



**Rehabilitación del sistema hidráulico de acuerdo al manual de mantenimiento  
ATA 29 aplicable al helicóptero escuela Gazelle E-363 perteneciente a la ESAE**

Loachamín Ñacato, Dylan Danilo

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

22 de febrero del 2024

Latacunga

## Reporte de verificación de contenidos



### LOACHAMÍN ÑACATO DYLAN DANILO...

#### Scan details

Scan time:  
February 26th, 2024 at 12:35 UTC

Total Pages:  
43

Total Words:  
10689

#### Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	0.1%	12
Minor Changes	0.6%	63
Paraphrased	5.1%	550
Omitted Words	0%	0

#### AI Content Detection



Text coverage  
 AI text  
 Human text

#### Plagiarism Results: (5)

[Sistema Hidraulico Bell 212 - PDFCOFFEE.COM](https://pdfcoffee.com/sistema-hidraulico-beli-212-pdf-free.html) 2.9%

<https://pdfcoffee.com/sistema-hidraulico-beli-212-pdf-free.html>

Guest

Email: [email protected] Login Register English Deutsch Español Français Português Hom...

[116. Helicóptero: Sistema Hidráulico - Hydraulics](https://www.aprendamos-aviacion.com/2021/12/helicoptero-sistema-hidraulico.html) 2.6%

<https://www.aprendamos-aviacion.com/2021/12/helicoptero-sistema-hidraulico.html>

Aprendamos Aviacion Aprendamos Aviacion A2 ...

[Mareos después de comer. ¿Cuál puede ser su causa? - Vilardell Digest](https://vilardellidigest.com/blog/mareos-despues-de-comer/) 0.3%

<https://vilardellidigest.com/blog/mareos-despues-de-comer/>

Acceso profe...

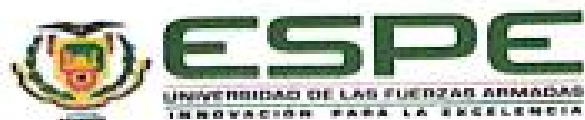
[Masajes para el estrés: conoce sus beneficios | Deusto Salud](https://www.deustosalud.com/blog/terapias-manuales/masajes-estres) 0.3%

<https://www.deustosalud.com/blog/terapias-manuales/masajes-estres>

...



JONATHAN RAFAEL  
MURITA CAISAGUANO



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**

**Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica**

### **Certificación**

Certifico que la monografía: "Rehabilitación del sistema hidráulico de acuerdo al manual de mantenimiento ATA 29 aplicable al helicóptero escuela Gazelle E-363 perteneciente a la ESAE" fue realizado por el señor Loachamín Ñacato, Dylan Danilo; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, 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, 22 de febrero de 2024**

Firma:

**Tigo. Zurita Chiseguan, Jonathan Raphael**

**C. C: 0503068660**



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

**Responsabilidad de Autoría**

Yo, Loachamín Ñacato, Dylan Danilo, con cédula de ciudadanía N° 1727683342, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **Rehabilitación del sistema hidráulico de acuerdo al manual de mantenimiento ATA 29 aplicable al helicóptero escuela Gazelle E-363 perteneciente a la ESAE 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, 22 de febrero de 2024**

Firma

.....  
Loachamín Ñacato, Dylan Danilo

C. C: 1727683342



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**

**Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica**

**Autorización de Publicación**

Yo Loachamín Ñacato, Dylan Danilo, con cédula de ciudadanía N° 1727683342, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **Título: Rehabilitación del sistema hidráulico de acuerdo al manual de mantenimiento ATA 29 aplicable al helicóptero escuela Gazelle E-363 perteneciente a la ESAE en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/uestra responsabilidad.**

**Latacunga, 22 de febrero de 2024**

Firma

Loachamín Ñacato, Dylan Danilo

C. C: 1727683342

### **Dedicatoria**

Dedico el presente proyecto de tesis con mucho afecto a mis padres, quienes mediante el ejemplo de ellos me inculcaron valores fundamentales para no equivocarme de rumbo a mis objetivos y son la fuente principal que me impulsa a seguir hacia adelante para conseguir mis metas. Su guía y aliento han sido el faro que me ha iluminado en los momentos oscuros de este camino hacia la culminación de este proyecto. El presente proyecto de tesis se lo dedico a mi hermano, quien a pesar de su corta edad ha sido mi compañero de aventuras, mi confidente y mi fuente inagotable de apoyo y motivación. A lo largo de mi trayectoria académica, sus palabras de aliento y su presencia constante han sido mi ancla en los momentos de duda y desafío. Este proyecto de tesis está dedicado a ti, en reconocimiento a la inspiración que has sido para mí y al vínculo indestructible que compartimos. A mis estimados docentes, por su dedicación, sabiduría y orientación experta a lo largo de este trayecto académico. Su enseñanza ha sido fundamental en mi formación y desarrollo de mi trayectoria universitaria. Este trabajo está dedicado a ustedes, en reconocimiento a su invaluable influencia en mi vida y carrera.

**Loachamín Ñacato, Dylan Danilo**

### **Agradecimiento**

En primer lugar, agradezco a Dios por concederme la vida y guiarme por el camino correcto, a mis padres por su apoyo, por haberme dado la oportunidad de estudiar y siempre haberme guiado a seguir el camino correcto para lograr ser una persona de bien, por estar siempre en todos los momentos de mi vida sin importar si son buenos o malos. A la universidad de las Fuerzas Armada "ESPE" sede Latacunga Campus Belisario Quevedo y a sus docentes por sus invaluable conocimientos impartidos en la trayectoria de mi carrera. De manera especial al Tlgo. Jonathan Zurita por su guía y su apoyo en la realización del presente trabajo de tesis

**Loachamín Ñacato, Dylan Danilo**

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

<b>Carátula .....</b>	<b>1</b>
<b>Reporte de verificación de contenidos .....</b>	<b>2</b>
<b>Certificación .....</b>	<b>3</b>
<b>Responsabilidad de Autoría .....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización de Publicación .....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>6</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>7</b>
<b>Índice de contenidos .....</b>	<b>8</b>
<b>Índice de figuras .....</b>	<b>13</b>
<b>índice de tablas .....</b>	<b>16</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>17</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>18</b>
<b>Capítulo I: Planteamiento del problema de investigación .....</b>	<b>19</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>19</b>
<b>Planteamiento del problema .....</b>	<b>20</b>
<b>Justificación e Importancia .....</b>	<b>21</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>22</b>
<b><i>Objetivo general</i> .....</b>	<b>22</b>
<b><i>Objetivos específicos</i> .....</b>	<b>22</b>
<b>Alcance .....</b>	<b>22</b>
<b>Capítulo II: Marco teórico .....</b>	<b>23</b>



<b>Helicóptero Gazelle E-363</b> .....	<b>23</b>
<b>Tipo de helicóptero Gazelle E-363</b> .....	<b>25</b>
<b>Sistemas principales del helicóptero Gazelle E-363E</b> .....	<b>31</b>
<i>Sistema de transmisión</i> .....	<b>31</b>
<b>Transmisión del rotor principal</b> .....	<b>32</b>
<b>Embrague</b> .....	<b>32</b>
<b>Transmisión de correa</b> .....	<b>33</b>
<b>Embrague centrífugo</b> .....	<b>34</b>
<b>Sistema de combustible</b> .....	<b>35</b>
<b>Sistema de suministro de combustible</b> .....	<b>35</b>
<b>Sistema de control de combustible</b> .....	<b>37</b>
<b>Inyección de combustible</b> .....	<b>38</b>
<b>Sistema eléctrico</b> .....	<b>38</b>
<b>Sistema hidráulico</b> .....	<b>40</b>
<b>Motor del Gazelle E-363</b> .....	<b>42</b>
<b>Unidad turbomotor</b> .....	<b>44</b>
<b>Características</b> .....	<b>44</b>
<b>Componentes del motor</b> .....	<b>45</b>
<b>Rotor principal</b> .....	<b>47</b>
<b>Rotor de cola</b> .....	<b>47</b>
<b>BTP</b> .....	<b>50</b>

<b>Sistema hidráulico .....</b>	<b>51</b>
<b>Precauciones .....</b>	<b>54</b>
<b>Sistemas que ocupan sistema hidráulico en un helicóptero .....</b>	<b>55</b>
<b>Componentes de un sistema hidráulico .....</b>	<b>57</b>
<b>Bomba hidráulica .....</b>	<b>57</b>
<b>Depósito de fluido hidráulico .....</b>	<b>58</b>
<b>Fluido hidráulico MILH 5606 .....</b>	<b>59</b>
<b>Válvulas de control .....</b>	<b>60</b>
<i>Válvula de alivio .....</i>	<i>60</i>
<i>Válvula solenoide .....</i>	<i>60</i>
<i>Válvula shut off operada por presión .....</i>	<i>60</i>
<i>Válvula check operada por presión .....</i>	<i>61</i>
<i>Electroválvulas .....</i>	<i>61</i>
<b>Servo controles hidráulicos .....</b>	<b>61</b>
<b>Actuadores hidráulicos .....</b>	<b>65</b>
<b>Cañerías hidráulicas .....</b>	<b>65</b>
<b>Filtros .....</b>	<b>66</b>
<b>Acumuladores .....</b>	<b>67</b>
<b>Indicadores y sensores .....</b>	<b>68</b>
<b>Tipos de inspecciones en un sistema hidráulico .....</b>	<b>69</b>
<i>Inspección visual diaria .....</i>	<i>69</i>

<i>Inspecciones de 100 horas o 12 meses calendario</i> .....	69
<i>Inspecciones de 25 horas o 30 días calendario</i> .....	70
<i>Cada 1000 horas de los componentes de operación</i> .....	70
<b>Mantenimiento del sistema hidráulico</b> .....	70
<b>Capítulo III: Desarrollo del tema</b> .....	72
<b>Descripción general</b> .....	72
<b>Preparación del área de trabajo</b> .....	73
<b>Limpieza de los componentes del sistema hidráulico</b> .....	73
<b>Chequeo operacional inicial y evaluación del sistema</b> .....	74
<b>Adquisición de componentes del sistema hidráulico</b> .....	75
<b>Instalación del acumulador hidráulico</b> .....	76
<b>Instalación del servocontrol hidráulico</b> .....	76
<b>Instalación de cañerías hidráulicas</b> .....	77
<b>Chequeo operacional intermedio</b> .....	79
<b>Instalación del motor eléctrico</b> .....	79
<b>Remoción del block hidráulico</b> .....	80
<b>Inspección final y chequeo operacional</b> .....	81
<b>Capítulo IV: Conclusiones y recomendaciones</b> .....	82
<b>Conclusiones</b> .....	82
<b>Recomendaciones</b> .....	83
<b>Glosario</b> .....	84

<b>Bibliografia .....</b>	<b>86</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>87</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Gazelle de los años 80</i> .....	23
<b>Figura 2</b> <i>Gazelle armado con cohetera</i> .....	24
<b>Figura 3</b> <i>Helicóptero Gazelle</i> .....	26
<b>Figura 4</b> <i>Flota de Helicópteros Gazelle</i> .....	26
<b>Figura 5</b> <i>Helicóptero Gazelle armado con misiles antitanque</i> .....	29
<b>Figura 6</b> <i>Helicóptero Gazelle armado con una cohetera de siete tubos</i> .....	30
<b>Figura 7</b> <i>Sistemas Principales de un Helicóptero</i> .....	31
<b>Figura 8</b> <i>Transmisión del Rotor Principal</i> .....	32
<b>Figura 9</b> <i>Transmisión de Correa de un Helicóptero</i> .....	33
<b>Figura 10</b> <i>Sistema de combustible típico por gravedad de un Helicóptero</i> .....	35
<b>Figura 11</b> <i>Sistema de inyección de combustible de un helicóptero</i> .....	36
<b>Figura 12</b> <i>Sistema de Combustible de un Helicóptero</i> .....	37
<b>Figura 13</b> <i>Diagrama Esquemático del sistema eléctrico de un Helicóptero</i> .....	38
<b>Figura 14</b> <i>Sistema hidráulico típico de un Helicóptero</i> .....	40
<b>Figura 15</b> <i>Localización de los sistemas principales de un Helicóptero</i> .....	41
<b>Figura 16</b> <i>Turbo Motor ASTAZAU del Helicóptero Gazelle</i> .....	43
<b>Figura 17</b> <i>Componentes del Turbo Motor ASTAZAU del Helicóptero Gazelle</i> .....	44
<b>Figura 18</b> <i>Turbo Motor ASTAZAU del Helicóptero Gazelle</i> .....	45
<b>Figura 19</b> <i>Rendimiento Garantizado en el Freno Hidráulico Turbo Motor ASTAZAU</i> .....	45
<b>Figura 20</b> <i>Enfriador del Motor ASTAZOU XIV del Helicóptero Gazelle</i> .....	46
<b>Figura 21</b> <i>Unidad de Accionamiento del Rotor Principal del Helicóptero Gazelle</i> .....	47

<b>Figura 22</b> <i>Rotor de Cola del Helicóptero Gazelle</i> .....	48
<b>Figura 23</b> <i>Estructura del Rotor de Cola del Helicóptero Gazelle</i> .....	48
<b>Figura 24</b> <i>Ensamblaje del rotor de cola del Helicóptero Gazelle</i> .....	49
<b>Figura 25</b> <i>Dibujo del Cubo del Rotor del Helicóptero Gazelle</i> .....	50
<b>Figura 26</b> <i>Helicóptero Gazelle</i> .....	50
<b>Figura 27</b> <i>Esquema sistema hidráulico del Helicóptero Gazelle</i> .....	51
<b>Figura 28</b> <i>Presentación de sistema hidráulico del helicóptero Gazelle</i> .....	53
<b>Figura 29</b> <i>Presentación de sistema hidráulico del helicóptero Gazelle</i> .....	54
<b>Figura 30</b> <i>Sistema Hidráulico en un helicóptero</i> .....	56
<b>Figura 31</b> <i>Bomba hidráulica del sistema del Helicóptero Gazelle</i> .....	57
<b>Figura 32</b> <i>Block Hidráulico del Helicóptero Gazelle</i> .....	58
<b>Figura 33</b> <i>Válvula para fluido hidráulico</i> .....	59
<b>Figura 34</b> <i>Electroválvula</i> .....	61
<b>Figura 35</b> <i>Partes del servo mando del Helicóptero Gazelle</i> .....	62
<b>Figura 36</b> <i>Elementos Interiores del Servo Mando del Helicóptero Gazelle</i> .....	64
<b>Figura 37</b> <i>Actuador Hidráulico para Helicóptero</i> .....	65
<b>Figura 38</b> <i>Tuberías rígidas y flexibles</i> .....	66
<b>Figura 39</b> <i>Acumulador</i> .....	67
<b>Figura 40</b> <i>Preparación del área de trabajo</i> .....	73
<b>Figura 41</b> <i>Limpieza de los componentes del sistema hidráulico</i> .....	74
<b>Figura 42</b> <i>Limpieza de los componentes del sistema hidráulico</i> .....	75

