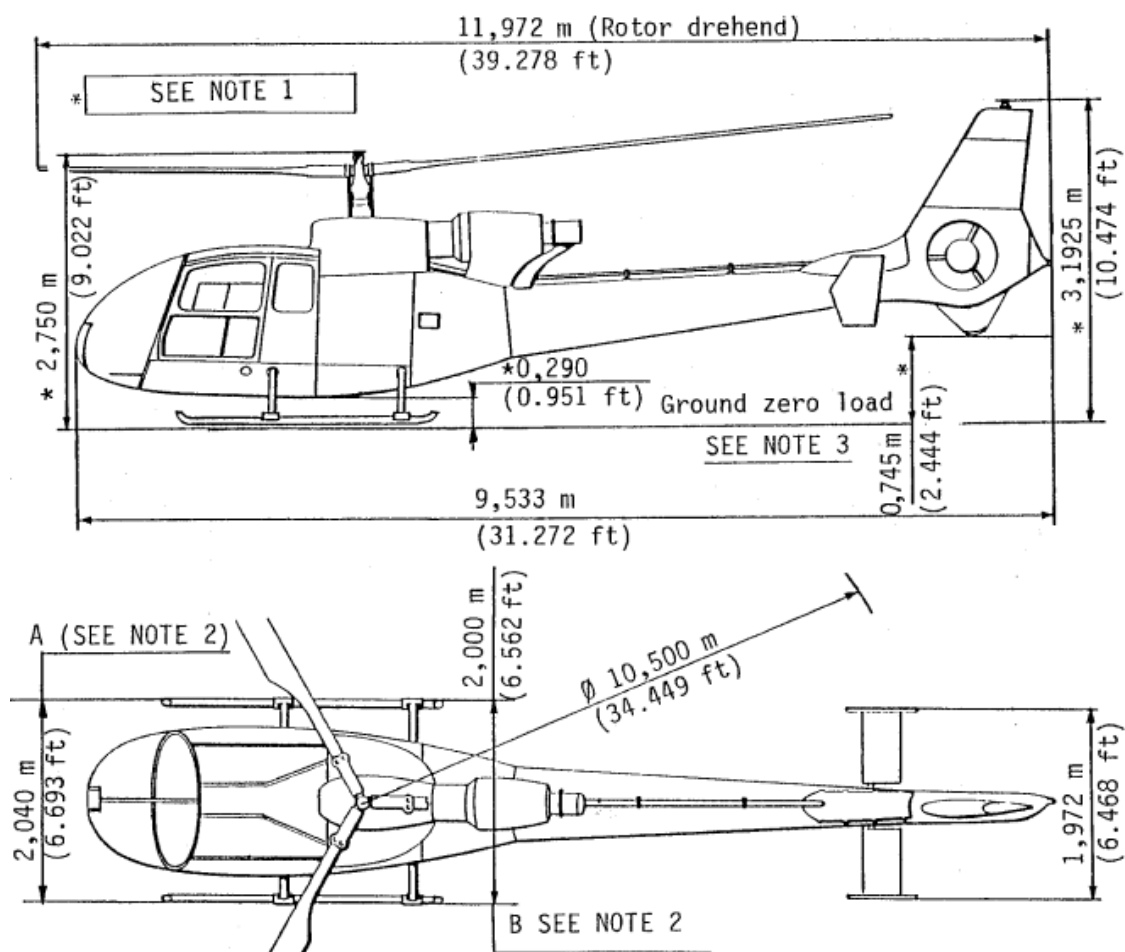
La aeronave Gazelle SA 341L presenta una configuración única que incluye un sistema de rotor de cola tipo fenestron compuesto por tres palas, lo que no solo reduce su

nivel de ruido, sino que también proporciona una notable capacidad de absorción de vibraciones.

El Gazelle AS 341L ha sido utilizado en una variedad de roles, incluyendo misiones de reconocimiento, transporte ligero, apoyo aéreo cercano, entrenamiento y patrulla. Además, de estar equipado con sistemas de navegación, comunicación y seguridad modernos para facilitar las operaciones. A continuación se mostrará mediante una figura las diferentes dimensiones del Gazelle SA 341L

Figura 4

Dimensiones del helicóptero Gazelle AS 341L.



Nota. La figura muestra las dimensiones que posee el helicóptero Gazelle AS 341L.

Tomado de (Airbus Helicopter, 2018).

El helicóptero Gazelle AS 341L presenta dimensiones específicas que influyen en su apariencia, capacidad y desempeño en vuelo, la figura 4 indica las dimensiones y áreas del Gazelle AS 341L, estas son diseñadas cuidadosamente para garantizar un rendimiento óptimo en una variedad de misiones. Estas características permiten su versatilidad en aplicaciones que van desde el transporte ligero hasta la observación y el apoyo en operaciones militares y civiles.

Tabla 1

Características técnicas del helicóptero Gazelle SA 341L

Datos técnicos	
Tripulación	2 pilotos 1 copiloto
Capacidad total	3 pasajeros
Diámetro rotor principal	10.5m
Altura	3.15m
Peso vacío	1.100kg
Peso con carga	1.900 kg
Motor	Turbo eje turboreactor Astazou
Hélices del rotor	Tres palas
Rotor de cola	Tipo fenestron
Potencia	440Kw (607HP 593 CV)

Nota. Tomado de (Airbus, 2022).

Mediante la tabla 1 se puede identificar características técnicas que posee el helicóptero Gazelle SA 341L, dando a conocer sus diferentes características y ventajas que posee.

Descripción general de la estructura del helicóptero Gazelle AS 341L

La estructura del helicóptero Gazelle AS 341L se caracteriza por su diseño compacto y ligero, diseñado para operar en diversos roles, incluyendo reconocimiento, transporte ligero, apoyo aéreo cercano, entrenamiento y patrulla. A continuación, se describirá su estructura.

El fuselaje del Gazelle AS 341L está construido con materiales ligeros y resistentes, como aleaciones de aluminio y materiales compuestos, lo que contribuye a su bajo peso

vacío. El diseño aerodinámico del fuselaje ayuda a reducir la resistencia y mejorar el rendimiento en vuelo (Airbus Helicopter, 2018)

El rotor principal del helicóptero está equipado con un rotor principal de tres palas, que proporciona el sustentamiento necesario para el vuelo vertical, estas palas están hechas de materiales compuestos avanzados para optimizar su resistencia y eficiencia.

Una característica distintiva del Gazelle AS 341L es su rotor de cola fenestron de tres palas, este diseño reduce el ruido y mejora la seguridad al minimizar el riesgo de impacto con objetos externos.

La cabina del helicóptero puede acomodar a uno o dos pilotos, dependiendo de la configuración, también cuenta con asientos para pasajeros cuando se utiliza en misiones de transporte ligero y contar con sistemas modernos de navegación, comunicación y seguridad, que incluyen pantallas multifunción, sistemas de aviso y control, y equipos de comunicación por radio. El tren de aterrizaje del Gazelle AS 341L consta de dos patas principales y una rueda de nariz retráctil, esta configuración permite operar en pistas no preparadas y facilita el transporte y despliegue en diversas ubicaciones.

El Gazelle AS 341L puede estar equipado con diversas configuraciones de armamento, como cohetes no guiados, misiles antitanques o ametralladoras, según las necesidades operativas. La estructura del Gazelle AS 341L ha sido cuidadosamente diseñada para lograr un equilibrio entre rendimiento, maniobrabilidad y versatilidad. Su diseño compacto y características especiales, como el rotor de cola fenestron, lo hacen ideal para operar en diversos entornos y condiciones (Airbus Helicopter, 2018).

Descripción del motor Astazou XIV H del helicóptero Gazelle SA 341L

El motor Astazou XIV H es un motor de turbina de gas de alto rendimiento diseñado para impulsar el helicóptero Gazelle SA 341L, este motor ha sido desarrollado por la empresa turbomeca y se caracteriza por su potencia y eficiencia en aplicaciones aeronáuticas.

El motor Astazou XIV H presenta una construcción compacta y liviana, lo que lo hace adecuado para su integración en la estructura del helicóptero, está equipado con un sistema de control electrónico que supervisa y regula de manera precisa los parámetros operativos para garantizar un funcionamiento óptimo en una variedad de condiciones de vuelo.

Su capacidad de generar una gran potencia permite al helicóptero alcanzar velocidades significativas y realizar maniobras con agilidad. La alta relación potencia-peso del motor Astazou XIV H contribuye a mejorar el rendimiento general del helicóptero, incluida su capacidad de despegue vertical y ascenso rápido.

El motor Astazou XIV H está diseñado con características de seguridad y confiabilidad en mente. Su ingeniería incorpora sistemas de monitoreo y protección que supervisan constantemente el estado del motor y pueden tomar medidas correctivas en caso de condiciones anómalas, garantizando un funcionamiento seguro y minimiza los riesgos potenciales durante las operaciones de vuelo. El motor Astazou XIV H es crucial, ya que ayuda al impulsar el helicóptero Gazelle SA 341L, proporcionando la potencia y el rendimiento necesarios para llevar a cabo una variedad de misiones aéreas con eficiencia y seguridad.

En otras palabras, es un motor turboserie de tipo fijo con turbina y engranaje reductor, que impulsa la potencia hacia adelante. El difusor de escape termina en un flange cónico en el que se monta una abrazadera de desmontaje rápido, para la instalación del tubo de escape, proporcionado por el fabricante de la aeronave.

El turboserie es una planta de energía completa, que incorpora el siguiente equipo y accesorios que permiten su instalación en el helicóptero: Accesorios de arranque, accesorios para indicación de funcionamiento, sistema de combustible y sistema de control de flujo de combustible. El sistema de lubricación cuenta con tanques y bombas, el tanque es proporcionado por el fabricante de la aeronave y el sistema de aire.