<b>Figura 43</b> <i>Adquisición de componentes del sistema hidráulico</i> .....	75
<b>Figura 44</b> <i>Instalación del acumulador hidráulico</i> .....	76
<b>Figura 45</b> <i>Instalación del servocontrol hidráulico</i> .....	77
<b>Figura 46</b> <i>Instalación de cañerías hidráulicas</i> .....	78
<b>Figura 47</b> <i>Conexión de bombas, válvulas y actuadores</i> .....	78
<b>Figura 48</b> <i>Instalación del motor eléctrico</i> .....	79
<b>Figura 49</b> <i>Remoción del block hidráulico</i> .....	80
<b>Figura 50</b> <i>Ubicación a ser conectado el conjunto motor-block hidráulico</i> .....	81
<b>Figura 51</b> <i>Inspección final y chequeo operacional</i> .....	81

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> <i>Historia del helicóptero SA342L Gazelle .....</i>	24
<b>Tabla 2</b> <i>Historia del helicóptero SA342L Gazelle en el Ejército Ecuatoriano .....</i>	27
<b>Tabla 3</b> <i>Indicadores y sensores en el sistema hidráulico en el Helicóptero SA342L Gazelle ....</i>	68



## Resumen

La rehabilitación del sistema hidráulico del helicóptero de entrenamiento Gazelle E-363 es de suma importancia para garantizar su seguridad operativa y eficacia en el cumplimiento de sus funciones. En primer lugar, se realiza una exhaustiva revisión de la documentación técnica, incluyendo el Manual de Mantenimiento ATA 29 proporcionado por la ESAE. Este manual proporciona las directrices y procedimientos específicos para el mantenimiento y rehabilitación del sistema hidráulico de acuerdo con los estándares internacionales. Posteriormente, se procede a realizar una inspección visual meticulosa de los componentes del sistema hidráulico, siguiendo estrictamente los procedimientos establecidos en los manuales de la aeronave. Esta inspección tiene como objetivo identificar cualquier anomalía, defecto o desgaste en los componentes, con el fin de corregirlos adecuadamente y garantizar el óptimo funcionamiento del sistema. Una vez completada la inspección visual, se lleva a cabo un chequeo operativo completo de los componentes del sistema hidráulico. Este chequeo incluye pruebas de funcionamiento en condiciones reales, con el propósito de verificar que todos los componentes operen dentro de los parámetros definidos por el fabricante y asegurar una rehabilitación satisfactoria del sistema en su conjunto. En resumen, el proyecto técnico busca proporcionar una guía detallada y práctica para la rehabilitación del sistema hidráulico del helicóptero Gazelle E-363 de la ESAE y respaldada por una rigurosa recopilación de información técnica y una meticulosa inspección visual y operativa de los componentes.

*Palabras clave:* Helicóptero Gazelle E-363, rehabilitación del sistema hidráulico, ESAE, ATA 29.

### **Abstract**

The rehabilitation of the hydraulic system of the Gazelle E-363 training helicopter is of utmost importance to ensure its operational safety and efficiency in the performance of its functions. First, a thorough review of the technical documentation is performed, including the ATA 29 Maintenance Manual provided by ESAE. This manual provides specific guidelines and procedures for the maintenance and rehabilitation of the hydraulic system in accordance with international standards. Subsequently, a meticulous visual inspection of the hydraulic system components is performed, strictly following the procedures established in the aircraft manuals. The purpose of this inspection is to identify any anomaly, defect or wear in the components, in order to correct them properly and guarantee the optimum operation of the system. Once the visual inspection is completed, a complete operational check of the hydraulic system components is carried out. This check includes functional tests in real conditions, with the purpose of verifying that all components operate within the parameters defined by the manufacturer and to ensure a satisfactory rehabilitation of the system as a whole. In summary, the technical project seeks to provide a detailed and practical guide for the rehabilitation of the hydraulic system of ESAE's Gazelle E-363 helicopter, supported by a rigorous collection of technical information and a meticulous visual and operational inspection of the components.

*Key words:* Gazelle E-363 helicopter, rehabilitation of the hydraulic system, ESAE, ATA

## Capítulo I

### Planteamiento del problema de investigación

#### Antecedentes

La Brigada de Aviación del Ejército N°15 "Paquisha", integrante de las Fuerzas Armadas del Ecuador, opera en conjunto con el Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército, conocido como CEMAE. Este centro, reconocido por sus capacidades técnicas, está habilitado para realizar una variedad de mantenimientos, incluyendo el preventivo, correctivo, restaurativo, a nivel organizacional, de campo y de depósito, según su amplia lista de habilidades.

Dentro del arsenal de la Brigada N°15 BAE Paquisha se encuentra el helicóptero GAZELLE E-363, una aeronave ligera diseñada específicamente para operaciones militares. Este modelo, producido en los años sesenta por los fabricantes Aérospatiale y Westland Aircraft, fue introducido en la aviación militar en 1973. Con una capacidad de carga interna de 200 Kg, puede albergar una tripulación de hasta tres personas, compuesta por piloto, copiloto y mecánico a bordo, así como de dos a un máximo de tres pasajeros, aunque esta capacidad puede verse afectada por factores como la temperatura, cantidad de combustible y altitud del aeródromo.

Es importante destacar que el sistema hidráulico del helicóptero, crucial para el funcionamiento óptimo de los rotores principales y de cola, actualmente se encuentra inoperativo. Esta situación impacta negativamente en la operatividad de la aeronave. Por ende, resulta imperativo realizar la rehabilitación de este sistema para garantizar su correcto funcionamiento y prolongar su vida útil.

## **Planteamiento del problema**

Para garantizar la operatividad y la seguridad de una aeronave, es esencial que se mantenga en óptimas condiciones y cumpla con los requisitos de aeronavegabilidad. En este sentido, al llevar a cabo tareas de mantenimiento, es crucial seguir las indicaciones proporcionadas por el manual del fabricante y tomar las precauciones necesarias para rehabilitar el sistema hidráulico del helicóptero GAZELLE E-363.

La necesidad de rehabilitar el sistema hidráulico surge debido a la inoperabilidad del helicóptero durante varios años. Esto implica llevar a cabo una inspección exhaustiva de los diversos componentes del sistema y sus presiones, convirtiendo el servicio y mantenimiento en un proceso continuo. Es fundamental realizar estas inspecciones de manera minuciosa, asegurándose de limpiar todas las superficies para detectar posibles anomalías en la aeronave.

Al realizar un mantenimiento adecuado de los componentes del sistema, especialmente del sistema hidráulico, siguiendo los procedimientos documentados y utilizando las herramientas y equipos adecuados, se reducirán las probabilidades de fallos del sistema y se garantizará su correcto funcionamiento. Esto, a su vez, mejorará la seguridad y la confiabilidad del helicóptero GAZELLE E-363.

La rehabilitación del sistema y un mantenimiento adecuado también pueden prolongar la vida útil de los componentes, reducir los costos de reparación y minimizar los tiempos de inactividad de la aeronave. Esto se traduce en un mayor rendimiento y productividad en el ámbito aeronáutico, específicamente en el caso del helicóptero GAZELLE E-363.

## **Justificación e Importancia**

La rehabilitación del sistema hidráulico del helicóptero de entrenamiento GAZELLE E-363 conlleva una serie de beneficios sustanciales en términos de seguridad y fiabilidad operativa. Al seguir los procedimientos detallados en la documentación técnica y emplear las herramientas y equipos necesarios para inspeccionar y reparar los componentes del sistema hidráulico, se asegurará el funcionamiento óptimo del sistema, disminuyendo así las posibilidades de fallos en los sistemas críticos de la aeronave y, en última instancia, mejorando su seguridad.

Los principales beneficiarios de este proyecto serán el Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército (CEMAE) y, por extensión, las personas que utilizan la aeronave. La correcta rehabilitación del sistema hidráulico garantizará la seguridad y fiabilidad del helicóptero, proporcionando un entorno de trabajo seguro tanto para estudiantes como para personal técnico durante las operaciones de mantenimiento.

Esta iniciativa también facilitará la identificación y aplicación de procedimientos específicos para el mantenimiento adecuado del sistema hidráulico, lo que beneficiará a estudiantes y técnicos al garantizar que puedan realizar tareas de mantenimiento con excelencia y mantener la seguridad operativa del helicóptero GAZELLE E-363.

El proyecto es viable gracias a la disponibilidad de documentación técnica actualizada, instalaciones adecuadas y herramientas proporcionadas por la brigada (CEMAE), así como al personal técnico capacitado en el helicóptero GAZELLE E-363. Esta combinación de recursos y experiencia asegura la realización exitosa de la rehabilitación del sistema hidráulico, promoviendo la seguridad y la fiabilidad operativa de la aeronave.

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

Realizar la rehabilitación del sistema hidráulico de acuerdo al Manual de Mantenimiento ATA 29 aplicable al sistema hidráulico del helicóptero escuela Gazelle E-363, perteneciente a la ESAE.

### ***Objetivos específicos***

- Recopilar información técnica y comprender los procedimientos necesarios para la rehabilitación del sistema hidráulico del helicóptero de entrenamiento Gazelle E-363, con el objetivo de garantizar una rehabilitación precisa y efectiva.
- Llevar a cabo una inspección visual meticulosa de los componentes del sistema hidráulico siguiendo los procedimientos establecidos en los manuales de la aeronave, con el propósito de identificar y corregir cualquier anomalía para asegurar su óptimo funcionamiento.
- Realizar un chequeo operativo completo de los componentes del sistema hidráulico del helicóptero de entrenamiento Gazelle E-363, con el fin de verificar su operatividad dentro de los parámetros definidos por el fabricante y asegurar una rehabilitación satisfactoria del sistema.

### **Alcance**

Este proyecto tiene como alcance la rehabilitación del sistema hidráulico del helicóptero GAZELLE E-363 perteneciente a la Escuela de Aviación del Ejército Capitán Fernando Vásconez (ESAE), el mismo que está ubicado en Sangolquí, la Balbina, 15 BAE PAQUISHA.

## Capítulo II

### Marco teórico

#### Helicóptero Gazelle E-363

El helicóptero Gazelle SA342L con matrícula E – 363, llegó a Ecuador en una flota de 10 aeronaves entre febrero y marzo de 1986, dotados de la capacidad para lanzar misiles anti ataque HOT, gracias a los buenos resultados y a la necesidad de ampliar la capacidad de la fuerza del Ejército Ecuatoriano (*Gazelle in Ejército Ecuatoriano*, s. f.).

#### Figura 1

*Gazelle de los años 80*



*Nota.* Gazelle de los años 80. Tomado de <https://es.scribd.com>

Todos los Gazelle entregados al Ejército Ecuatoriano poseían capacidad para portar armamento, en soportes a los lados del fuselaje. Los aparatos de los primeros dos lotes normalmente eran artillados con Twin MAG Pods con dos ametralladoras MAG de 7,62 mm cada uno, o un lanzacohetes por cada lado, que podían ser sistemas SNEB de origen francés, de seis tubos de 68 mm, o de 70 mm en lanzadores de siete o doce tubos.

## Figura 2

*Gazelle armado con cohetera*



*Nota.* Gazelle armado con cohetera SNEB de 68 mm. Tomado de <https://es.scribd.com>.

El tercer lote tenía la citada capacidad de lanzar misiles antitanques filoguiados HOT, para lo cual poseían un sistema de mira en la parte superior de la cabina, arriba del puesto del copiloto, que era quien oficiaba de apuntador y disparador de los misiles. Los misiles no solo estaban pensados para emplearse contra tanques enemigos, sino también contra otros blancos como construcciones y otros tipos de vehículos. (*Revista Pucara Nro 19 | PDF | Avión de combate | General Dynamics F 16 Fighting Falcon, s. f.*)

### Tabla 1

*Historia del helicóptero SA342L Gazelle*

<b>Aérospatiele SA342L Gazelle en el Ejército Ecuatoriano</b>			
<b>Matrícula</b>	<b># Serie</b>	<b>Ordenado</b>	<b>Notas</b>
E-339	1888	1979	Tuvo un accidente en 2007. Permanece almacenado en GAE 45 sin el botalón de cola.
E-340	1886	1979	Perdido en un accidente el 2-2-96 en Napo River, Coca, uno muerto.
E-341	1979		Perdido en un accidente el 19-9-86 en Sucumbíos.



<b>Aéropatiale SA342L Gazelle en el Ejército Ecuatoriano</b>			
<b>Matrícula</b>	<b># Serie</b>	<b>Ordenado</b>	<b>Notas</b>
E-342	1891	1979	Perdido en un accidente el 1-9-08 en Valle Hermoso, cerca de Portoviejo. Cinco ocupantes muertos.
E-343	1875	1979	Tuvo una colisión en el aire el 24-1-07 con el E-360. Todos los ocupantes muertos, incluida la ministra de Defensa ecuatoriana.
E-344	1423	1979	Vendido a Flying Legend Warbirds de Sudáfrica en 1997, se convirtió en ZURMZ.
E-345	1425	1979	Se estrelló cerca del río Napo, un muerto
E-346	1876	1981	Almacenado en el GAE 45 en Quito
E-347	1427	1979	Vendido a Flying Legend Warbirds de Sudáfrica en 1997. Se convirtió en ZURMW.
E-348		1979	Perdido en un accidente el 10-12-84 en Sanguangal, un muerto.
E-349, A.E.E.-349	1437	1979	Almacenado en el GAE 43
E-350, A.E.E.-350	1438	1979	Almacenado en el GAE 43.
E-351	1426	1979	Operativo al menos hasta el año 2000.
E-352	1434	1979	Vendido a Flying Legend Warbirds de Sudáfrica en 1997. Se convirtió en ZURMV.
E-353		1981	Perdido en un accidente el 1-8-82.
E-354	1880	1986	Equipado para misiles HOT. Operativo al menos hasta 2009.
E-355	1879	1981	Tuvo un accidente el 26-9-08. En la Escuela Militar de Aviación.

*Nota.* Esta tabla muestra la historia del SA342L Gazelle.

### **Tipo de helicóptero Gazelle E-363**

El helicóptero Gazelle con matrícula E – 363, número de serie 2068 y ordenado en el año 1986, está equipado para misiles HOT. Tuvo un accidente el 06 de mayo del 2008, y se encuentra actualmente almacenado en el GAE 45 en Quito (*Ecuadorian Army Aviation, s. f.*).

**Figura 3***Helicóptero Gazelle*

*Nota.* Helicóptero Gazelle. Tomado de: <https://es.scribd.com/document/684834457/Revista-Pucara-nro-19>

Fueron los primeros helicópteros de combate empleados por el Ejército Ecuatoriano para reconocimiento, ataque, anti – ataque, anti – helicóptero, ataque contra otros blancos de superficie, transporte y entrenamiento. (Revista Pucara Nro 19 | PDF | Avión de combate | General Dynamics F 16 Fighting Falcon, s. f.)

**Figura 4***Flota de Helicópteros Gazelle.*

*Nota.* Esta figura muestra una Flota de Helicópteros Gazelle. Tomado de

<https://es.scribd.com/document/684834457/Revista-Pucara-nro-19>

**Tabla 2**

*Historia del helicóptero SA342L Gazelle en el Ejército Ecuatoriano*

<b>Aérospatiale SA342L Gazelle en el Ejército Ecuatoriano.</b>			
<b>Matrícula</b>	<b># Serie</b>	<b>Ordenado</b>	<b>Notas</b>
E-356	1881	1981	Vendido a Flying Legend Warbirds de Sudáfrica en 1997. Se convirtió en ZURNB.
E-357	1882	1981	Operativo al menos hasta 2012. Tuvo un accidente en Longi, cerca de Quito, en una fecha desconocida. Como monumento de la puerta en BAE 15 Paquisha.
E-358	1883	1981	Operativo al menos hasta 2012. Conservado en Latacunga con la matrícula falsa E-340.
E-359	1884	1981	En 2008 fue dañado y almacenado. Ahora como un monumento cerca del aeropuerto de Gualaquiza.
E-360	1885	1979	Tuvo una colisión en el aire el 24-1-07 con el E-343. Todos los ocupantes muertos, incluida la ministra de Defensa ecuatoriana.
E-361	1886	1979	Perdido en un accidente el 26-4-89 en Pintag, Quito, 3 muertos.
E-362	1887	1981	Vendido a Flying Legend Warbirds de Sudáfrica en 1997. Se convirtió en ZURMX. El botelón de cola original está en GAE 45 en Quito.
E-363, A.E.E.-363	2068	1986	Equipado para misiles HOT. Tuvo un accidente el 6-5-08. Almacenado en el GAE 45 en Quito
E-364	2073	1979	Operativo al menos hasta el año 2000.
E-365	2074	1979	Tuvo un accidente el 26-11-96 en Manabí. Permanece abandonado en un bosque en las instalaciones del GAE 43.

<b>Aéropatiale SA342L Gazelle en el Ejército Ecuatoriano.</b>			
<b>Matrícula</b>	<b># Serie</b>	<b>Ordenado</b>	<b>Notas</b>
E-366, A.E.E.-366	2080	1986	Equipado para misiles HOT. Almacenado en el GAE 43.
E-367	2085	1986	Equipado para misiles HOT. En la Universidad de las Fuerzas Armadas para instrucción con el botalón de cola de otro ejemplar, posiblemente el E-339. El botalón original también se conserva en la universidad.
E-368	2086	1986	Equipado para misiles HOT. En la Escuela Superior Militar Eloy Alfaro
E-369, A.E.E.-369	2098	1979	Tuvo un accidente el 20-9-92 en Aloag, Quito. Como monumento en la entrada del cuartel de Portoviejo.
E-370	2110	1986	Equipado para misiles HOT. Almacenado en el GAE 45 en Quito.
E-371	5011	1986	Equipado para misiles HOT. Vendido a Flying Legend Warbirds de Sudáfrica en 1997. Se convirtió en ZU-RMY
E-372	5012	1986	Equipado para misiles HOT. Almacenado en el GAE 45 en Quito.
E-373, A.E.E.-373	5013	1986	Equipado para misiles HOT. Todavía en servicio.
E-374, A.E.E.-374	5014	1986	Equipado para misiles HOT. Tuvo un accidente en Portoviejo el 12 de marzo de 2022. Restos almacenados.

*Nota.* Esta tabla muestra la historia del Helicóptero SA342L Gazelle.

**Figura 5**

*Helicóptero Gazelle armado con misiles antitanque.*



*Nota.* Esta figura muestra un Helicóptero Gazelle armado con misiles antitanque HOT y el sistema de puntería y guiado del misil en el puesto del copiloto. Tomado de <https://es.scribd.com>

El Sud Aviation SA340 Gazelle nació en 1966, apuntando a un helicóptero ligero que reemplace al Alouette II, uniéndose al proyecto en 1967 la británica Westland, como parte del acuerdo entre ambas empresas que incluyó la producción conjunta del SA330 Puma para el Ejército Británico y luego incluyó la participación francesa en la producción del Westland Lynx para la Armada de Francia.

## Figura 6

*Helicóptero Gazelle armado con una cohetera de siete tubos*



*Nota.* Esta figura muestra un Helicóptero Gazelle armado con una cohetera de siete tubos.

Tomado de <https://es.scribd.com>

Tras dos prototipos, el primero de los cuales voló el 7 de abril de 1967 con un rotor de cola de Alouette III mientras el segundo ya incorporaba su distintivo Fenestron, se avanzó en la primera versión de serie, el SA341. Posteriormente, Francia desarrolló el más potente SA342, con motor Turbomeca Astazou XIV de 870 shp en lugar del Astazou III y un rotor Fenestron mejorado. De la variante civil SA342J, que comenzó a entregarse en 1977, se desarrolló el SA342L militar, con capacidad de portar armamento, incluyendo misiles Aerospatiale (luego Euromissile) HOT (acrónimo de "Haut subsonique Optiquement Téléguidé Tiré d'un Tube"), con una instalación sobre la cabina para el sistema de puntería. Aunque fue un modelo muy exitoso en el mundo, en América Latina prácticamente no tuvo operadores, con unos pocos aparatos civiles en Brasil, más otros operados por el gobierno de Trinidad & Tobago, aunque el Ejército Ecuatoriano fue la excepción, con una flota de gran tamaño que ya lleva más de 40 años en servicio. (*Revista Pucara Nro 19 | PDF | Avión de combate | General Dynamics F 16 Fighting Falcon*, s. f.)

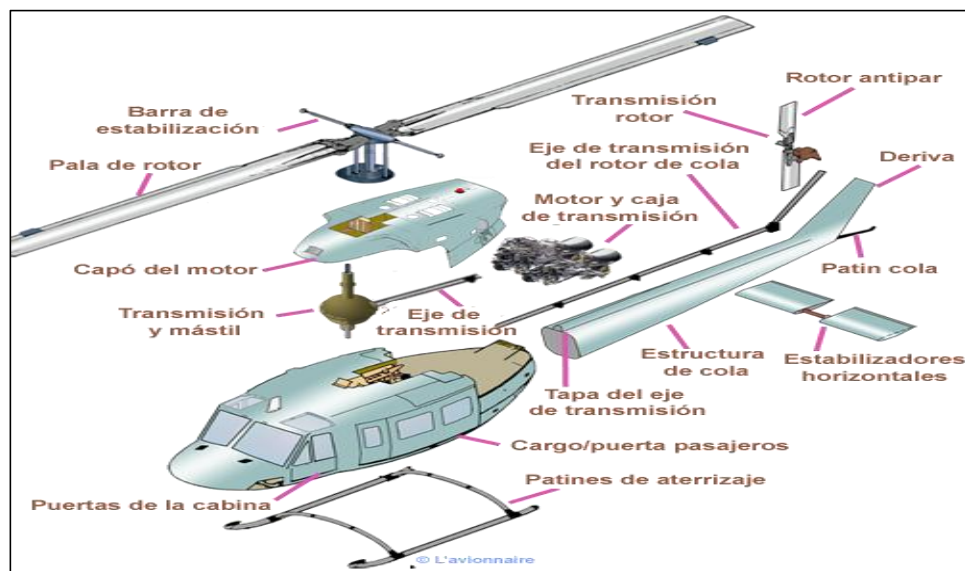
## Sistemas principales del helicóptero Gazelle E-363E

### Sistema de transmisión

Tiene como objetivo principal la transferencia de potencia o trabajo del motor hacia el rotor principal, rotor de cola y otros accesorios que lo requieren durante las condiciones normales de vuelo.

### Figura 7

#### Sistemas Principales de un Helicóptero



*Nota.* Esta figura muestra Sistemas Principales de un Helicóptero. Tomado de <https://www.lavionnaire.fr/>

La unidad de rueda libre posibilita que la transmisión del rotor principal active el eje de transmisión del rotor de cola durante la rotación automática. En algunos modelos de helicópteros, esta unidad se sitúa en la caja de accesorios y, al ser parte del sistema de transmisión, se lubrica para asegurar una rotación sin restricciones y se enfría mediante su suministro de aceite dedicado.

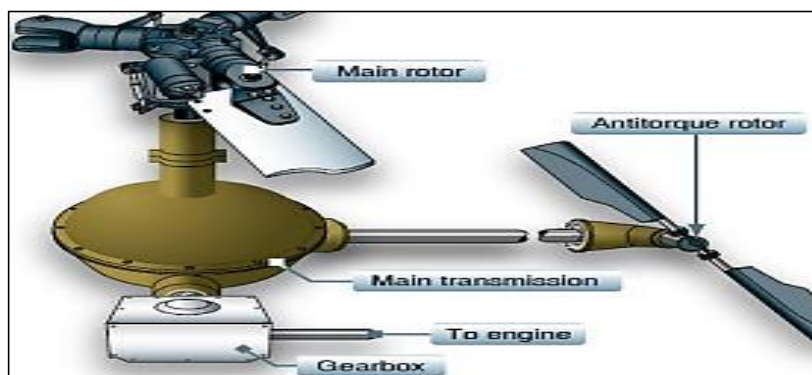
Se incluye un indicador visual para verificar el nivel de aceite, y en algunas transmisiones, se emplean detectores de partículas metálicas conectados a luces de advertencia en el panel de instrumentos del piloto, que se activan en caso de problemas

internos. En helicópteros modernos, algunos detectores tienen la capacidad de auto calentarse y corregir situaciones sin intervención del piloto.

### Transmisión del rotor principal

#### Figura 8

##### *Transmisión del Rotor Principal*



*Nota.* Esta figura muestra la Transmisión del Rotor Principal. Tomado de <https://es.scribd.com/>

Sirve para ajustar las revoluciones por minuto (RPM) de salida del motor a las RPM óptimas del rotor, siendo esta reducción específica para cada helicóptero. La mayoría de los helicópteros utilizan un tacómetro de doble aguja para mostrar las RPM del motor y del rotor, o un porcentaje de estas. Es crucial entender que las RPM del rotor son prioritarias, mientras que las del motor son secundarias. Durante el vuelo, las RPM del rotor pueden determinarse indirectamente por las RPM del motor. Mantener las RPM del rotor principal en los límites normales es esencial para lograr una sustentación adecuada en maniobras normales. Por lo tanto, es imperativo no solo conocer la ubicación de los tacómetros, sino también comprender la información que proporcionan. Descender las RPM del rotor por debajo de los límites normales puede tener consecuencias catastróficas.

### Embrague

En un avión convencional, el motor y la hélice permanecen conectados permanentemente. Sin embargo, en un helicóptero, esto no es así. Debido al mayor peso del rotor en comparación con la potencia del motor, en comparación con el peso de una hélice y la



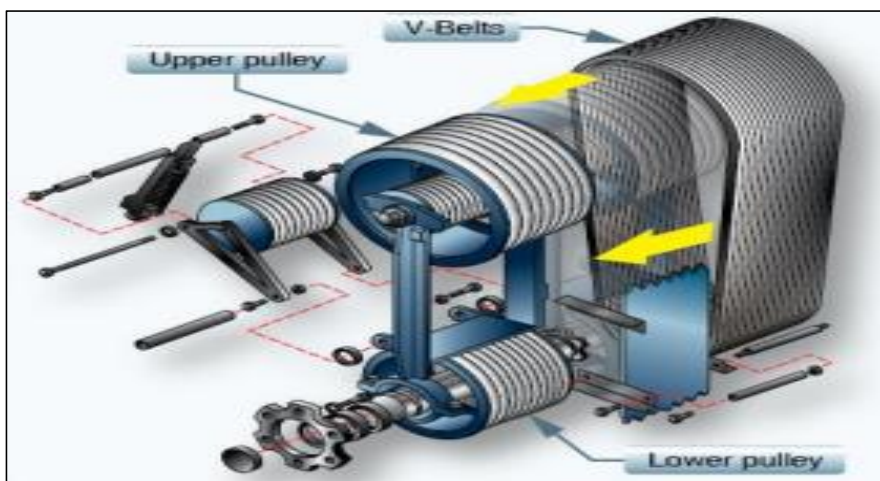
potencia en un avión, es necesario desconectar el rotor del motor al activar el motor de arranque. Un embrague permite que el motor se encienda y luego recoja gradualmente la carga del rotor. En motores de turbina de potencia libre, que son de interés, no se requiere un embrague separado, ya que el acoplamiento de aire entre la turbina productora de gas y la turbina de potencia actúa como un embrague de aire para el arranque.

Cuando el motor se inicia, la turbina de potencia libre experimenta poca resistencia, permitiendo que la turbina productora de gas alcance la velocidad de ralentí normal sin que la carga de la transmisión y el sistema del rotor la arrastren hacia abajo. A medida que la presión del gas aumenta a través de la turbina de potencia libre, las palas del rotor comienzan a girar, primero lentamente y luego acelerando gradualmente hasta alcanzar las RPM de funcionamiento normal.

### Transmisión de correa

#### Figura 9

#### *Transmisión de Correa de un Helicóptero*



*Nota.* Esta figura muestra la Transmisión de Correa de un Helicóptero. Tomado de <https://es.scribd.com>

Se emplea para transmitir la potencia del motor a la transmisión y consta de una polea inferior unida al motor, una polea superior unida al eje de entrada de la transmisión, una correa

o conjunto de correas en V, y medios para aplicar tensión a las correas. Las correas permanecen flojas sobre las poleas cuando no hay tensión, pero cuando el motor está en funcionamiento, la tensión en las correas aumenta gradualmente. Cuando las agujas del rotor y del tacómetro del motor se superponen, indicando la sincronización entre el rotor y el motor, el embrague se engancha por completo. Algunas de las ventajas incluyen el aislamiento de vibraciones y un mantenimiento sencillo.