Los componentes para la conexión a los circuitos del fabricante de la aeronave son la entrada de aire puede estar equipada solamente con uno de los siguientes accesorios opcionales que se describirán a continuación: Pantalla de entrada de aire para protección contra objetos extraños de gran tamaño, como hojas, papel, trapos, etc. Además, de contar con el filtro anti-arena para protección contra partículas arenosas y abrasivas de pequeñas dimensiones.

Figura 5

Motor Astazou XIV H del helicóptero Gazelle AS 341L.



Nota. La figura muestra como se ve la parte externa del motor Astazou XIV H.

Tipos de inspecciones

Las inspecciones en aeronáutica son procesos rigurosos y meticulosos que implican la evaluación exhaustiva de aeronaves, componentes y sistemas para garantizar su funcionamiento seguro, eficiente y confiable. Estas inspecciones son esenciales para mantener los más altos estándares de seguridad en la industria de la aviación, ya que permiten detectar y abordar cualquier posible desgaste, daño o falla antes de que puedan

comprometer la integridad de la aeronave, estas inspecciones en el mundo de la aviación civil cumplen un rol fundamental en la seguridad y fiabilidad de las aeronaves. A través de la detección temprana y la corrección de problemas potenciales, estas inspecciones contribuyen a mantener la excelencia en la seguridad aérea y a garantizar vuelos seguros para todos los pasajeros y tripulantes (Handley).

Inspecciones preventivas: Son aquellas que se realizan de manera periódica y programada, con el objetivo de identificar y abordar posibles problemas antes de que se conviertan en fallas críticas. Estas inspecciones se basan en los manuales de mantenimiento proporcionados por los fabricantes y las directrices regulatorias. Su enfoque principal es la detección temprana de desgastes, corrosión y otros signos de deterioro que podrían comprometer la seguridad y el funcionamiento óptimo de la aeronave. Estas inspecciones se llevan a cabo de acuerdo con procedimientos establecidos y contribuyen en gran medida a la prevención de fallos inesperados.

Inspecciones correctivas: O restaurativas son aquellas que se realizan en respuesta a un problema o avería específica que ha sido identificado durante las operaciones regulares de la aeronave o durante una inspección preventiva. Estas inspecciones involucran la reparación o reemplazo de componentes defectuosos o dañados con el objetivo de restaurar la aeronave a su estado operativo adecuado. Aunque estas inspecciones son reactivas, desempeñan un papel esencial en la restauración de la aeronave a un nivel seguro y funcional.

Inspecciones predictivas: Se centran en la monitorización constante y el análisis de datos para predecir posibles fallos y problemas futuros. Estas inspecciones hacen uso de tecnologías avanzadas, como la supervisión de vibraciones, análisis de aceite y termografía, para evaluar el estado de los componentes y sistemas de la aeronave. Los datos recopilados se emplean con el propósito de anticipar eventuales fallos y ejecutar acciones preventivas antes de que surjan contratiempos substanciales. Las evaluaciones predictivas

facilitan una aproximación proactiva al mantenimiento, lo que contribuye a la maximización eficiente de los recursos y la disminución de los períodos de inoperatividad.

Figura 6

Inspecciones correctivas



Nota. Muestra cómo se llevan a cabo las inspecciones correctivas en una aeronave.

Tomado de (Graham, 2018).

Inspecciones en los helicópteros

Las inspecciones en el helicóptero pueden agruparse en tres categorías: Inspecciones sistemáticas, que incluyen las inspecciones posteriores al vuelo, previas al vuelo y diarias, llevadas a cabo antes del primer vuelo del día. Están las Inspecciones periódicas, relacionadas con el tiempo de funcionamiento del motor. Las periodicidades recomendadas para el motor y los accesorios pueden ajustarse según la experiencia operativa, siempre considerando el programa de periodicidades del helicóptero.

Inspecciones eventuales u operaciones de mantenimiento adicionales a las periódicas, se realizan en respuesta a incidentes imprevistos reportados por el piloto o el mecánico, o debido a operaciones en condiciones específicas. Es importante tener en cuenta los tiempos entre revisiones y las vidas límite de los componentes principales del

motor para mantener el helicóptero en óptimas condiciones de funcionamiento. Si durante la operación del motor se identifica la necesidad de alterar las periodicidades de inspección y esta diferencia supera el 25 % en comparación con el tiempo previsto para el helicóptero, se debe obtener el consentimiento del fabricante del motor antes de implementar la nueva periodicidad en el programa de mantenimiento del helicóptero.

Inspección sistemática

Antes de llevar a cabo cualquier revisión, el técnico debe referirse al registro técnico para considerar todas las observaciones registradas por el piloto. Durante la inspección, estas observaciones deben ser tenidas en cuenta para realizar las acciones necesarias. Posteriormente, después de finalizar la inspección, el técnico debe documentar en el registro técnico del motor todas las acciones, ajustes o sustituciones realizadas durante el proceso de inspección.

Tabla 2

Tabla de inspecciones sistemáticas.

Tabla de inspecciones sistemáticas	
Pr. F	Para pre vuelo
Po.F	Para post vuelo
D	Todos los días

Nota. Tomado de (Airbus, 2022).

La tabla muestra las inspecciones sistemáticas que se realizan en el helicóptero Gazelle AS 341L, indicando como se deben reconocer e interpretar las siglas, que se deben realizar durante el día para comenzar una operación de vuelo.

Inspecciones periódicas

Ciclo de mantenimiento

El ciclo de mantenimiento se basa en las horas de funcionamiento del motor en el cual se prevén cinco tipos de inspección: Inspecciones de frecuencia variable, inspecciones cada 125 horas o anuales, a las que se pueden añadir las inspecciones de frecuencia variable, inspecciones de 500 horas o 24 meses a las que se añade la inspección prevista en inspección de 125 horas, inspecciones de 1000 horas o T2 a las que se añaden las revisiones previstas en 125 y 500 horas e inspecciones especiales no sujetas a ninguna periodicidad, estas son las inspecciones que se deben realizar acorde a la necesidad y ciclo del motor.

Las horas de funcionamiento deben contarse sobre la siguiente base: los intervalos de tiempo acumulados entre las ruedas con o sin patines y las ruedas con o sin patines. Las horas de funcionamiento deben registrarse en el libro de registro del motor.

Inspección de 125 horas o anual

La inspección de 125 horas o anual es la que se está llevando a cabo para conocer todos los procedimientos que se deben realizar acorde al manual, las cuales constan de las siguientes tareas:

Revisión del conjunto de la turbina: Examinar detenidamente el grupo de la turbina para asegurar su funcionamiento óptimo y su integridad estructural. Drenaje del sistema de aceite del motor y del depósito solo si se emplea aceite mineral. Inspección y limpieza del cartucho del filtro de aceite, es decir, evaluar minuciosamente y limpiar exhaustivamente el cartucho del filtro de aceite para eliminar cualquier obstrucción y permitir un flujo de aceite ininterrumpido.

Medición del nivel de mezcla de combustible en el aceite, se debe calcular el porcentaje de dilución de combustible presente en el aceite, lo que proporciona información crucial sobre el rendimiento y la eficiencia del motor. Inspección de la tercera etapa del distribuidor de la turbina: Realizar un análisis exhaustivo de la tercera etapa del distribuidor en la turbina para verificar su funcionamiento y detectar posibles problemas.

Examen del cojinete posterior, evaluar minuciosamente la condición y el funcionamiento del cojinete en la parte posterior del motor para asegurar su correcto rendimiento. Reemplazo del filtro de combustible del regulador, quiere decir que se debe sustituir el filtro de combustible del bloque regulador para garantizar un suministro de combustible limpio y sin impurezas, lo que es esencial para el rendimiento adecuado del motor. Cada una de estas acciones contribuye significativamente a la inspección y el mantenimiento efectivo de la aeronave, asegurando su operatividad segura y eficiente.

Time Between Overhauls (T.B.O.)

El intervalo entre inspecciones de una unidad, ya sea un motor, módulo o accesorio se refiere al período de tiempo durante el cual la unidad puede operar en condiciones normales antes de requerir una revisión. El T.B.O. se mide en horas de funcionamiento. Los valores iniciales del T.B.O. se fundamentan en los intervalos de inspección iniciales aprobados por las Autoridades en el momento de la certificación del motor o la aprobación del tipo. Estos valores se basan en pruebas de validación realizadas y la experiencia acumulada hasta ese momento. (Airbus, 2022)

Los valores iniciales del T.B.O. pueden estar sujetos a programas de extensión de vida, por ejemplo, después de investigaciones realizadas al finalizar el T.B.O. inicial, se puede definir un nuevo valor tentativo del T.B.O. para un número específico de unidades en servicio. Si la investigación posterior al nuevo valor del T.B.O. resulta satisfactoria, o en función de las modificaciones implementadas en dichas unidades, el fabricante podría establecer un nuevo valor del T.B.O. coherente con la extensión contemplada.

Componentes del motor del helicóptero Gazelle AS 341L

Turbina

La turbina consta de varias etapas, incluido el compresor axial y la cámara de combustión. En el caso del Gazelle AS 341L, la turbina está diseñada para proporcionar la potencia necesaria para girar los rotores principales y de cola, lo que permite el vuelo y el

control del helicóptero. La turbina en el Gazelle AS 341L opera utilizando el principio del ciclo de turbina de gas. El aire es comprimido en el compresor axial antes de ser mezclado con el combustible en la cámara de combustión.

La mezcla de combustible y aire se quema a alta temperatura, generando gases calientes de alta velocidad. Estos gases de escape de alta velocidad pasan a través de una serie de etapas de la turbina, que está compuesta por álabes giratorios y estacionarios. A medida que los gases pasan por estas etapas de la turbina, transfieren su energía cinética al eje de transmisión, lo que finalmente impulsa los rotores del helicóptero.

Partes fijas de la turbina

Las partes fijas de la turbina consisten en la tobera de la turbina en la primera, segunda y tercera etapa.