### **Embrague centrífugo**

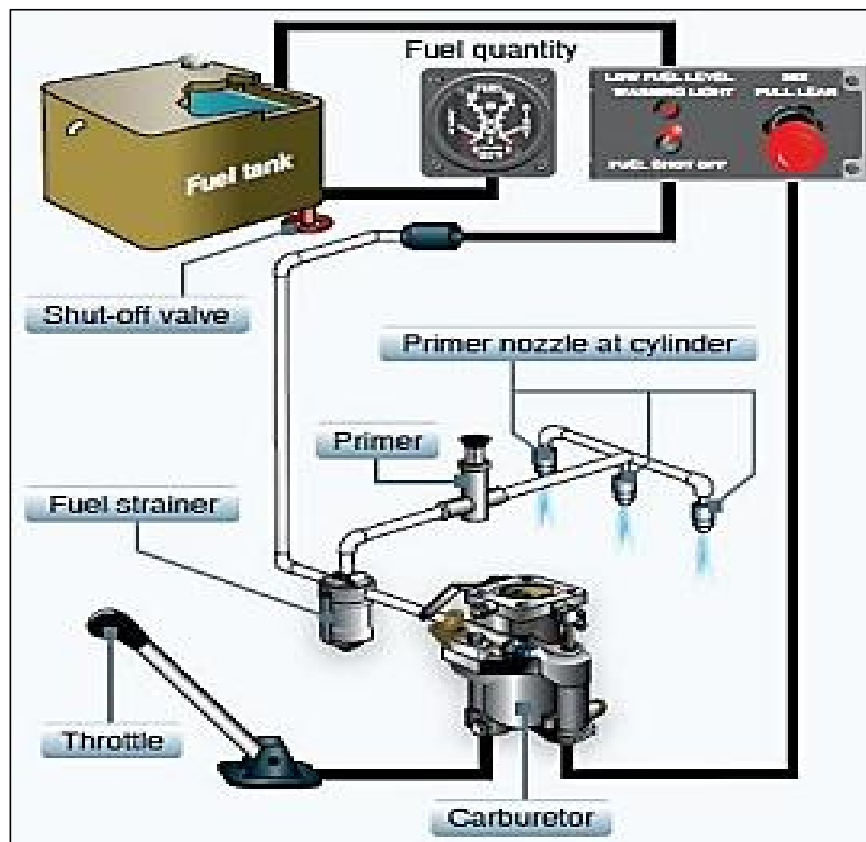
Compuesto por un conjunto interno y un tambor externo, este embrague presenta zapatas de fricción revestidas con material similar a las pastillas de freno de automóviles. A bajas velocidades del motor, los resortes mantienen las zapatas de fricción sin contacto con el tambor externo, unido al eje de entrada de la transmisión. A medida que aumenta la velocidad del motor, la fuerza centrífuga desplaza las zapatas de fricción hacia afuera, permitiendo que estas se deslicen contra el tambor externo.

El eje de entrada de la transmisión comienza a girar, provocando que el rotor inicie su giro gradual, acelerando a medida que aumenta la fricción entre las zapatas de fricción del embrague y el tambor de transmisión. En motores de turbina libre, el embrague se engancha mediante la fuerza centrífuga, permitiendo que el eje de transmisión y el tambor interno de la unidad de rueda libre se conecten gradualmente, haciendo girar el sistema del rotor principal.

## Sistema de combustible

Figura 10

*Sistema de combustible típico por gravedad de un Helicóptero*



*Nota.* Esta figura muestra el Sistema de combustible típico por gravedad de un Helicóptero.

Tomado de <https://es.scribd.com>

Su objetivo principal es suministrar y controlar el flujo de combustible para el abastecimiento correcto a los sistemas del helicóptero.

## Sistema de suministro de combustible

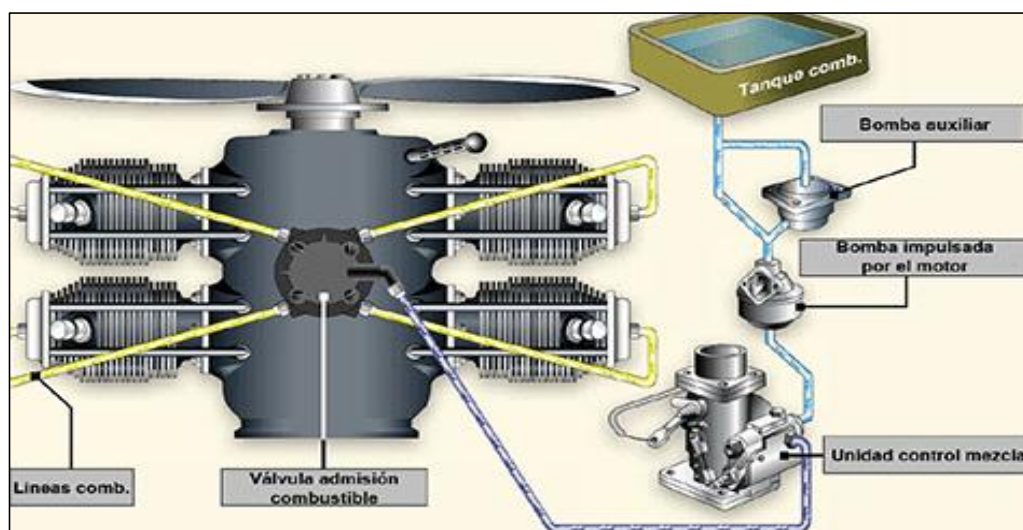
El sistema de suministro de combustible incluye depósitos de combustible, medidores de cantidad de combustible, una válvula de cierre, un filtro de combustible, una tubería de combustible hacia el motor y bombas de combustible. Por lo general, los depósitos de combustible se encuentran ubicados en la estructura del helicóptero lo más cerca posible del centro de gravedad (CG) para minimizar el impacto en el CG a medida que se consume el

combustible. Se instala una válvula de drenaje en la parte inferior del depósito para eliminar agua y sedimentos acumulados, mientras que una ventilación de combustible evita la formación de vacío y un drenaje de desbordamiento permite la expansión del combustible sin dañar el tanque.

El combustible fluye desde el depósito a través de una válvula de cierre, la cual detiene el flujo en situaciones de emergencia o incendio. Esta válvula permanece abierta durante las operaciones normales. En sistemas sin gravedad, se utilizan tanto una bomba eléctrica como una mecánica, siendo la primera responsable de mantener presión positiva en la bomba del motor y de actuar como respaldo en caso de falla de la bomba mecánica. La bomba accionada por el motor suministra combustible al motor durante su funcionamiento, y un filtro de combustible elimina impurezas antes de que el combustible llegue al motor. La cantidad de combustible se muestra en un medidor en el panel de instrumentos del piloto.

### Figura 11

*Sistema de inyección de combustible de un helicóptero.*

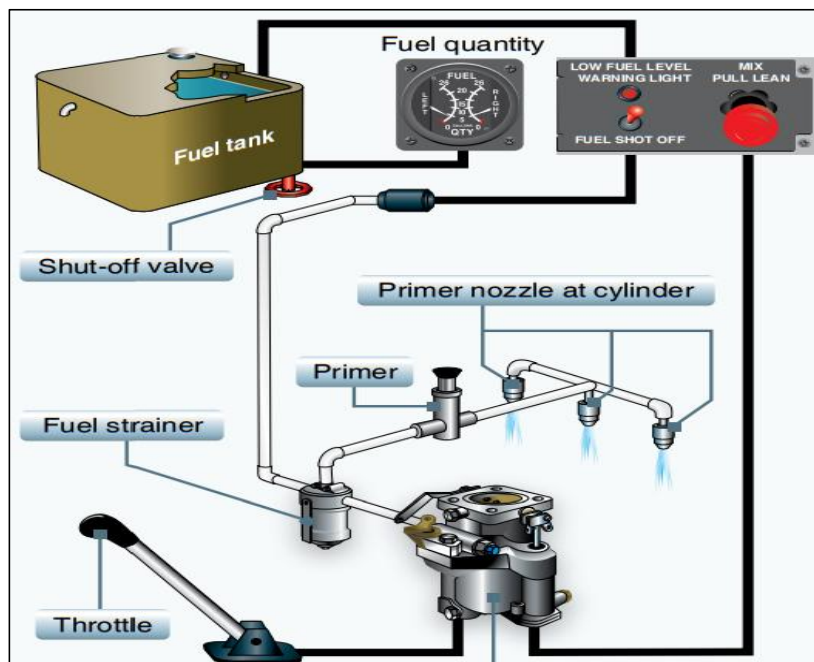


*Nota.* Esta figura muestra el Sistema de inyección de combustible de un helicóptero. Tomado de <https://www.pasionporvolar.com>

## Sistema de control de combustible

Figura 12

*Sistema de Combustible de un Helicóptero*



*Nota.* Esta figura muestra el Sistema de Combustible de un Helicóptero. Tomado de <https://blogger.googleusercontent.com>

Los motores de turbina utilizan la ignición y combustión de la mezcla de combustible/aire para generar potencia. Los sistemas de control de combustible emplean diversos componentes para medir la cantidad precisa de combustible necesaria para alcanzar la potencia requerida. Trabajando en conjunto con los componentes de inducción de aire, el sistema de control de combustible combina la cantidad adecuada de combustible y aire en la cámara de combustión. Existen varios tipos de sistemas de control de combustible para motores de turbina:

- Control de motor digital de autoridad total (FADEC): Control electrónico sin conexiones mecánicas, dependiente de la electricidad para su funcionamiento completo.

- Unidades mecánicas: Funcionan sin necesidad de energía, son totalmente mecánicas y confiables, aunque menos eficientes.
- Unidades híbridas hidro/mecánicas: Incorporan características de ambos tipos, siendo una versión anterior de los sistemas tipo FADEC.

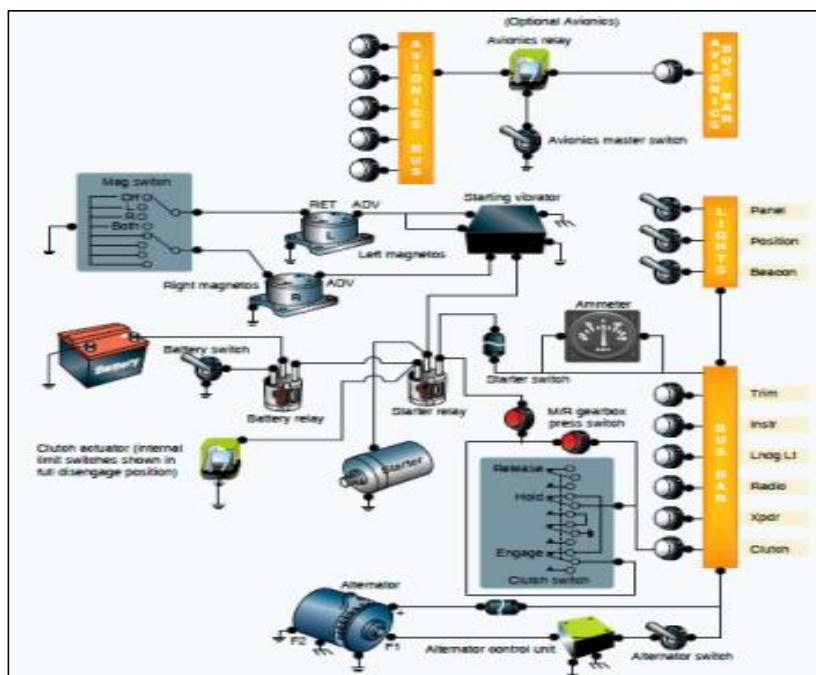
### Inyección de combustible

En un sistema de inyección de combustible, el combustible y el aire se miden en la unidad de control de combustible, pero no se mezclan previamente. El combustible se inyecta directamente en el puerto de admisión del cilindro, donde se mezcla con el aire justo antes de ingresar al cilindro. Este método garantiza una distribución de combustible más uniforme entre los cilindros y una mejor vaporización, promoviendo así un uso más eficiente del combustible.

### Sistema eléctrico

**Figura 13**

*Diagrama Esquemático del sistema eléctrico de un Helicóptero*



*Nota.* Esta figura muestra un Diagrama Esquemático del sistema eléctrico de un Helicóptero.

Tomado de <https://es.scribd.com>

En la mayoría de los helicópteros, los sistemas eléctricos se implementan mediante aviónica avanzada y otros accesorios eléctricos. En aquellos que poseen motor de turbina, se utiliza un sistema de arranque/generador que está permanentemente conectado a la caja de engranajes de accesorios. Durante el arranque del motor, la energía eléctrica de la batería se suministra al arrancador/generador, que pone en marcha el motor. Una vez que el motor está en funcionamiento, el motor de arranque/generador es impulsado por el motor y luego actúa como un generador.

La corriente generada se dirige a través de un regulador de voltaje hacia una barra colectora, donde el regulador mantiene constante el voltaje al regular la salida del generador. La barra colectora distribuye la corriente a los distintos componentes eléctricos del helicóptero. La batería se utiliza principalmente para iniciar el motor y permite el funcionamiento limitado de componentes eléctricos como sistema auxiliar en caso de fallo del motor. Además, la batería sirve como fuente de energía eléctrica de reserva o emergencia en caso de fallo del alternador o generador.

Un amperímetro se emplea para supervisar la corriente eléctrica dentro del sistema, reflejando la corriente que fluye hacia y desde la batería. Indica si la batería se está cargando, y después de completar la carga, el amperímetro debe estabilizarse cerca de cero, indicando que el alternador o generador está satisfaciendo las necesidades eléctricas del sistema.

Los interruptores eléctricos se utilizan para seleccionar componentes eléctricos, pudiendo suministrar energía directamente al componente o a través de un relé que, a su vez, alimenta al componente. Se emplean cuando se requieren cables eléctricos de gran calibre o de alta corriente para un componente específico que podría exceder la capacidad del interruptor.

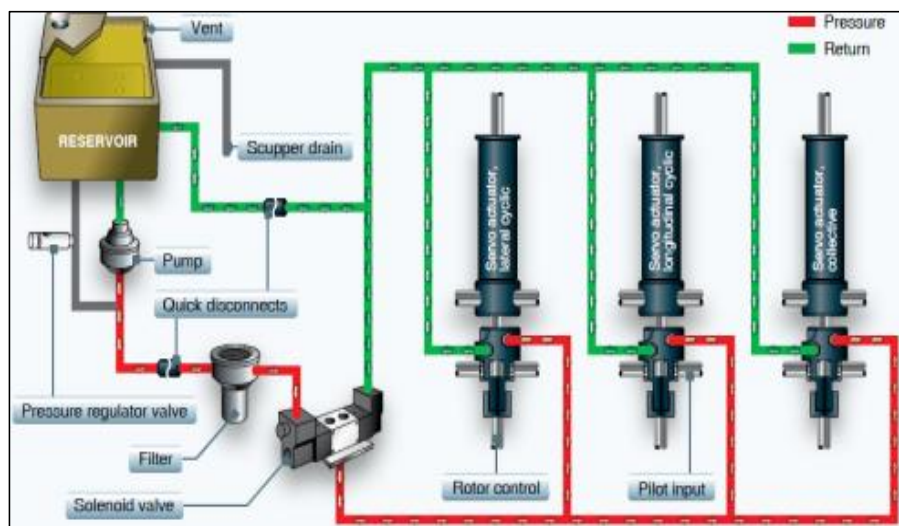
Del mismo modo, se utilizan interruptores de seguridad (conocidos como "circuit breakers" en inglés, fusibles en forma de botón) para proteger varios componentes eléctricos de la sobrecarga. Un circuit breaker se desconecta o sale cuando su componente

correspondiente está sobrecargado y se puede reiniciar presionándolo nuevamente, a menos que haya un cortocircuito o persista la sobrecarga. En caso de sobrecarga continua, el circuit breaker seguirá desconectándose, indicando un mal funcionamiento eléctrico. Por otro lado, un fusible se quema simplemente cuando está sobrecargado y requiere ser reemplazado. Los fabricantes suelen proporcionar un soporte de repuesto en caso de que sea necesario reemplazarlo durante el vuelo.

## Sistema hidráulico

### Figura 14

*Sistema hidráulico típico de un Helicóptero*



*Nota.* Esta figura muestra el Sistema hidráulico típico de un Helicóptero. Tomado de <https://es.scribd.com/>

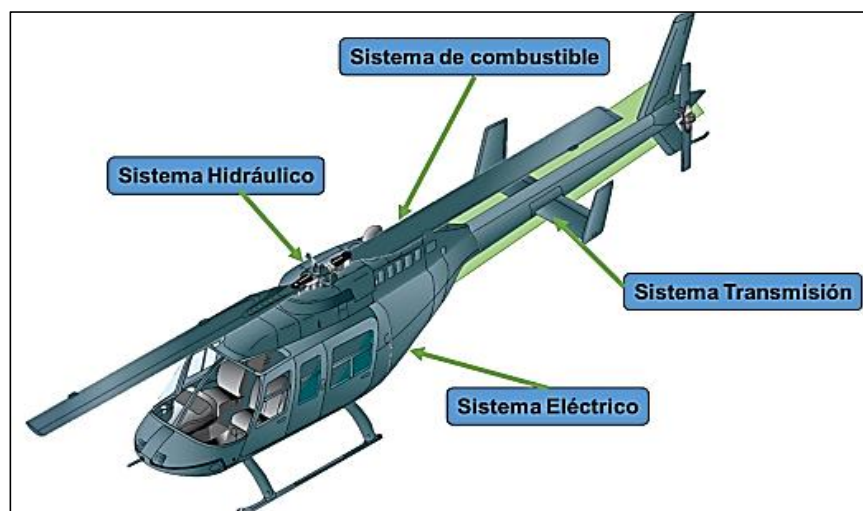
Los helicópteros emplean actuadores hidráulicos para superar las elevadas fuerzas de control. Un sistema hidráulico típico comprende actuadores o servos en cada control de vuelo, una bomba generalmente impulsada por la transmisión del rotor principal, y un depósito para almacenar el fluido hidráulico, asegurando así una presión continua en el sistema. Aunque un interruptor en la cabina permite apagar el sistema, este suele mantenerse encendido en condiciones normales. Cuando el piloto activa el interruptor hidráulico, se corta la energía eléctrica a la válvula solenoide, permitiendo la entrada de fluido hidráulico al sistema. En la



posición de apagado, la válvula solenoide se desactiva, cerrándose y permitiendo al piloto mantener el control del helicóptero con el fluido hidráulico en los actuadores, constituyendo así un sistema a prueba de fallas. Incluso en caso de pérdida de energía eléctrica, el control del sistema hidráulico puede ser mantenido.

### Figura 15

*Localización de los sistemas principales de un Helicóptero*



*Nota.* Esta figura muestra la Localización de los sistemas principales de un Helicóptero.

Tomado de <https://es.scribd.com/>

Cuando se realiza una entrada de control, el servo se activa, proporcionando asistencia al piloto al mover el control de vuelo correspondiente y reduciendo la fuerza requerida por este. Dichos controles de vuelo alivian la carga de trabajo y la fatiga del piloto. En situaciones de falla del sistema hidráulico, el piloto aún puede controlar el helicóptero, aunque las fuerzas de control resultan significativamente más pesadas.

En helicópteros con elevadas fuerzas de control que requieren asistencia hidráulica para su movimiento, se pueden instalar dos o más sistemas hidráulicos independientes para lograr redundancia en los sistemas. Algunos helicópteros están diseñados con acumuladores hidráulicos que almacenan presión hidráulica para ser utilizada en caso de emergencia, permitiendo el uso ininterrumpido de los controles durante un breve periodo después de una

falla en la bomba hidráulica. Esto otorga al piloto tiempo suficiente para aterrizar el helicóptero manteniendo el control de manera normal. (Sistemas Principales Del Helicóptero | PDF | Transmisión (Mecánica) | Helicóptero, s. f.)

### **Motor del Gazelle E-363**

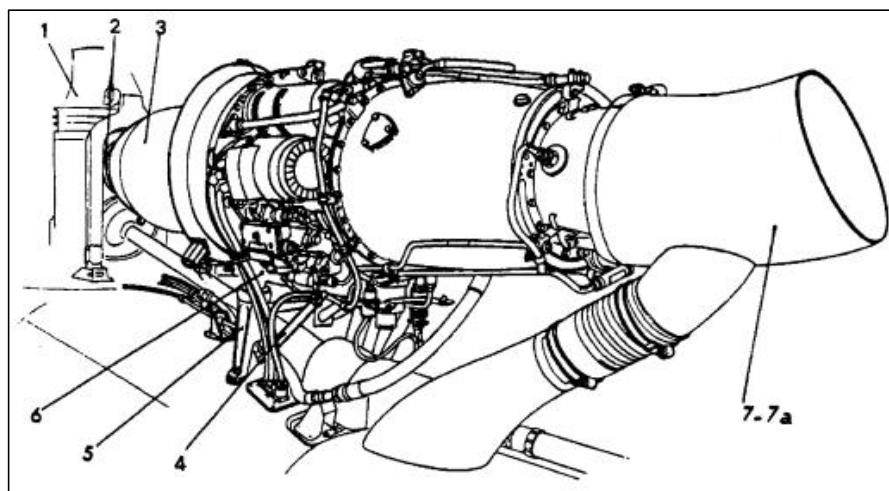
Es un motor turbosje de tipo fijo con una turbina y un engranaje reductor, con el sistema de potencia ubicado en la parte delantera y conectado a una caja de reducción frontal. Opera a una velocidad constante de 43,000 revoluciones por minuto y a 6,334 revoluciones por minuto en su eje de salida. El difusor de escape finaliza en una brida cónica, en la cual se sujeta una abrazadera.

Los componentes del motor incluyen:

- Una carcasa de accesorios que también sirve como depósito de aceite.
- Una caja de reducción coaxial con tres trenes de engranajes (dos etapas de reducción).
- Una carcasa para la entrada de aire.
- Un compresor compuesto por 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.
- Un difusor de escape.

## Figura 16

*Turbo Motor ASTAZAU del Helicóptero Gazelle*



*Nota.* Esta figura muestra el Turbo Motor ASTAZAU del Helicóptero Gazelle. Tomado de Manual de Reparación de la Aeronave GAZELLE SAE 342L

El turbosje constituye una central eléctrica que incluye diversos equipos y accesorios destinados al funcionamiento del helicóptero. Estos abarcan:

- Accesorios de arranque.
- Accesorios para la indicación del estado operativo.
- Sistemas de combustible y control de flujo de combustible.
- Sistema de lubricación con tanque y bomba, siendo el tanque proporcionado por el fabricante de la aeronave.
- Sistema de aire.
- Componente para la conexión a los circuitos de los fabricantes de aviones.

La toma de aire puede estar equipada exclusivamente con uno de los siguientes accesorios opcionales:

- Pantalla de entrada de aire para protección contra objetos de gran tamaño como hojas, papel extenso, trapos, etc.

- Filtro anti arena para protección contra partículas arenosas y abrasivas de menor tamaño.

### Unidad turbomotor

#### Figura 17

*Componentes del Turbo Motor ASTAZAU del Helicóptero Gazelle.*

Key	
1	MAIN GEARBOX
2	FRONT ENGINE FITTING
3	SAND FILTER
4	THROTTLE
5	ENGINE MOUNTING FRAME
6	CRADLE WITH FLEXIBLE MOUNTING
7	TAIL PIPE ASSEMBLY (ASTAZOU III TURBO-ENGINE)
7a	TAIL PIPE ASSEMBLY (ASTAZOU XIV TURBO-ENGINE)

*Nota.* Esta figura muestra los Componentes del Turbo Motor ASTAZAU del Helicóptero Gazelle.

Tomado de manual de reparación de la aeronave GAZELLE SAE 342L

### Características

El conjunto turbomotor ASTAZOU se encuentra ubicado en la sección superior de la estructura central del helicóptero, situado estratégicamente detrás de la caja de cambios principal. Este turbomotor está provisto de los conjuntos y accesorios esenciales que se requieren para llevar a cabo su instalación de manera eficiente y segura. Su posición estratégica en la parte superior de la estructura central permite una distribución equilibrada del peso y una integración óptima con otros componentes clave de la aeronave.

Este grupo turbomotor ASTAZOU, al contar con los accesorios necesarios, garantiza un rendimiento fiable y eficaz, contribuyendo al funcionamiento general y la capacidad operativa del helicóptero. La ubicación cuidadosamente planificada de este turbomotor facilita tanto el acceso para tareas de mantenimiento como la eficacia en la distribución de potencia, aspectos cruciales para el desempeño y la confiabilidad del helicóptero en diversas operaciones aéreas.

**Figura 18**

*Turbo Motor ASTAZAU del Helicóptero Gazelle*

**Componentes del motor**

- Transmisión Principal.
- Estructura de Sujeción del Motor Frontal.
- Filtro para Partículas Arenosas.
- Mando de Potencia.
- Estructura de Sujeción del Mando de Potencia del Motor.
- Soporte con Dispositivo de Montaje Flexible.
- Conexión Flexible en la Cola (para el Motor Turbo ASTAZAU III).
- Ensamblaje del Conducto de la Cola (para el Motor ASTAZAU XIV).
- Mecanismo de Embrague.
- Mecanismo de Rueda Libre.
- Caja de Transmisión Principal.
- Conjunto de la Cabeza del Rotor Principal.
- Eje de Transmisión en Configuración Oblicua y Horizontal.

**Fig2**

## ura 19

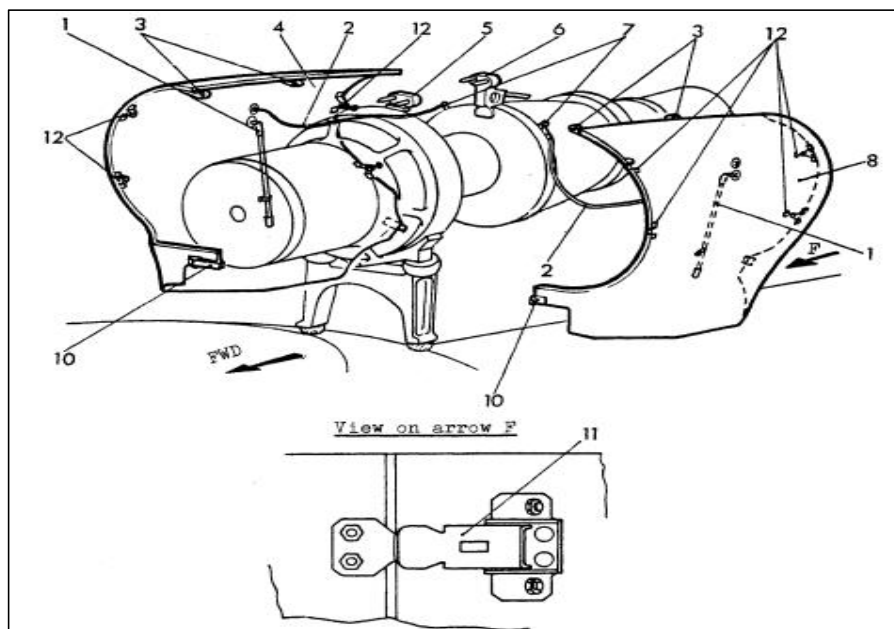
*Rendimiento Garantizado en el Freno Hidráulico Turbo Motor ASTAZAU.*

Ratings	Speed of rotation rpm	Power on the shaft kW	Pressure ratio	t4 temp. °C	Hourly Consumption Kg	Specific Consumption g/kWh
Unihourly (take-off) and Maximum Continuous	43,000	440	7.5	530	170	386
Ground idling	25,500 ± 400	0	*	330 (approximately)	37 (approximately)	*

*Nota.* Esta figura muestra el Rendimiento Garantizado en el Freno Hidráulico Turbo Motor ASTAZAU. Tomada de manual de reparación de la aeronave GAZELLE SAE 342L

## Figura 20

*Enfriador del Motor ASTAZOU XIV del Helicóptero Gazelle*



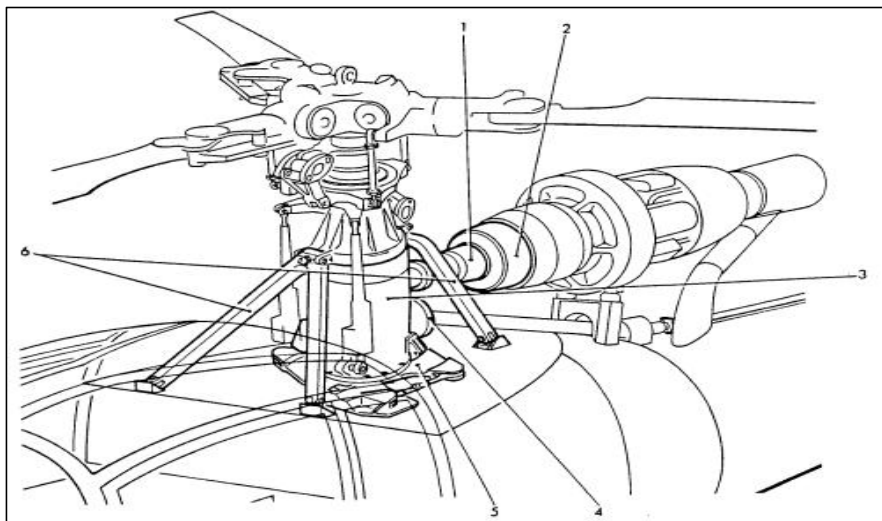
*Nota.* Esta figura muestra el Enfriador del Motor ASTAZOU XIV del Helicóptero Gazelle. Tomada de Manual de Reparación de la aeronave.

## Rotor principal

La unidad de accionamiento del rotor principal comprende los subconjuntos mostrados en la Figura X y detallados en la tabla de leyenda a continuación.

### Figura 21

*Unidad de Accionamiento del Rotor Principal del Helicóptero Gazelle*



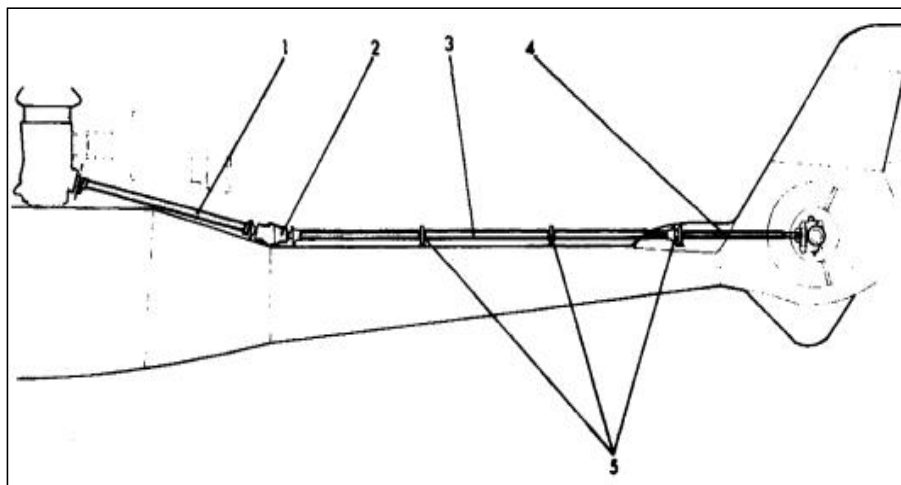
*Nota.* Esta figura muestra la Unidad de Accionamiento del Rotor Principal del Helicóptero Gazelle. Tomada de Manual de Reparación de la aeronave en cuestión.