Tobera de la primera etapa de la turbina

El componente conocido como la tobera de la primera etapa de la turbina consta de dos anillos: uno exterior (4) y otro interior (3). Entre estos anillos se encuentran alojadas las piezas llamadas álabes huecas (2). El anillo exterior (4), que ha sido perforado para el montaje de la tobera de la segunda y tercera etapa de la turbina, presenta dos hileras de pasajes (5) para permitir su instalación.

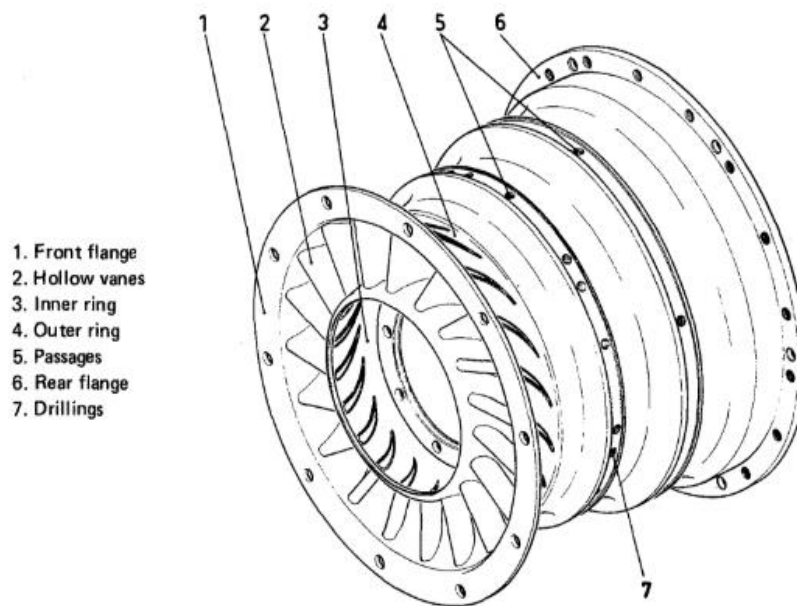
Dentro de estos pasajes se alojan 12 perforaciones (7) destinadas a enfriar los álabes de la tobera de la segunda etapa de la turbina. Cada extremo del conjunto cuenta con un resalte, el resalte frontal (1) posee agujeros lisos para ensamblarse con la sección externa de la cámara de combustión. El resalte trasero (6) tiene agujeros lisos para espigas de centrado en un lado y para alojar tuercas autoblocantes en el otro lado, a fin de asegurar la unión con la carcasa de la turbina y el difusor de escape.

El anillo interior (3) está equipado con un resalte que se asegura mediante tornillos en el resalte trasero de la cámara de combustión, luego de colocar el resalte de tipo

laberinto. Los álabes huecos (2) se entrecruzan y se enfrían gracias al aire de combustión que penetra en la cámara a través de la placa de remolino en la sección interna de la cámara de combustión. (Airbus Helicopter, 2018)

Figura 7

Tobera en la primera etapa de la turbina del helicóptero Gazelle AS 341L.



Nota. Muestra como se ve la tobera en la primera etapa de la turbina. Tomado de (Airbus, 2022).

Tobera de la segunda etapa de la turbina

Dentro del anillo de la primera etapa, la tobera de la turbina de la segunda etapa consta de tres partes, la tobera, mecanizada en una sola pieza, presenta una carcasa exterior, con 6 cortes en su periferia. Estos cortes otorgan a la carcasa cierta elasticidad y canalizan las tensiones. Además, la carcasa exterior está perforada con 6 orificios en los cuales se enganchan los pernos de ensamblaje de la tobera de la primera y segunda etapa de la turbina. Las doce perforaciones se abren dentro del anillo interior de la tobera de la turbina para la refrigeración de los álabes. El anillo interior presenta cavidades en las cuales emergen 12 perforaciones radiales en una parte, y en otra parte, 12 perforaciones axiales que canalizan el aire de refrigeración. (Airbus Helicopter, 2018)

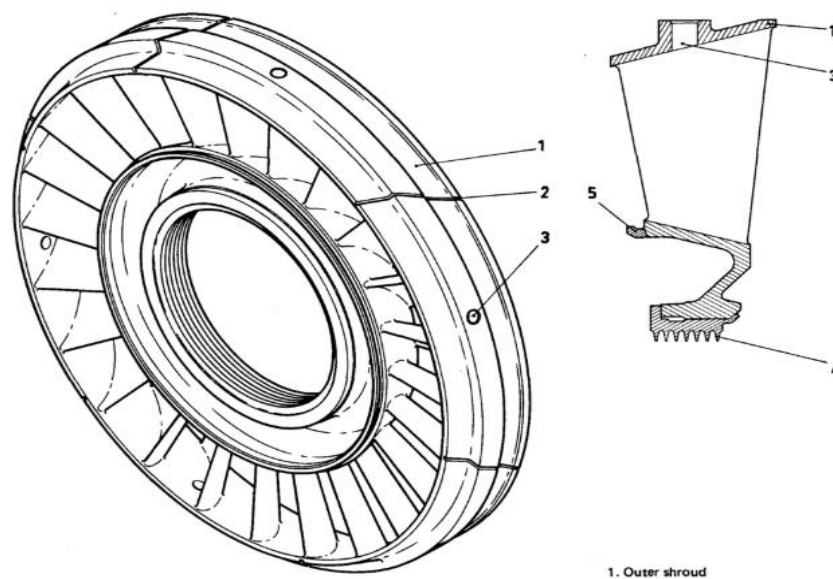
El casquillo, también denominado collar, se ajusta al anillo interior mediante soldadura fuerte; presentan una brida que garantiza la estanqueidad entre el canal de aire de refrigeración y el canal de gas. Por otro lado, el casquillo presenta en su parte inferior un laberinto que asegura la hermeticidad del canal de aire en el borde de la corona de las ruedas de la turbina.

Tobera de la tercera etapa de la turbina

La boquilla, elaborada a partir de una sola pieza mediante procesos de mecanizado. Exhibe una carcasa exterior (1) que contiene 6 cortes (2) mecanizados en su periferia. Estos cortes conferirán cierta elasticidad a la carcasa y direccionarán las tensiones de manera controlada. Además, la carcasa exterior está perforada con 6 orificios (3) en los que se ensamblan los pernos utilizados para conectar los distribuidores de la primera y tercera etapa. Un laberinto (4), unido mediante un proceso de soldadura, asegura que el canal de aire se mantenga hermético en el borde superior de las ruedas de la turbina, el collarín soldado (5) garantiza que no existan fugas de aire y que puedan entrar por donde se dirigen los gases.

Figura 8

Tobera en la tercera etapa de la turbina del helicóptero Gazelle AS 341L.



Nota. La figura indica la tobera de la tercera etapa de la turbina, que consta de (1) Cubierta externa (2) cortes (3) orificios (4) laberinto (5) collar. Tomado de (Airbus, 2022).

Eje de Transmisión

El eje de transmisión lleva la energía mecánica de la turbina de gas a otros sistemas, como el rotor principal y el rotor de cola. Es crucial para la propulsión del helicóptero. Está diseñado para adaptarse a las necesidades específicas de este helicóptero, como su capacidad de alta velocidad y maniobrabilidad.

La geometría precisa del eje de transmisión contribuye a minimizar las pérdidas de potencia y a mantener un funcionamiento eficiente en diversas condiciones de vuelo, incluye mecanismos de control y monitoreo que permiten a los pilotos ajustar y mantener la potencia entregada a los rotores de acuerdo con los requisitos de vuelo

Compresores

El conjunto de compresores se encuentra montado en la carcasa contrarrotativa, situada entre la entrada de aire y la carcasa de la turbina. Este conjunto está formado por dos etapas de flujo axial seguidas de una etapa centrífuga, en cada una de las cuales se incluyen piezas fijas y piezas móviles. Durante la prueba en tierra, en condiciones atmosféricas normales, se observan las siguientes características del aire después del conjunto de compresores: La relación de presión es aproximadamente 7.511 y el flujo de aire es de aproximadamente 3.33 kg/s. La temperatura aumenta en alrededor de 280 °C después del conjunto de compresores, la carcasa del contador (ver Figura 9) consta, desde el frente hasta la parte trasera.

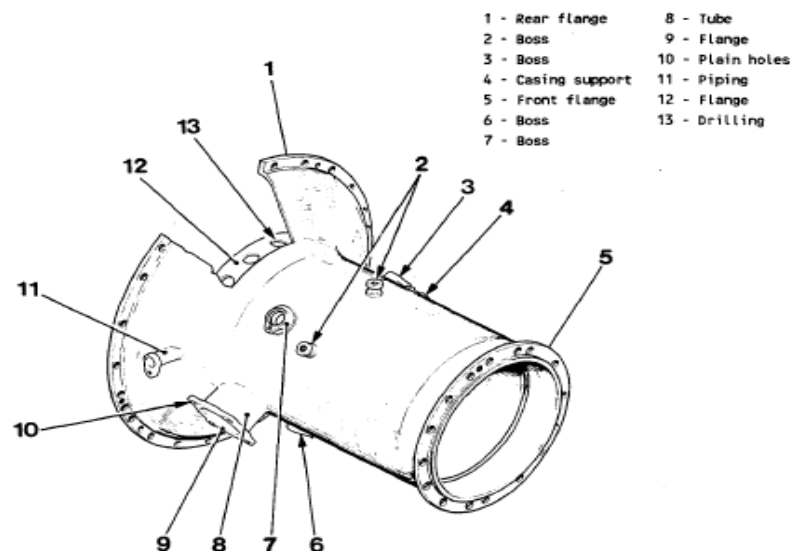
El compresor axial de la primera etapa y el estator de la primera etapa, junto con el compresor axial de la segunda etapa y el estator de la segunda etapa, constituyen componentes críticos en la cadena de proceso de compresión en esta sofisticada máquina. Estos elementos, minuciosamente diseñados y ajustados, trabajan en conjunto para

garantizar una eficiencia óptima en la transformación de la energía cinética en presión estática.