La asamblea de accionamiento principal del rotor es una parte crucial de la estructura del helicóptero, siendo responsable de la transmisión de potencia al rotor principal. Esta unidad consta de varios subconjuntos interrelacionados. Estos subconjuntos trabajan en conjunto para garantizar un rendimiento eficiente y seguro del sistema de accionamiento del rotor, desempeñando un papel esencial en la estabilidad y maniobrabilidad del helicóptero.

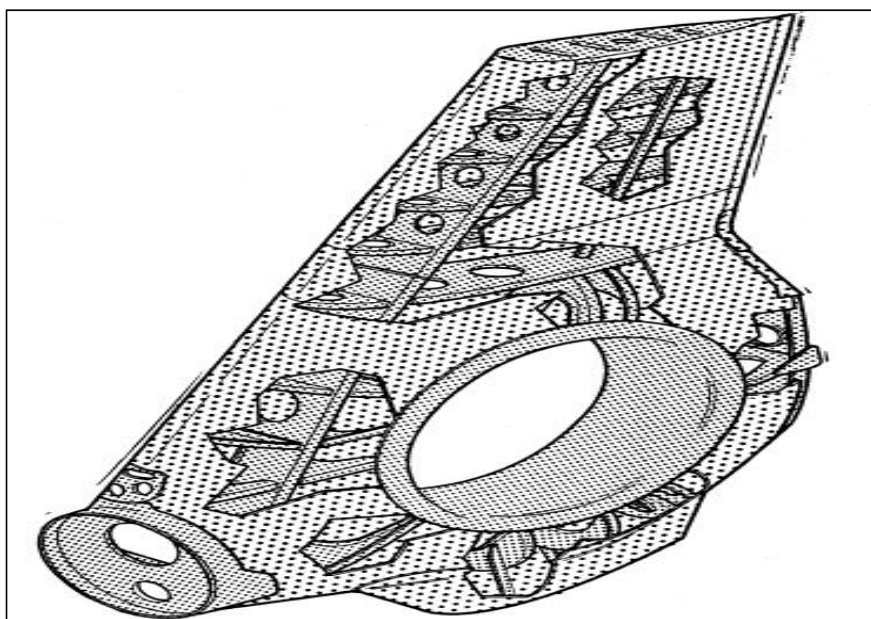
## Rotor de cola

La unidad del rotor de cola está compuesta por:

- Un soporte de la caja de engranajes de cola (1)
- Una caja de engranajes de cola (2)
- Un rotor de cola (3) equipado con palas (4)

**Figura 22***Rotor de Cola del Helicóptero Gazelle*

*Nota.* Esta figura muestra el Rotor de Cola del Helicóptero Gazelle. Tomado de Manual de mantenimiento de la aeronave.

**Figura 23***Estructura del Rotor de Cola del Helicóptero Gazelle*

*Nota.* Esta figura muestra la Estructura del Rotor de Cola del Helicóptero Gazelle. Tomado de Manual de Mantenimiento.

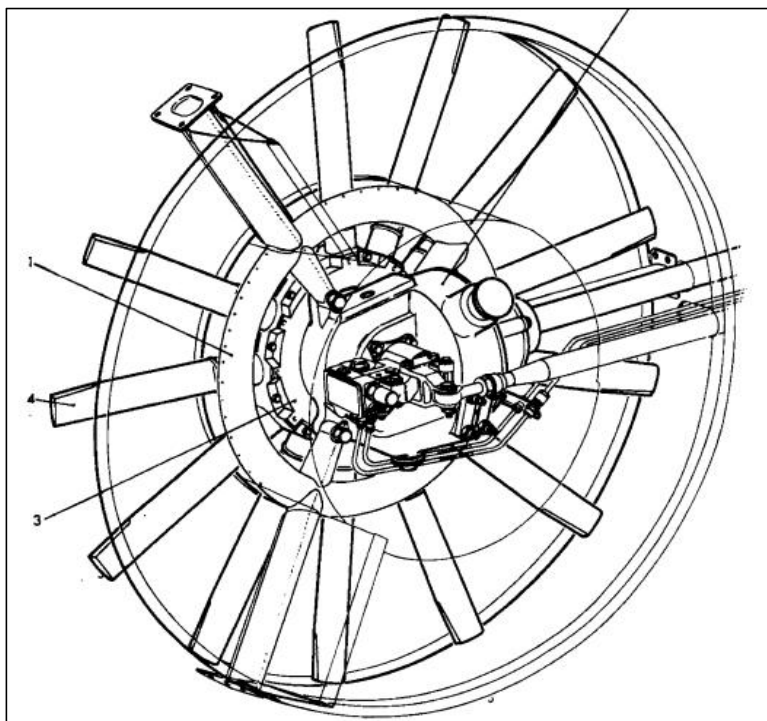


La asamblea del rotor de cola, se compone de varios elementos clave para garantizar la estabilidad y el control direccional de la aeronave. Entre estos elementos, se encuentran el soporte de la caja de engranajes de cola (identificado como 1), que proporciona una base resistente y de apoyo para la caja de engranajes de cola (número 2), un componente crítico para la transmisión eficiente del movimiento. Además, la unidad incluye el rotor de cola (enumerado como 3), que está equipado con palas (señaladas como 4).

Este conjunto trabaja de manera coordinada para controlar y mantener la dirección del helicóptero, contribuyendo así a su capacidad operativa general. La caja de engranajes de cola juega un papel importante en la transmisión de potencia al rotor de cola, mientras que las palas en el rotor de cola son esenciales para generar el empuje direccional necesario para mantener la estabilidad y la orientación del helicóptero durante el vuelo.

#### **Figura 24**

*Ensamblaje del rotor de cola del Helicóptero Gazelle*



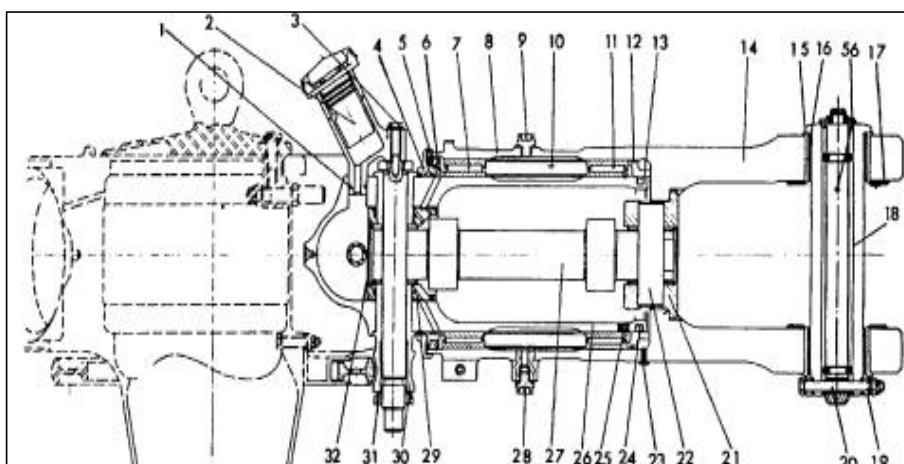
*Nota.* Esta figura muestra el Ensamblaje del rotor de cola del Helicóptero Gazelle. Tomado del manual de mantenimiento de la aeronave.

**BTP**

BTO, caja de rotor principal o cubo del rotor está compuesto por tres husillos huecos conectados mediante bisagras batientes al yugo del cubo. Cada husillo está articulado al eje mediante dos carcasas de rodamientos y un perno de bisagra batiente.

**Figura 25**

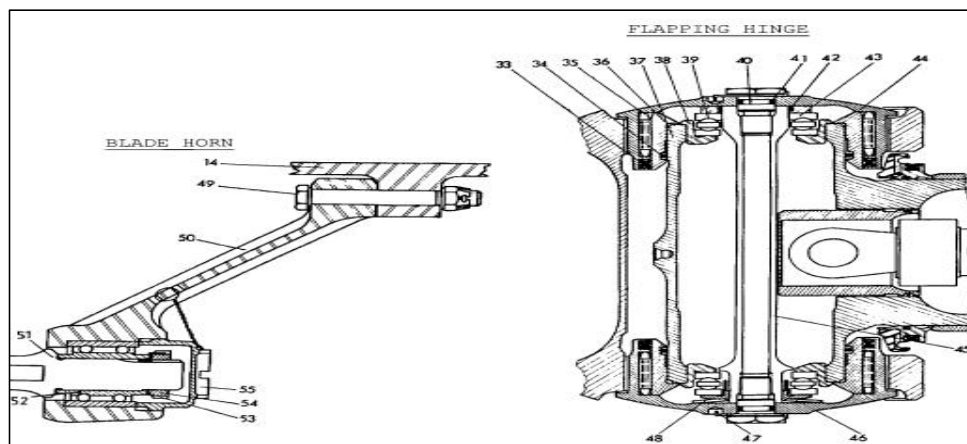
*Dibujo del Cubo del Rotor del Helicóptero Gazelle*



*Nota.* Esta figura muestra el Dibujo del Cubo del Rotor del Helicóptero Gazelle. Tomado de Manual de Reparación de la aeronave.

**Figura 26**

*Helicóptero Gazelle*



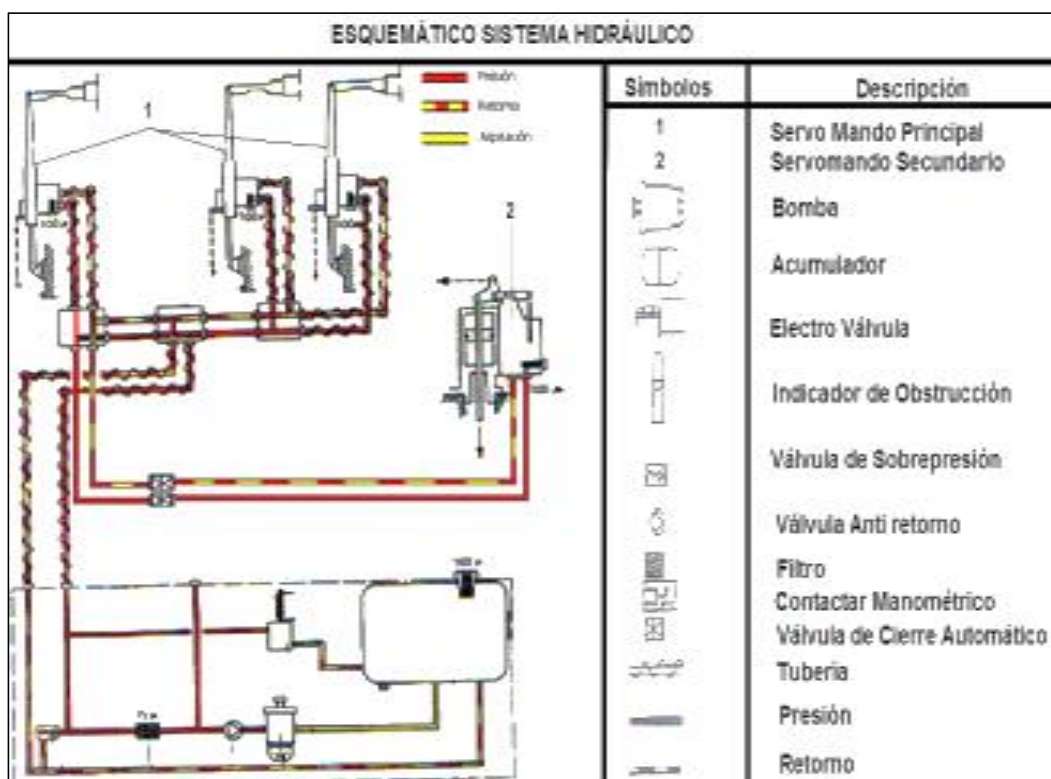
*Nota.* Esta figura muestra el Dibujo del Cubo del Rotor del Helicóptero Gazelle. Tomado de Manual de Reparación de la aeronave.

Cada carcasa de rodamientos alberga un rodamiento de agujas y una pista de empuje. Las camisas se ajustan en los husillos mediante rodamientos de agujas. Están retenidas por una barra de torsión BENDIX que soporta la carga centrífuga y permite variaciones de paso. Los rodamientos se lubrican con aceite suministrado desde el depósito (Pre MOD 076159) o con grasa - Post MOD 076159). Cada camisa lleva una palanca de paso.

## Sistema hidráulico

**Figura 27**

*Esquema sistema hidráulico del Helicóptero Gazelle*



*Nota.* Esta figura muestra el Esquema sistema hidráulico del Helicóptero Gazelle. Tomado de Manual de mantenimiento Helicóptero Gazelle.

El propósito del sistema hidráulico es suministrar energía a los tres servos mandos principales y al servo del rotor de cola. En situaciones de pérdida de presión hidráulica, los servo mandos funcionan simplemente como varillas sin capacidad de asistencia.

Este sistema opera principalmente a partir de fluido hidráulico, el cual consiste en un aceite altamente refinado, exento de impurezas, y posee características operativas excepcionales.

Este fluido ejerce fuerza que se define como la acción o movimiento ejercido sobre un cuerpo y se expresa en Kilogramos. Se genera presión, expresada en Kg/cm<sup>2</sup>. Se establece que la presión de un fluido actúa en todas las direcciones y sentidos con igual intensidad, perpendicular a las paredes que lo contienen. La presión es inversamente proporcional al área: a mayor presión, menor área, y viceversa. Según este principio, en el circuito hidráulico, las tuberías de presión son delgadas, mientras que las de retorno son más gruesas.

(Generalidades Del Sistema Hidráulico en Un Helicóptero | PDF | Bomba | Helicóptero, s. f.)

El propósito del sistema hidráulico es suministrar energía a los tres servos mandos principales y al servo del rotor de cola. En situaciones de pérdida de presión hidráulica, los servo mandos funcionan simplemente como varillas sin capacidad de asistencia.

Este sistema opera principalmente a partir de fluido hidráulico, el cual consiste en un aceite altamente refinado, exento de impurezas, y posee características operativas excepcionales.