Se debe tener presente la importancia de la carcasa del compresor centrífugo, cuya función radica en canalizar y dirigir con precisión el flujo de aire comprimido hacia el siguiente nivel del sistema. Su diseño aerodinámico y resistente contribuye a mantener la integridad del proceso de compresión, asegurando así un rendimiento consistente y confiable en diversas condiciones operativas.

Figura 9

Counter casing



Nota. La figura muestra el counter casing con sus partes, (1) brida trasera (2) responsable (3) jefe (4) soporte de la carcasa (5) brida delantera (6) jefe (7) jefe (8) tubo (9) brida (10) Agujeros lisos (11) tuberías (12) brida (13) perforación. Tomado de (Airbus Helicopter, 2018).

Compresor axial

Compuesto por partes fijas que son los estatores y partes móviles, es decir, dos ruedas, el compresor axial está acoplado, a través de la caja de acoplamiento, con el reductor de un lado y con las partes móviles del centrífugo.

Los compresores axiales desempeñan un papel esencial en los motores de helicópteros al contribuir significativamente al proceso de admisión y compresión del aire antes de su introducción en la cámara de combustión. Estos componentes son cruciales para optimizar la eficiencia y el rendimiento de la planta de energía de la aeronave.

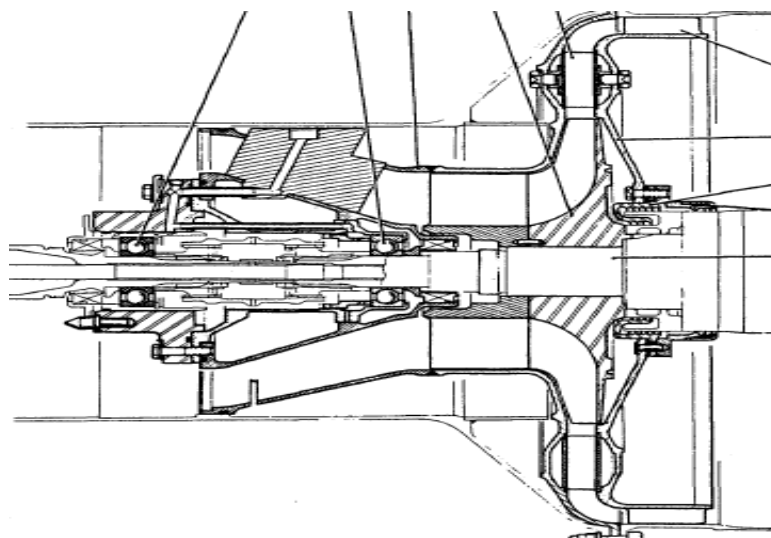
Compresor centrífugo

Los compresores centrífugos están diseñados para aumentar la presión del aire antes de ingresar a la cámara de combustión. Esto se logra mediante un diseño ingenioso que aprovecha la fuerza centrífuga generada por la rotación de un disco o rueda en forma de paletas o álabes. A medida que el aire ingresa al compresor centrífugo, es dirigido hacia el centro de la rueda en movimiento, la acción de rotación provoca una aceleración del aire hacia afuera, lo que resulta en un aumento significativo en la presión.

El compresor centrífugo utiliza la fuerza centrífuga para comprimir el aire que ingresa al motor, esta disposición es eficiente en términos de espacio y permite un flujo de aire continuo a través del motor. El diseño centrífugo tiende a ser más compacto y liviano en comparación con otros tipos de compresores, lo que contribuye a reducir el peso total del helicóptero y mejora su relación potencia-peso.

Figura 10

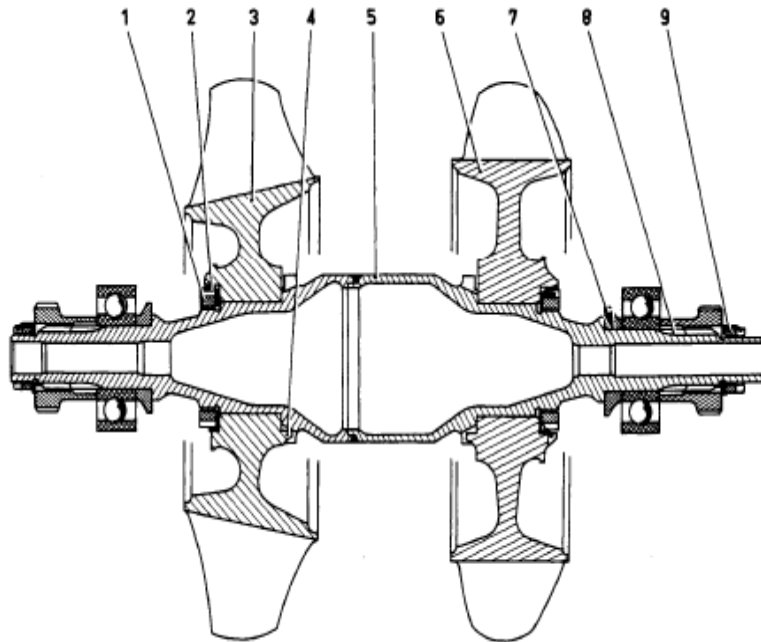
Compresor centrífugo del motor Astazou.



Nota. La figura muestra el compresor centrífugo utilizado en el helicóptero Gazelle AS 341L que consta de partes móviles y estáticas. Tomado de (Airbus, 2022).

Figura 11

Partes móviles del compresor axial del motor Astazou XIV H.



Nota. La figura muestra las partes móviles que contiene el compresor axial

Los compresores axiales constan de las siguientes partes, (1) tuerca (2) arandela de seguridad (3) rueda (4) rueda (5) eje (6) rueda (7) superficie de apoyo rectificada (8) ranura (9) hilo. Tomado de (Airbus Helicopter, 2018).

Filtro de aceite

Permite el flujo de aceite bajo presión que proviene de la bomba de aceite a través de una vía perforada en la placa de transmisión de accesorios. Después de ser filtrado, el aceite es dirigido hacia los distintos puntos de engrase del motor. Este proceso es esencial para garantizar un funcionamiento suave y eficiente de todos los componentes internos.

La bomba de combustible, regulador de velocidad, otro componente crucial en el sistema, trabaja en estrecha colaboración con el suministro de aceite. Esta bomba no solo

controla el flujo de combustible al motor, sino que también regula su velocidad, asegurando un suministro óptimo en diferentes condiciones de operación. El interruptor de presión de aceite mínimo, por su parte, juega un papel fundamental en la monitorización y la seguridad del sistema.

Figura 12

Filtro del motor Astazou XIV H.



Nota. La figura muestra el filtro del helicóptero Gazelle donde se realizaron las inspecciones acordes al manual de mantenimiento del motor.

Turbina de Gas

La turbina de gas convierte la energía térmica liberada en la cámara de combustión en energía mecánica. Conformada por álabes giratorios y estacionarios, la turbina es impulsada por los gases de escape calientes y transfiere su energía al eje de transmisión.

Sistema de Escape

Después de pasar por la turbina de gas, los gases de escape son conducidos a través de un sistema de escape diseñado para reducir ruido y calor. También puede incluir

sistemas de inyección de aire caliente para prevenir la formación de hielo en las toberas, a esto se le conoce como el sistema de escape.

Figura 13

Tobera de escape del motor Astazou XIV H.



Nota. La figura muestra por donde se dirigen los gases de escape del helicóptero. Tomado de (Ejercito Ecuatoriano, 2022)

Cámara de combustión

La cámara de combustión es el espacio en el cual tiene lugar la combustión de la mezcla de aire y combustible. Esta cámara consta de tres componentes principales: una sección exterior (2), una sección interior (1) y un diseño en forma de laberinto.

Cojinete posterior

El cojinete posterior forma el soporte trasero del conjunto rotativo. Está asegurado en la brida trasera de la carcasa de la turbina mediante tres brazos tangenciales articulados en el cuerpo del cojinete. Estos brazos huecos también funcionan como conductos para la circulación del aceite lubricante para el cojinete y para su ventilación de aire.

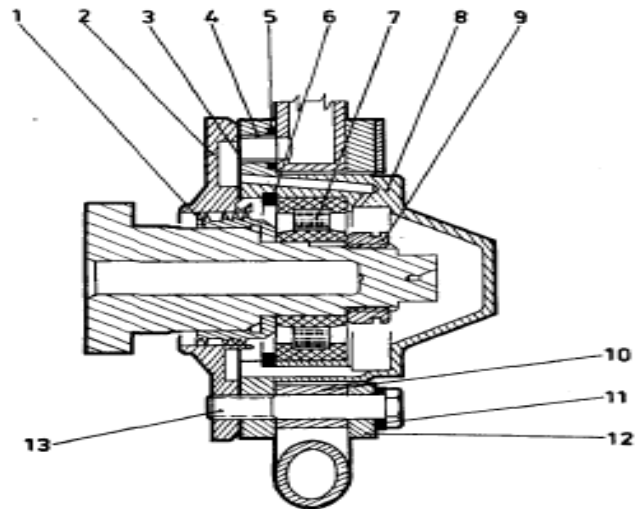
La tobera, fabricada en una única pieza mecanizada, presenta un revestimiento externo y tiene seis cortes (2) en su periferia. Estos cortes otorgan al revestimiento cierta

elasticidad y canalizan las tensiones. Además, el revestimiento externo está perforado con seis agujeros (3) en los que se encajan los pernos de ensamblaje de la primera y segunda etapa de la tobera de la turbina. Doce perforaciones (4) se abren en el interior del anillo interno de la tobera de la turbina, atravesando las paletas. El anillo interno presenta doce huecos (8) en los que emergen doce perforaciones radiales (4) en una parte, y en otra parte, doce perforaciones axiales (7) que dirigen el flujo de aire de enfriamiento. La junta (10), también llamada cuello (5), se ajusta al anillo interno mediante soldadura fuerte y muestra un reborde (6) que asegura la estanqueidad entre el conducto de aire de enfriamiento y el conducto de gas.

Por otro lado, la junta (10) cuenta con un laberinto (9) en su parte inferior que garantiza la estanqueidad del conducto de aire en el borde superior de las ruedas de la turbina. La tobera, trabajada en una única pieza mecanizada, exhibe características que favorecen la elasticidad y la canalización de tensiones. El revestimiento externo, perforado con agujeros y encajado con pernos, junto con el anillo interno, que presenta perforaciones radiales y axiales, aseguran la distribución y el flujo de aire de enfriamiento. Además, la junta, con su cuello y laberinto, contribuye a la estanqueidad del sistema de canales de aire y gas, esenciales para el funcionamiento adecuado de las ruedas de la turbina (Airbus Helicopter, 2018).

Figura 14

Cojinete posterior



Nota. La figura muestra el cuerpo del cojinete posterior. Tomado de(Airbus, 2022).

El cojinete posterior cuenta con las siguientes partes (1) Laberinto (2) Cubierta (3) Sello simple (4) Casquillos (5) Sellos (6) Anillo de seguridad (7) Rodamiento (8) Cuerpo (9) Tuerca (10) Espaciadores (11) Anillo de retención (12) Soporte de retención (13) Tornillo de sujeción, mismas partes que ayudan al funcionamiento normal del cojinete. Tomado de (Airbus Helicopter, 2018).

Capítulo III

Desarrollo del tema

Descripción general

En esta sección, se expondrán en profundidad los procesos llevados a cabo durante la inspección periódica de 125 horas del motor Astazou XIV H, instalado en el helicóptero Gazelle SA 341L. Estos procedimientos se basan en las directrices del manual de mantenimiento del helicóptero, y tienen como objetivo principal asegurar la ejecución precisa de las tareas, con el propósito de mantener en óptimas condiciones los elementos del motor. Este esfuerzo contribuye a garantizar su idoneidad para su utilización tanto en la práctica como en la instrucción de estudiantes y profesores de la institución educativa.

Inspección del juego de turbina Capítulo 72-50-2

El propósito de esta inspección es para detectar posibles anomalías que existan en el motor, para ello se necesitara las siguientes herramientas. Se hará uso de un conjunto de boroscopio flexible de 6 mm de diámetro como indica el manual de mantenimiento para realizar la inspección y poder verificar el estado de la turbina y poder dar mantenimiento. Los repuestos necesarios a utilizar en esta inspección son una junta de cobre (referenciada como 1), además de tres juntas de cobre (referenciadas como 2) (ver Figura 17).

Procedimiento, para iniciar con esta inspección se desinstalará la entrada de aire P2 proporcionada por el fabricante de la aeronave, se introducirá el tubo flexible del boroscopio a través del orificio, luego a través de uno de los conductos de dilución de la unidad de mezcla. Se debe girar el extremo del boroscopio hacia la rueda de la primera etapa de la turbina hasta que las paletas sean visibles. Se procede a girar el conjunto de la turbina de manera lenta y manual para examinar exhaustivamente todas las palas y se compara las irregularidades de acuerdo a los criterios establecidos. Finalmente se retira el boroscopio flexible de la carcasa de la turbina y se instala las tomas de aire de la aeronave.

Figura 15

Desinstalación del motor Astazou XIV H acorde al manual de mantenimiento.



Nota. La figura muestra la desinstalación del motor Astazou para realizar todas las inspecciones en base al manual del motor.

Figura 16

Álabes de la turbina



Nota. Muestra la inspeccion realizada en el generador de gas en la primera etapa de la turbina.

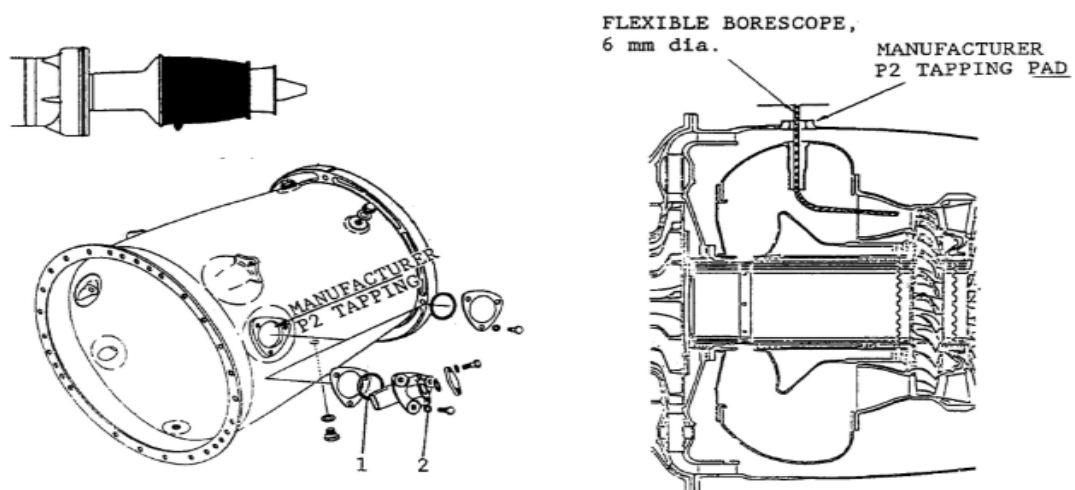
La figura muestra el procedimiento técnico para evaluar y verificar el espacio o distancia entre las palas de la turbina, esta inspección es esencial para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente del sistema, ya que el espacio adecuado entre las palas de la turbina y las superficies circundantes es crucial para prevenir el contacto no deseado y el desgaste excesivo.

Durante esta inspección, se analizan y miden con precisión las dimensiones del espacio entre las palas de la turbina y las áreas circundantes. Esto implica el uso de herramientas de medición especializadas para garantizar que el espacio cumpla con las especificaciones técnicas y los límites de seguridad establecidos por el fabricante.

Cualquier desviación en las dimensiones del espacio podría indicar desgaste anormal, deformación o problemas en el funcionamiento del sistema. Es importante realizar esta inspección de manera regular de acuerdo con el programa de mantenimiento recomendado por el fabricante. Además, cualquier hallazgo inusual o fuera de los límites debe ser investigado y abordado de inmediato para garantizar la operación segura y confiable del equipo.

Figura 17

Álabes en la etapa 1 del generador de gas



Nota. Muestra la inspección de los álabes de turbina de etapa I" del generador de gas.

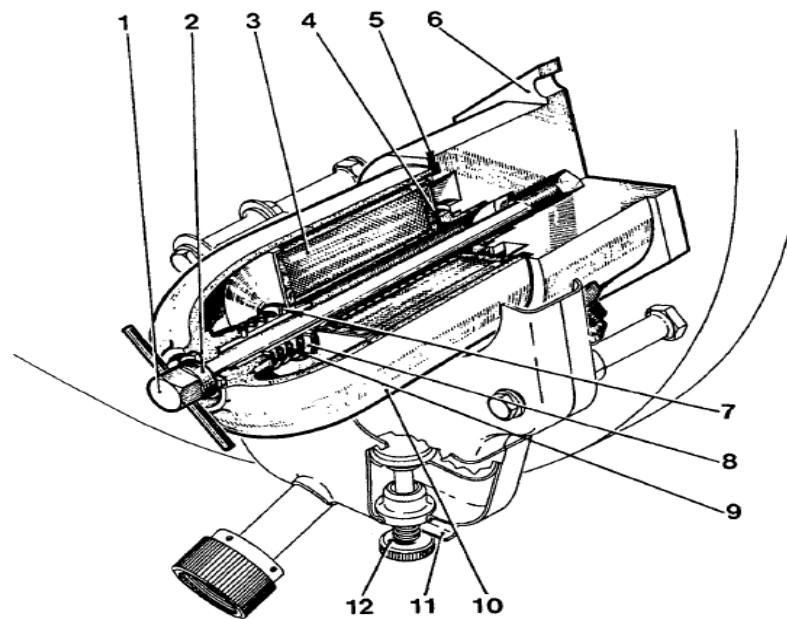
Tomado del (Airbus Helicopter, 2018).

Inspección y limpieza del cartucho del filtro de aceite Capítulo 72-80-3

Para realizar esta inspección debemos contar con el equipo de seguridad necesario, como guantes, máscara facial o gafas de seguridad para evitar cualquier contacto que pueda afectar la salud. Los materiales que se necesitan para realizar esta inspección son las siguientes: Se hará uso de vaselina, disolvente, acetona o queroseno, en este caso se utilizará disolvente en el cual dejaremos el filtro para su limpieza, además de hacer uso de cable de bloqueo de acero inoxidable 6/10 para su respectivo frenado una vez terminada la revisión del filtro. Para el procedimiento de inspección se iniciará abriendo la capota derecha del motor y se coloca un recipiente debajo del drenaje de para evitar que se desborde. Presionamos el botón, giramos media vuelta y se deja reposar sobre la brida.

Figura 18

Filtro de aceite



Nota. Muestra los componentes que posee el filtro de aceite. Tomado de (Airbus, 2022).

La figura muestra los (1) tornillos (2) Sello de aluminio (3) cartucho filtrante (4) O - ring (5) Sello (6) Base (7) Sello (8) Taza de prueba (9) Resorte (10) cubrimiento (11) Parada lengüeta (12) Botón de operación.