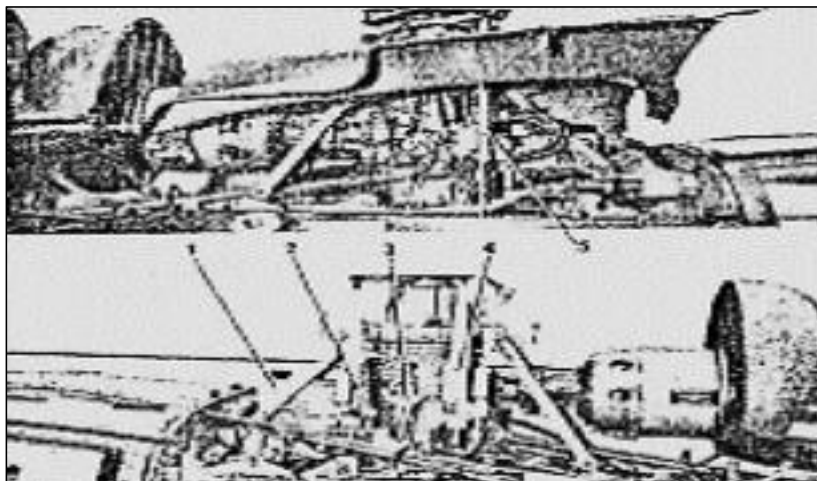
Este fluido ejerce fuerza que se define como la acción o movimiento ejercido sobre un cuerpo y se expresa en Kilogramos. Se genera presión, expresada en Kg/cm<sup>2</sup>. Se establece que la presión de un fluido actúa en todas las direcciones y sentidos con igual intensidad, perpendicular a las paredes que lo contienen. La presión es inversamente proporcional al área: a mayor presión, menor área, y viceversa. Según este principio, en el circuito hidráulico, las tuberías de presión son delgadas, mientras que las de retorno son más gruesas.

El circuito hidráulico está diseñado para alimentar los tres servos de los mandos principales y el servo del mando trasero. La presión nominal de operación es de 40 bares. El circuito se alimenta mediante corriente continua, compuesto por dos partes:

- Un interruptor situado en el paso general en el colectivo, que permite el corte total del sistema hidráulico de control, incluyendo las electroválvulas de los servos de control y el bloque hidráulico completo.
- Un interruptor de prueba (test) ubicado en el panel de control, que facilita la verificación del funcionamiento de los acumuladores y controla la electroválvula del bloque hidráulico completo. En caso de una disminución de presión, se enciende una luz de alarma y se activa una alerta en los auriculares (Valencia, 2015).

### Figura 28

*Presentación de sistema hidráulico del helicóptero Gazelle*



*Nota.* Esta figura muestra la Presentación de Sistema Hidráulico. Tomado de Manual SA 342-L página 30.

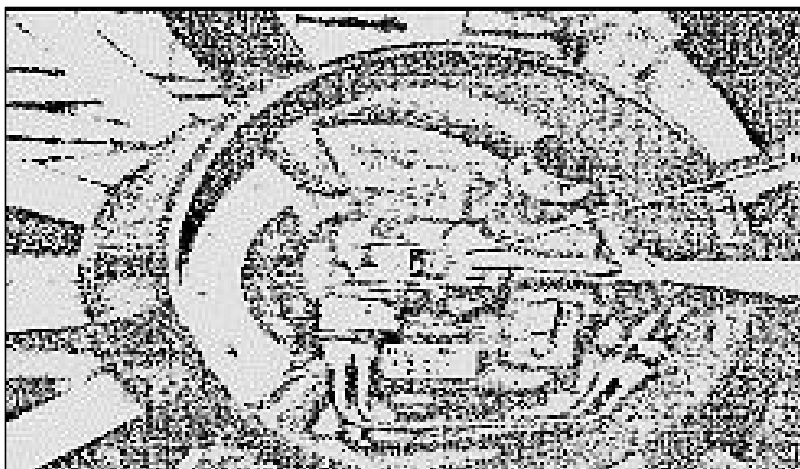
El sistema hidráulico está diseñado para suministrar energía a los tres servos de los mandos principales y al servo del rotor de cola. En situaciones donde se interrumpe la presión hidráulica, los servos mandos funcionan de manera básica, actuando como simples varillas sin asistencia hidráulica.

Un interruptor ubicado en el paso colectivo del piloto posibilita el corte total del sistema mediante la electroválvula del bloque compacto y los servo mandos principales. Otro interruptor, situado en el panel de control, permite verificar el comportamiento de los acumuladores al

activar la electroválvula del bloque compacto; una luz de alarma indica una disminución de presión a 40 bares, mientras que una alarma sonora se activa a los 32 bares y cuando el interruptor del paso general está en posición de apagado.

### **Figura 29**

*Presentación de sistema hidráulico del helicóptero Gazelle*



*Nota.* Esta figura muestra la presentación de sistema hidráulico. Tomado de Manual SA 342-L página 30.

### **Precauciones**

- No se debe mezclar líquidos hidráulicos de diferentes orígenes.
- En ningún caso se debe utilizar un líquido inapropiado en el circuito.
- Evitar el uso de líquidos de procedencia dudosa.
- Al llenar el depósito, asegurarse de que el líquido esté libre de impurezas.
- Al realizar cambios en sellos, aditamentos o cualquier elemento, garantizar que tengan las mismas características que los elementos anteriores.

El sistema hidráulico tiene como objetivo principal reducir los esfuerzos requeridos para el pilotaje y el manejo de los mandos cíclicos, colectivos y pedales mediante los servos mandos hidráulicos. En situaciones de fallo, estos actúan como varillas simples, proporcionando una respuesta básica sin asistencia hidráulica (Stalin, s. f.)

### **Sistemas que ocupan sistema hidráulico en un helicóptero**

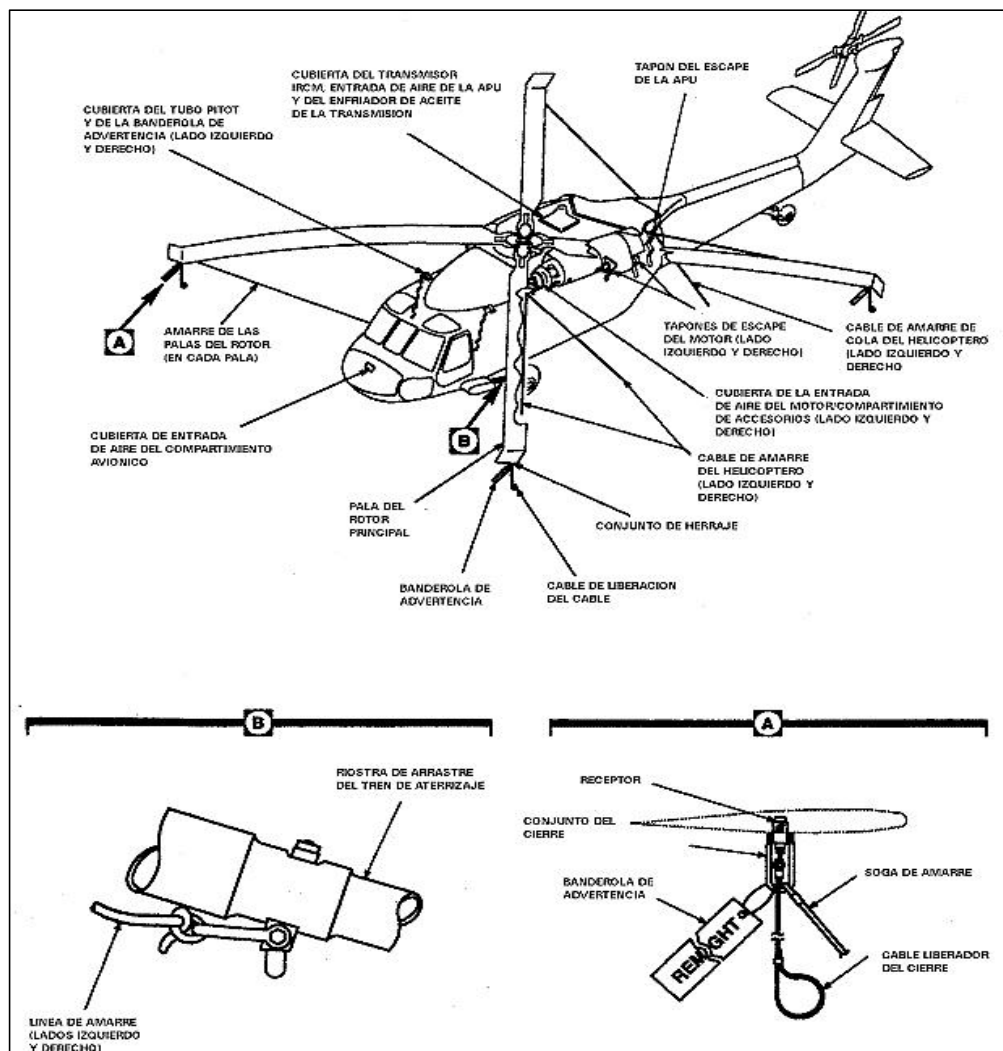
Los controles de vuelo que ocupan el sistema hidráulico son el sistema de control del colectivo, sistema de control del cíclico, sistema de control anti – torsión. El sistema hidráulico es esencial para proporcionar asistencia en los controles de vuelo, facilitando maniobras precisas y optimizando la operación del cíclico y colectivo.

En el sistema de paso del rotor principal, el ajuste y control del paso de las palas del rotor principal se logra mediante actuadores hidráulicos, los cuales permiten cambios en el ángulo de las palas para el control de la altitud y la dirección. En el sistema de paso del rotor de cola, es similar al sistema del rotor principal, el rotor de cola también requiere un sistema hidráulico para el control del paso de las palas, asegurando la estabilidad y dirección del helicóptero.

Los trenes de aterrizaje en algunos helicópteros que utilizan sistemas hidráulicos para extender y retraer el tren de aterrizaje, este permite su despliegue durante el aterrizaje y su retracción durante el vuelo.

Figura 30

## Sistema Hidráulico en un helicóptero



*Nota.* Esta figura muestra el Sistema Hidráulico en un helicóptero. Tomado de <https://rdl.train.army.mil/>

El sistema de frenos en caso de tenerlos, los frenos pueden ser controlados por un sistema hidráulico para proporcionar una capacidad de frenado eficiente. El sistema de amortiguación de vibraciones mejora la comodidad y estabilidad durante el vuelo. Las puertas y rampas utilizan el sistema hidráulico puede ser necesario para operar las puertas y rampas, facilitando el acceso y la carga de pasajeros o carga. (Generalidades del sistema hidráulico en un helicóptero | PDF | Bomba | Helicóptero, s. f.)



## Componentes de un sistema hidráulico

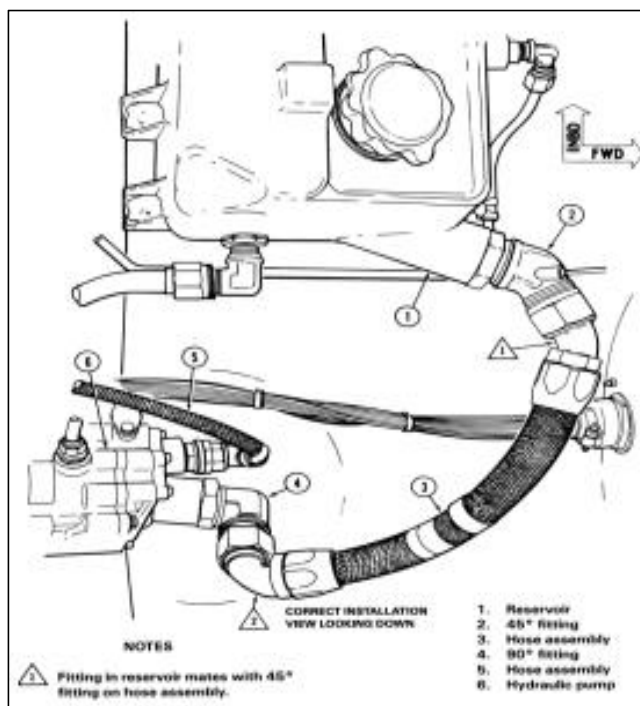
Los componentes del sistema hidráulico incluyen:

### Bomba hidráulica

La bomba hidráulica del sistema 1 se encuentra ubicada en la caja del sumidero de la transmisión y pertenece al tipo axial. Esta bomba tiene una capacidad de 6.0 galones por minuto a una presión de 1000 +/- 25 PSI, operando a una velocidad de 4300 RPM. En cuanto a la bomba hidráulica del sistema 2, aunque similar, no es idéntica a la del sistema 1. Esta bomba está instalada en la parte frontal de la caja principal de la transmisión y suministra 5.6 galones por minuto a una presión de 1000 PSI +/- 25 PSI, operando a una velocidad de 6,600 RPM. Cabe destacar que, si las bombas presentan estrías metálicas, se recomienda lubricarlas con una capa delgada y uniforme de grasa para cojinetes (C-007) (MIL-G-25537).

### Figura 31

*Bomba hidráulica del sistema del Helicóptero Gazelle*



*Nota.* Esta figura muestra una Bomba hidráulica del sistema del Helicóptero Gazelle. Tomado de Manual de mantenimiento del helicóptero Bell 212 cap. 29.

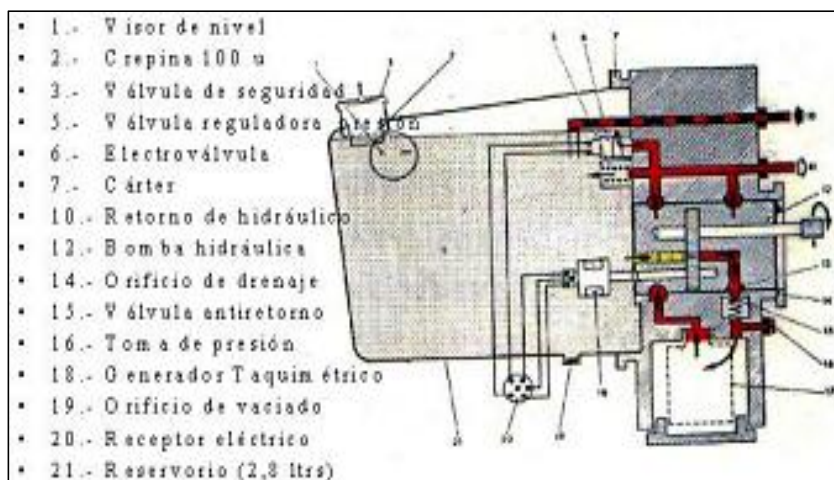
## Depósito de fluido hidráulico

La función principal del depósito consiste en albergar la cantidad necesaria de líquido para el correcto funcionamiento del circuito, actuando como el punto de salida y retorno del fluido circulante en el sistema. Para desempeñar su papel, el depósito presenta características particulares con el fin de cumplir efectivamente con su misión, tales como:

- Capacidad máxima del depósito de 2,2 litros, utilizable hasta 2 litros.
- Poder filtrante del filtro de 100 micras.
- Válvula de purga al aire con una diferencia de presión de 1 bar.
- Velocidad de rotación de la bomba hidráulica de 3.627 RPM.
- Flujo de la bomba hidráulica de 6 litros/min a una presión de 35,5 bares.
- Calibrado de la válvula de regulación a 40 bares.
- Filtro metálico de 10 micras.
- Tensión de la electroválvula de  $24 \pm 6$  VCC.
- Tensión del transmisor taquimétrico de  $21 \pm 2$  V.