Figura 19

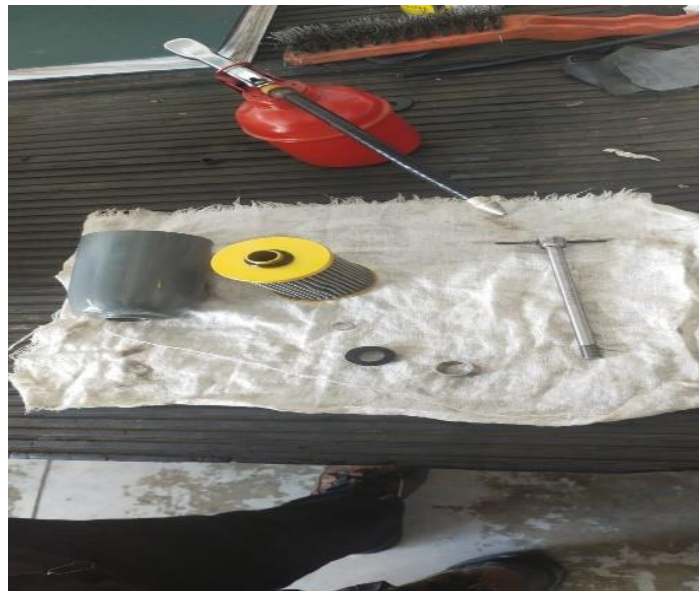
Desinstalación del filtro de aceite del motor Astazou XIV H



Nota. Muestra el proceso de remoción del filtro para proceder a su respectiva limpieza.

Figura 20

Limpieza del filtro



Nota. Muestra el proceso de la limpieza del filtro de aceite del motor.

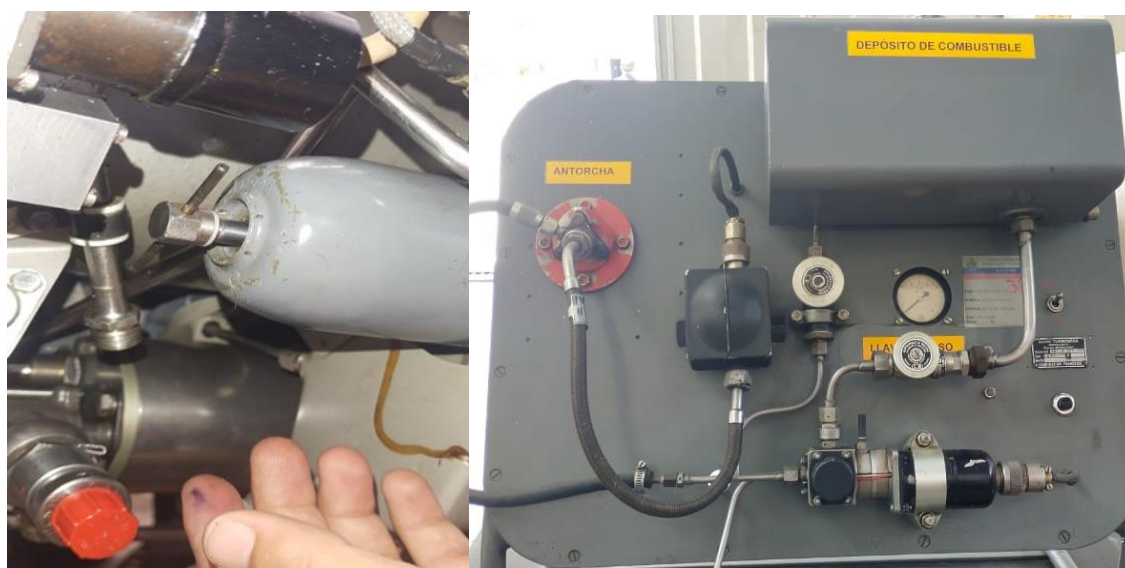
Para la instalación se procede a limpiar todos los componentes con un disolvente y se debe secar el cartucho del filtro con aire seco comprimido desde el interior hacia el exterior para no causar ningún daño al filtro. Se instala un nuevo O-ring, cubierto de

vaselina o grasa, se introduce el tornillo con una junta nueva en la tapa, se coloca el muelle, la copela y una nueva junta en el tornillo.

Colocamos el cartucho en la tapa, se unta la punta con vaselina o grasa y se introduce el tornillo contra el cartucho. Se instala el conjunto en la base y se atornilla el tornillo, en caso de requerirlo se utilizará una herramienta para dar ajuste al tornillo. Finalmente giramos media vuelta el botón de la válvula sacarlo de la orejeta de tope y dejar que tome su posición inicial. Se saca el recipiente debajo del drenaje y efectuamos la purga de la centralita de carburante y poner en marcha el motor. Mediante este proceso se verifica que no haya fugas.

Figura 21

Instalación del filtro de aceite y prueba de la antorcha del motor.



Nota. Muestra la instalación del filtro acorde al manual de mantenimiento del helicóptero, además de haber realizado en un banco de pruebas la funcionalidad de la antorcha, simulando su operación.

Medida del grado de dilución combustible en aceite Capítulo 72-80-1

El propósito de esta inspección es para detectar la presencia de combustible en el aceite lubricante del motor, esta presencia de combustible en el aceite se puede detectar

por el olor característico del aceite o debido al aumento del nivel de aceite en el tanque en el caso de una dilución más grande. Para llevar a cabo la medida de la dilución se puede realizar en un determinado punto, en este caso será el punto de inflamación, que vendría a ser un método de laboratorio o mediante el procedimiento que se describe a continuación que sería el método práctico.

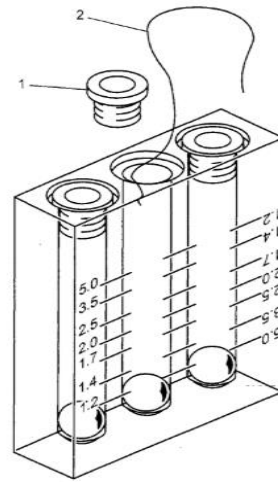
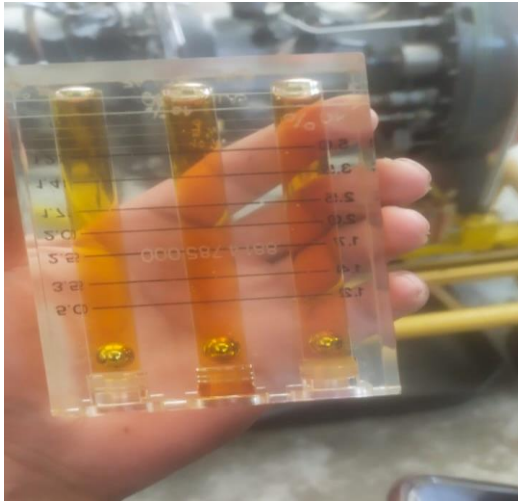
Esta inspección requiere de un indicador de viscosidad tipo bola y los siguientes materiales. Se necesita de aceite nuevo y el combustible utilizado en el motor, estas pruebas se realizarán para verificar el grado de dilución y así poder obtener un conocimiento previo de cómo se debe llevar a cabo respecto al manual de mantenimiento. Además, debemos tener en cuenta de usar mascarilla para no respirar los vapores del aceite y poner en riesgo la salud, además de contar con guantes y estar en un lugar abierto para evitar la acumulación de los vapores o gases que se pueden presentar al realizar el proceso de esta inspección.

El proceso inicia con el uso de un recipiente limpio en donde se debe preparar 10cm³ de la mezcla, una parte de combustible y 19 partes de aceite nuevo (dilución al 5%). En otro recipiente se prepara 1 parte combustible y 9 partes de aceite nuevo (dilución al 10%). Se procede a llenar los tubos de indicador de viscosidad en donde el primer tubo se mezcla al 5%, el segundo tubo con el aceite que se va a controlar y el último con la mezcla de 10%.

Luego se elimina las burbujas de aire, utilizamos un hilo de nailon como muestra la figura, 2 cm colocamos la tapa y tiramos de ella para que se cree un vacío y dejamos que las temperaturas se estabilicen durante un aproximado de 15 a 20 minutos. Luego comparamos la caída de la bola, inclinando dando a conocer la tasa de dilución. La relación es que entre 0 y 5% la bola número 2 del aceite a controlar cae más lento que las otras dos. Entre 5 y 10% la bola número 2 cae más rápido que la bola del casillero número uno y más lento que el 3. Mientras que más del 10% la bola del número dos cae más rápido que las demás.

Figura 22

Tubos de indicador de viscosidad



Nota. La figura muestra el cómo se llevó a cabo el proceso de medición de la relación de dilución de combustible/aceite.

Inspección distribuidor tercera etapa de la turbina Capítulo 72-50-1

El objetivo de la inspección de la guía de los alabes de la boquilla de la tercera etapa es detectar anomalías que requieran un overhaul del motor. Cabe destacar que esta operación debe realizarse cada 100 horas de operación del motor o después de un sobrecalentamiento de velocidad o si se escuchan ruidos anormales.

Para empezar, se retirará el tubo de escape y con la participación de dos técnicos de mantenimientos, es decir, uno en la cabina y otro en la parte trasera del motor. Se realizará una ventilación y se inspeccionará la tercera aleta de la guía de boquilla mediante una lámpara eléctrica. Impactos en los álabes, si se observan impactos en los álabes, esto indica un deterioro importante del motor. Grietas alrededor de las ranuras de expansión (1) (Figura 24), estas grietas son permitidas. Pueden extenderse de un borde a otro de la corona, a lo largo de la ranura. Pueden estar presentes estas ranuras, las cuales son las siguientes:

Astillas dentro de las ranuras de expansión (1) (ver Figura 24). Se permite una astilla (2) por ranura de longitud máxima de 10 mm y del ancho de la ranura. Astilla en los extremos de las ranuras de expansión (1) (Figura 24). Se permite una astilla (3) de 3 mm x 3 mm en los extremos de cada ranura. Una vez identificado los detalles de la inspección y haber verificado que los álabes no presenten ranuras o estén dentro de los límites se procede con la instalación del tubo de escape.

Figura 23

Tobera en la tercera etapa de la turbina.

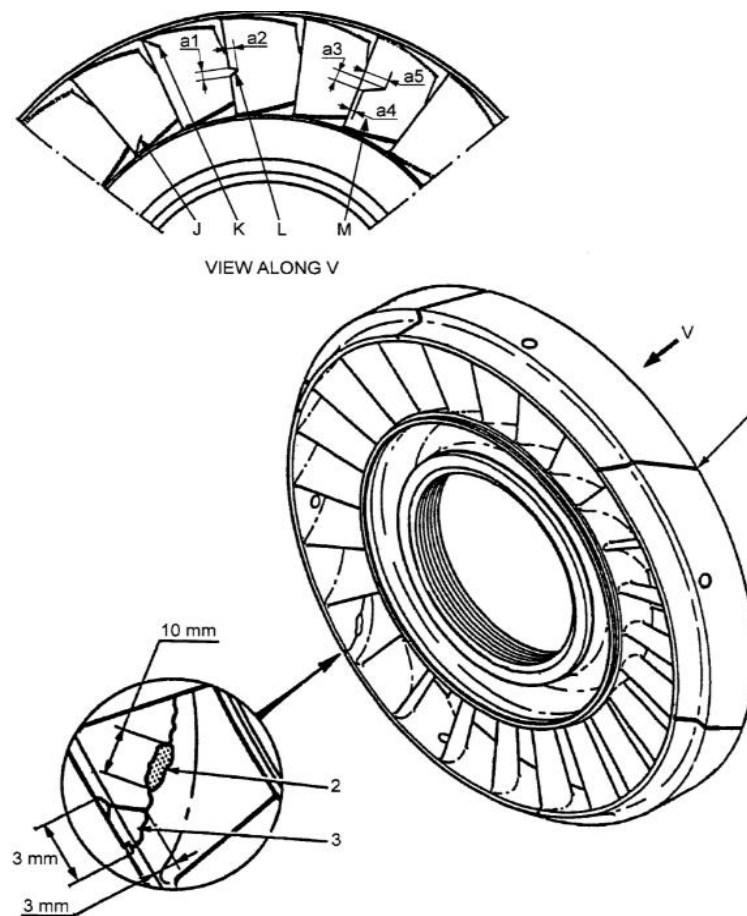


Nota. Muestra la inspección realizada en la tobera de la tercera etapa de la turbina.

Para finalizar con la inspección de esta tarea asignada por el manual de mantenimiento se siguieron todos los pasos necesarios como se mencionó anteriormente, verificando que no existan fallas y daños en los álabes de la turbina, al inspeccionar los alabes visualmente se concretó que no existían fallas y discrepancias, esto en base a los límites establecidos por el fabricante respecto a los álabes.

Figura 24

Tobera tercera etapa de turbina y parámetros requeridos.



Nota. Inspección de a tobera en la tercera etapa de la turbina, esta figura muestra la inspección y los parámetros requeridos respecto al manual del fabricante. Tomado de (Airbus Helicopter, 2018).

Inspección del cojinete posterior (ausencia de juego radial en los brazos al manipularlos) Capítulo 72-50-1

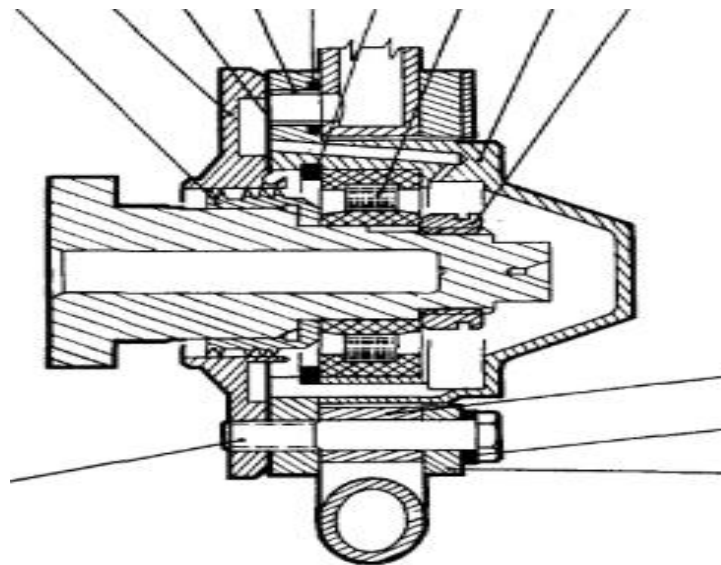
Este proceso está diseñado para evaluar y asegurar la integridad del cojinete trasero en el sistema de la aeronave. El término "ausencia de juego radial en los brazos al manipularlos" se refiere a la detección de cualquier movimiento o holgura inusual en los brazos del cojinete trasero cuando se manipulan manualmente. El cojinete posterior es una parte esencial del sistema de transmisión y soporte en el helicóptero Gazelle. Su correcto

funcionamiento es fundamental para mantener la estabilidad y el rendimiento del helicóptero durante la operación, durante la inspección, se busca identificar cualquier desgaste anormal, daño o desalineación en el cojinete trasero que pueda afectar su eficiencia o seguridad.

Se realiza una inspección visual detallada de los brazos del cojinete posterior en busca de signos de desgaste, daño o deformación. Cualquier indicio de fisuras, corrosión o daños en las superficies de contacto se registra para su posterior análisis. Al realizar esta tarea el motor debe estar horizontalmente para evitar cualquier caída de partes del motor, este debe realizarse en frío, además de deben mantener la seguridad y contar con los equipos necesarios. Este cojinete trasero consta de las siguientes partes.

Figura 25

Cojinete posterior



Nota. La imagen muestra el cuerpo del cojinete posterior. Tomado de (Airbus, 2022).

Cambio del filtro de combustible del bloque regulador Capítulo 73-20-1

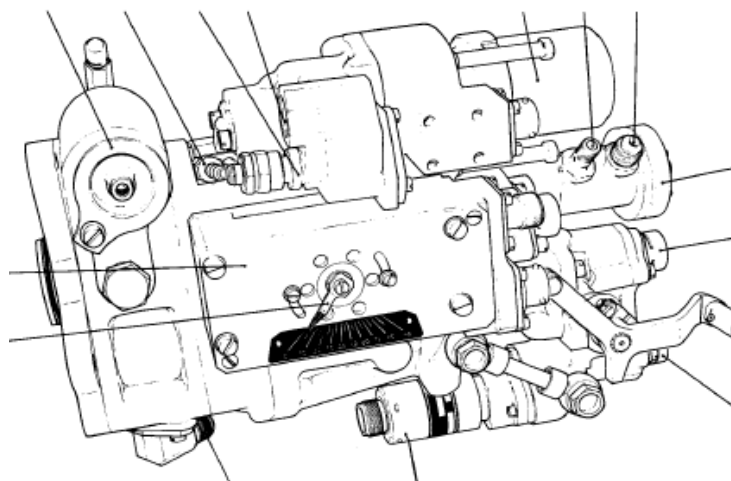
El filtro de combustible en el bloque regulador del helicóptero Gazelle SA 341L cumple un papel crucial al separar partículas y sedimentos del combustible, evitando que lleguen al motor y puedan obstruir inyectores y conductos.

Esta filtración efectiva garantiza la calidad del combustible que llega al motor, optimizando la eficiencia de la combustión y reduciendo el riesgo de fallos relacionados con la contaminación del combustible. El proceso de cambio del filtro de combustible en el bloque regulador del Gazelle SA 341L se lleva a cabo siguiendo un protocolo específico establecido por el fabricante y los estándares de mantenimiento de la aviación.

Acceso al Filtro, se identifica la ubicación del bloque regulador y se retiran las cubiertas o paneles necesarios para acceder al filtro de combustible, en el drenaje del sistema, se reduce la presión en el sistema de combustible y se drena el combustible restante en una cubeta aprobada. Extracción del Filtro, utilizando las herramientas adecuadas, se desconecta el filtro antiguo del sistema, teniendo cuidado de evitar derrames de combustible y se revisa el filtro a detalle y se instala el mismo. Este proceso contribuye a la protección del motor contra contaminantes, asegurando una combustión óptima y reduciendo el riesgo de fallos relacionados con la calidad del combustible. Una vez realizado todos los pasos mencionados se procede a instalar nuevamente el filtro de combustible dando por finalizado la inspección del filtro de combustible en el bloque regulador como menciona el manual de mantenimiento.

Figura 26

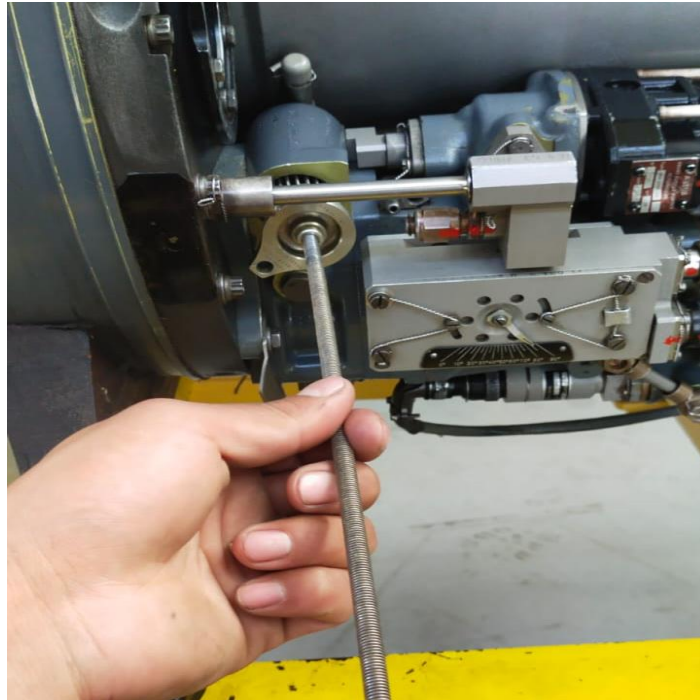
Bloque regulador



Nota. Muestra la vista de conjunto del bloque regulador. Tomado de (Airbus, 2022).

Figura 27

Desinstalación del filtro de combustible.



Nota. La figura indica la desinstalación del filtro de combustible del bloque regulador.

Figura 28

Limpieza filtro de combustible.



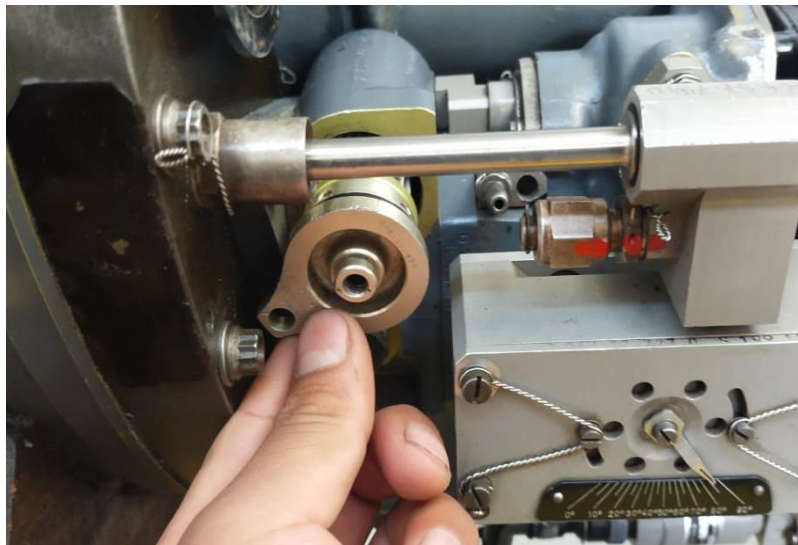
Nota. La figura muestra la limpieza del filtro de combustible y la composición de sus partes.

Una vez localizado el filtro de combustible en el motor Astazou. Por lo general, está cerca del sistema de combustible, localizamos las conexiones de las tuberías que están conectadas al filtro de combustible. Con mucho cuidado, se usa una herramienta adecuada para aflojar las abrazaderas que aseguran las tuberías al filtro. Una vez aflojadas las abrazaderas, retira suavemente las tuberías del filtro. Se procede a retirar los sujetadores que mantienen el filtro en su lugar y retiramos el filtro de combustible de su posición.

Se instala el nuevo filtro en la posición adecuada y aprieta los sujetadores de manera segura o en este caso como e menciono se utilizará el mismo filtro, se inspecciona toda la zona para asegurarte de que todo esté en su lugar y correctamente conectado y una vez limpio se procede a su instalación (ver Figura 29).

Figura 29

Instalación del filtro de combustible.



Nota. Muestra la instalación del filtro de combustible una vez ya realizado la limpieza correspondiente.

Al finalizar esta inspección de la remoción e instalación del filtro combustible se visualizó que el filtro estaba con suciedad, polvos, para ello se realizaron los procesos de

limpieza antes mencionados con el fin de mantener el filtro libre de partículas dañinas y que pueda cumplir su función normalmente que es evitar el paso de partículas extrañas.

Capítulo IV

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Se desarrolló la inspección de 125 horas o anual del motor Astazou XIV-H en el helicóptero Gazelle, al seguir las tareas designadas en el manual de mantenimiento, se contribuye significativamente a la preservación y durabilidad de los componentes críticos del motor, además al finalizar las tareas de inspección se realizó el respectivo venteo del motor, dando a conocer su funcionabilidad.
- Se recolecto la información técnica de forma detallada del manual de mantenimiento del motor, para llevar a cabo las tareas de mantenimiento de manera precisa y eficiente, la comprensión detallada de los procedimientos adecuados contribuye a realizar inspecciones rigurosas y garantizar un mantenimiento de alta calidad.
- Se realizó los procedimientos adecuados acorde al manual de mantenimiento y así asegurar la eficacia del mantenimiento que se llevó a cabo en el helicóptero. La adhesión estricta a los protocolos establecidos en el manual garantiza que cada tarea sea realizada de manera adecuada con los equipos y herramientas necesarias para evitar cualquier lesión que se puede presentar en el mantenimiento.
- Se ejecutó el proceso de inspección de 125 horas en el motor Astazou para prevenir el deterioro de los componentes y asegurar que se mantenga para el uso y la enseñanza de la misma, ya que estas inspecciones regulares proporcionan la oportunidad de identificar componentes o a la vez posibles fallas y tomar medidas correctivas, contribuyendo a la preservación del motor.

Recomendaciones

- Se recomienda proporcionar la capacitación continua al personal encargado a realizar las inspecciones de mantenimiento. Esto asegurará que estén actualizados con los procedimientos más recientes y cuenten con el conocimiento necesario para realizar las tareas de manera efectiva, además de contar con la información técnica correspondiente.
- Se sugiere establecer un sistema de registro digital o físico para documentar y hacer un seguimiento de las inspecciones realizadas en cada motor. Esto facilitará el monitoreo a lo largo del tiempo y ayudará a identificar patrones de desgaste o problemas recurrentes, cabe destacar que el uso de herramientas correctas facilitará el mantenimiento.
- Realizar los mantenimientos acordes a lo especificado por el fabricante ayuda a prevenir y a preservar los componentes del motor, para que la universidad de las fuerzas armadas pueda hacer uso de la misma para la correcta formación académica de los estudiantes.

Abreviaturas

A

Aeronave: Cualquier dispositivo con la capacidad de mantenerse en la atmósfera gracias a las fuerzas aéreas, excluyendo aquellas generadas por su interacción con la superficie terrestre.

Aeronavegabilidad: La combinación de características técnicas y cumplimiento normativo que debe poseer una aeronave para operar de manera segura en diferentes situaciones de vuelo.

B

Base Principal: Se define como el sitio en el cual el operador establece su centro de operaciones al que regularmente se asigna el miembro de la tripulación.

Base Secundaria: Se refiere al lugar donde el operador dispone de instalaciones auxiliares para operaciones y mantenimiento, además de sus centros de operaciones principales.

C

Cambio: Son las modificaciones realizadas en el diseño estándar antes de la emisión del Certificado Tipo.

Cambio Mayor: Se caracteriza por requerir la aprobación de la DGAC y debe tener un impacto significativo en aspectos como peso, equilibrio, resistencia estructural, rendimiento, funcionamiento del motor, cualidades de vuelo y otros atributos que influyen en la aeronavegabilidad.

Certificado de Aeronavegabilidad: documento público entregado por la DGAC, el cual certifica que en la fecha de emisión, la aeronave respaldada por dicho certificado está adecuada para operar de manera segura en concordancia con las condiciones relacionadas con su categoría y clasificación, según las limitaciones especificadas en su Certificado Tipo.

Componente: un conjunto, parte, artículo, pieza o elemento que constituye una aeronave, conforme a las directrices del fabricante. También incluye la estructura, motor, hélice o accesorio de manera ampliada.

D

DGAC: (Dirección General de Aviación Civil) Dependencia adscrita al Ministerio de Defensa Nacional, de la República del Ecuador, la cual para los efectos de las Regulaciones de Aviación Civil (RDAC), ejercerá la autoridad aeronáutica en la República del Ecuador; entiéndase a sí mismo como todas las dependencias y representantes adscritos a la mencionada dependencia.

E

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

I

Inspección: Es el acto de examinar una aeronave o componente de aeronave para establecer la conformidad con un dato de mantenimiento.

O

Revisión General (Overhaul). Desarme, limpieza, inspección, revisión, reparación, arme y ensayo de una aeronave, célula de aeronave, motor de aeronave, hélice, componente o accesorios, usando métodos, técnicas y prácticas aceptables para la DGAC de acuerdo con datos técnicos aprobados y aceptables para ésta (manuales del fabricante), desarrollados y documentados por titulares de certificado de tipo, certificado tipo suplementarios o de aprobaciones de fabricación de partes.

Glosario

A

AMM: Manual de mantenimiento de la Aeronave.

AD: Directriz de aeronavegabilidad

AAC: Autoridad de Aviación Civil del Ecuador

B

SB: Service bulletin

D

DGAC: Dirección General de Aviación Civil.

F

FAA: Administración Federal de Aviación de los EEUU.

FAR: Federal Aviation Regulations.

Ft: Pies

G

Gal: Galones

H

Hrs: Horas

HP: High pressure

S

SMS: Sistema de gestión de seguridad operacional.

Bibliografía

- Airbus. (2022). *Military support centres*. Airbus. <https://www.airbus.com>
- Airbus Helicopters. (1988). Maintenance Manual - (Gazelle). In *Gazelle Helicopter* (Vol.1). Direction Technique Support.
- Airliners. (2022). *Aerospatiale SA-341/342 Gazelle*. VerticalScope Inc. <https://www.airliners.net>
- Dirección general de aviación civil. (2012). *REGULACIONES TÉCNICAS DE AVIACIÓN CIVIL RDAC 145*. DAC. Chrome extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/<https://www.aviacioncivil.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/02/9-RDAC-145-Nueva-Edicio%CC%81n-Enmienda-5-30-Enero-2020.pdf>
- DGAC. (2018). *RESOLUCIÓN DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE AERONÁUTICA CIVIL DAN43*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2020/03/DAN_43.pdf
- DGAC. (2010). *RDAC PARTE 001 - Definiciones y abreviaturas*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/<https://www.aviacioncivil.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/06/1.-RDAC-Parte-00123-Mar-10-1.pdf>
- Helis. (1997). *Gazelle in Ejército Ecuatoriano*. <https://www.helis.com>
- Philip Graham. (2018). Tres formas de ensayos no destructivos para llevar la seguridad aeronáutica a lo más alto. <https://www.olympus-ims.com/es/insight/3-ways-ndt-helps-take-aircraft-safety-to-new-heights/>
- Saumeth,E. (2021). El Ejército Ecuatoriano se adiestra en ataque y reconocimiento con helicópteros Gazelle. <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3122247/ejercito-ecuadoriano-adiestra-ataque-reconocimiento-helicopteros-gazelle>
- Villalba J. (2017). *E-349 | Arospatiale SA 342L Gazelle | Ecuador - Army*. JetPhotos.

<https://www.jetphotos.com>

Wayne Handley. *Wayne Handley Aviation*. <https://waynehandley.com/>

Anexos