## Figura 32

### Block Hidráulico del Helicóptero Gazelle



*Nota.* Esta figura muestra el Block Hidráulico del Helicóptero Gazelle. Tomado de Manual SA 342-L página 48.

### Fluido hidráulico MILH 5606

- Cumple con la especificación MIL H 5606 (Royco 587).
- Presenta un color rojo distintivo.
- Adopta la forma del recipiente que lo contiene.
- No es compresible, manteniendo constante su densidad.
- La densidad o viscosidad se relaciona con la fricción interna, siendo mayor en partículas más unidas.
- Exhibe estabilidad en un rango de temperatura amplio, de 54 a 71°C en sistemas abiertos y de 13 a 50°C en sistemas cerrados.
- El filtro metálico tiene una capacidad de retención de 10 micrones (Valencia, 2015).

### Figura 33

*Válvula para fluido hidráulico*



*Nota.* Esta figura muestra una Válvula para fluido hidráulico. Tomado de <https://www.aeroexpo.online/es>.

## **Válvulas de control**

Está compuesto por diversas válvulas, entre las cuales se encuentran:

### ***Válvula de alivio***

Esta válvula está ubicada en la parte superior del conjunto integrado, tiene la función de proteger el sistema en caso de presión excesiva debido a posibles fallos en la bomba. El fluido procedente del filtro de presión, dirigido hacia la válvula solenoide, pasa por la válvula de alivio, que ventila y retorna al tanque cuando la presión supera los 1100 psi. Si la presión alcanza los 1100 psi, la válvula de alivio comienza a abrirse y, al llegar a los 1400 psi, está completamente abierta.

### ***Válvula solenoide***

Encargada de controlar la operación del sistema hidráulico, la válvula solenoide, al abrirse, permite que el fluido presurizado se dirija al sensor de presión y, luego, retorne a la válvula shut – off y a los servos – actuadores. Al cerrarse, desvía el fluido presurizado de nuevo al tanque a través del filtro de retorno. Cada válvula solenoide cuenta con un resorte para abrir y se controla independientemente mediante el interruptor del sistema hidráulico en el centro del pedestal, siendo alimentada con 28 voltios de corriente continua.

### ***Válvula shut off operada por presión***

Presente en cada sistema, esta válvula desvía el fluido hidráulico de los servos – actuadores en caso de pérdida de presión en las bombas. Si la presión nominal supera los 750 psi, el resorte cargado abre la válvula shut – off, permitiendo que el líquido hidráulico retorne al depósito y se reutilice. Si la presión cae por debajo de los 750 psi, el resorte cierra la válvula shut – off, desviando el fluido de las líneas de excavación del servo – actuador para proporcionar lubricación, prevenir bloqueos y hacer irreversibles los servos hidráulicos. Cuando los servos están aislados en la posición OFF, esta válvula se abre completamente a 750 psi y se cierra a 600 psi.

### **Válvula check operada por presión**

Principalmente utilizada en situaciones de falla en la regulación de presión del sistema de control del rotor principal del helicóptero. (*Sistema Hidraulico Bell 212 | PDF | Bomba | Helicóptero*, s. f.)

### **Electroválvulas**

#### **Figura 34**

#### *Electroválvula*



*Nota.* Esta figura muestra una Electroválvula. Tomado de <https://www.nelco.mx>.

Se utiliza para verificar el funcionamiento de los acumuladores al operar un interruptor en el panel de la cabina de pilotaje, corta la presión hidráulica al dirigir el fluido de vuelta al retorno. La Electro Válvula Principal tiene como propósito intervenir en situaciones de emergencia al liberar completamente la presión del circuito, permitiendo el uso de la presión de los acumuladores para controlar manualmente el helicóptero.

### **Servo controles hidráulicos**

La función principal de la energía hidráulica radica en proporcionar la potencia necesaria para operar los servo-mandos ubicados en las cadenas de control de los rotores, facilitando así un pilotaje preciso y sin esfuerzo. El sistema hidráulico en su totalidad engloba diversos componentes, como la generación hidráulica, un conjunto compacto (1) montado en la

B.T.P. (base de transmisión principal) que activa la bomba hidráulica, tres servo-mandos principales (2-4-5), el servo-mando trasero (6) y una red de tuberías tanto rígidas como flexibles. Este conjunto integral asegura el suministro eficiente de energía hidráulica para garantizar un control óptimo y suave de la aeronave.

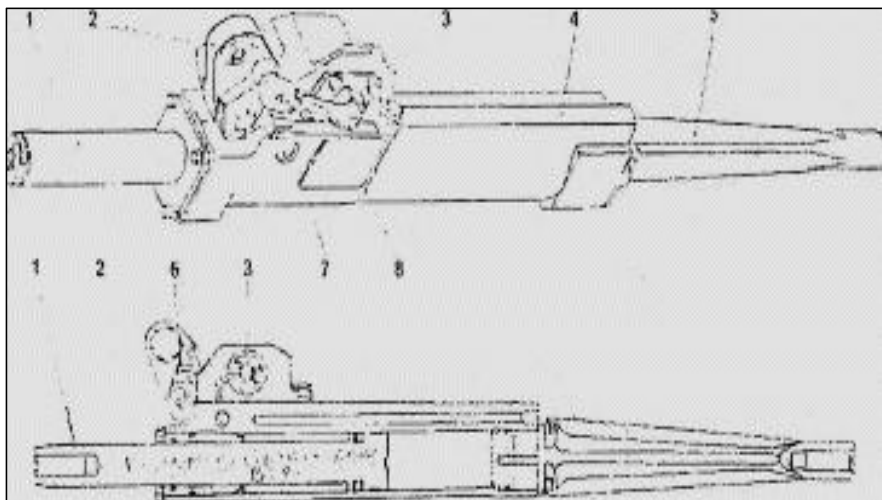
Existen dos categorías de servo mandos, a saber:

- Los servos mandos principales.
- El servo mando trasero.

Los servos mandos principales forman parte de la cinemática de los mandos de vuelo y son alimentados hidráulicamente mediante la generación del aparato. Estos desempeñan un papel crucial al eliminar los esfuerzos de pilotaje, prevenir el accionamiento involuntario de los mandos y reducir las vibraciones en los mandos de vuelo gracias a la irreversibilidad inherente al sistema.

### Figura 35

*Partes del servo mando del Helicóptero Gazelle*



*Nota.* Esta figura muestra las Partes del servo mando del Helicóptero Gazelle. Tomado de Manual SA 342-L página 32.

1. Vástago del pistón (Punto fijo).
2. Palanca de entrada (Mando actuador).
3. Distribuidor rotatorio.
4. Cuerpo del servo mando.
5. Tubo de adaptación.
6. Topes de la palanca de entrada.
7. Filtro de entrada de micras.
8. Bieleta de mando de distribuidor.

En situaciones específicas, como la apertura de la electroválvula de la generación hidráulica (controlada desde la palanca de paso general), los servo mandos principales pueden ser conectados en corto circuito, comportándose entonces como simples bielas de mando.

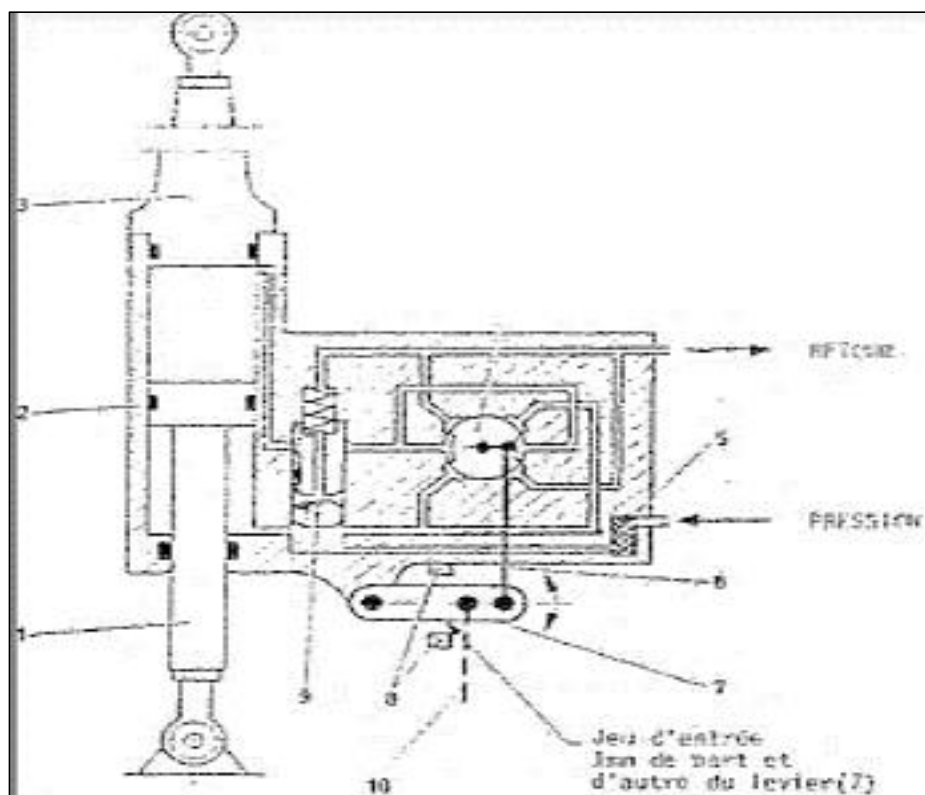
En cuanto a los tres servos mandos principales, se caracterizan por ser de tipo de simple cuerpo deslizante. El vástago del pistón se encuentra anclado en la B.T.P., mientras que el cuerpo está fijado a un plato cíclico no rotatorio. Estos servos mandos principales controlan las cadenas longitudinales y laterales del paso cíclico y del paso general.

En términos de especificaciones, los servo mandos principales presentan las siguientes características:

- Presión nominal de utilización: 40 bares.
- Fuerza desarrollada bajo presión nominal: 165 daN.
- Curso total (topes interiores): 135 mm.
- Curso útil máximo: 133 mm.
- Esfuerzo de entrada: Menos de 0,3 daN.
- Esfuerzo de maniobra sin presión: Menos de 15 daN.
- Consumo permanente: Menor a 200 cm<sup>3</sup>/min.
- Cierre del by-pass por presión: Superior a 6 bares.

Figura 36

*Elementos Interiores del Servo Mando del Helicóptero Gazelle*



*Nota.* Esta figura muestra los Elementos Interiores del Servo Mando del Helicóptero Gazelle.

Tomado de Manual SA 342-L página 33

1. Vástago del pistón.
2. Cuerpo de servo mando.
3. Tubo de adaptación.
4. Distribuidor rotativo.
5. Filtro.
6. Bieleta de mando distribuidor.
7. Palanca de entrada.
8. Tope de la palanca de entrada.
9. Bypass.
10. Mando actuador biela de ataque.



## Actuadores hidráulicos

### Figura 37

#### *Actuador Hidráulico para Helicóptero*



*Nota.* Esta figura muestra un Actuador Hidráulico para Helicóptero. Tomado de <https://cordis.europa.eu>

Estos mecanismos constituyen elementos de seguridad diseñados para almacenar presión y entrar en acción en situaciones de emergencia, proporcionando una presión teórica que oscila entre 15 bares durante un intervalo de tiempo que va desde los 20 hasta los 90 segundos. Su función principal es asegurar la disponibilidad de presión en momentos críticos, garantizando así una respuesta eficaz ante circunstancias inesperadas.

Este almacenamiento de presión se configura como una medida preventiva esencial para salvaguardar la integridad y el funcionamiento adecuado del sistema en casos de emergencia, ofreciendo una ventana de tiempo significativa dentro de la cual se puede contar con la presión acumulada para abordar cualquier eventualidad de manera segura y controlada.

### **Cañerías hidráulicas**

El fluido hidráulico, que no es consumible ni volátil, siempre se encontrará presente en dos conductos: uno de alimentación y otro de retorno.

Su función consiste en conectar los elementos de un circuito hidráulico, garantizando:

- Una hermeticidad total.
- Una pérdida de carga mínima.

Esto se logra facilitando los movimientos relativos de los componentes entre sí. En el caso del Gazelle, se emplean dos tipos de tuberías:

- Las rígidas.
- Las flexibles.

### Figura 38

*Tuberías rígidas y flexibles*



*Nota.* Esta figura muestra Tuberías Rígidas y Flexibles. Tomado de <https://measurecontrol.com>

Los conductos hidráulicos comúnmente empleados en aeronaves son tuberías rígidas y flexibles. Las tuberías rígidas cuentan con un revestimiento de acero para resistir la corrosión y la presión, reemplazando así a las tuberías de cobre, las cuales presentaban baja resistencia a la fatiga y fragilidad ante vibraciones, resultando en roturas.

### Filtros

Para lograr un rendimiento adecuado y duradero de un sistema de transmisión hidráulica, es esencial mantener el aceite en un estado de pureza óptimo mediante un proceso continuo de filtración. Este procedimiento tiene como objetivo eliminar posibles impurezas y

materiales generados por el rozamiento de los componentes internos. La eficacia de un filtro se define según las dimensiones de la abertura del elemento filtrante, teniendo en cuenta el caudal de paso del líquido y las presiones involucradas.

### **Acumuladores**

Los acumuladores hidráulicos son componentes que posibilitan el almacenamiento y la liberación de energía en forma de fluido a presión. Estos dispositivos constan de dos cámaras separadas, ya sea por una membrana de caucho o mediante un pistón metálico, que almacenan el líquido en una parte y gas a presión en la otra. En el caso del Gazelle, la presión del gas alcanza los 15 bares a una temperatura media de 20 grados centígrados.

La capacidad de reserva de fluido hidráulico tiene una duración promedio de 60 segundos cuando no se efectúa ninguna acción sobre los mandos de vuelo y se reduce a 15 segundos cuando se realiza alguna maniobra con los mandos. (*Sistema Hidraulico Bell 212 | PDF | Bomba | Helicóptero, s. f.*)

### **Figura 39**

*Acumulador*



*Nota.* Esta figura muestra el acumulador hidráulico.

## Indicadores y sensores

Los indicadores y sensores en el sistema hidráulico permiten monitorear y controlar diversas variables para garantizar un funcionamiento del helicóptero, como:

**Tabla 3**

*Indicadores y sensores en el sistema hidráulico en el Helicóptero SA342L Gazelle*

<b>Indicadores y sensores en el sistema hidráulico</b>	
Indicador de presión hidráulica	Muestra la presión del fluido hidráulico en el sistema.
Indicador de temperatura del fluido	Monitorea la temperatura del fluido hidráulico para asegurar que se encuentre dentro de los límites operativos seguros.
Sensor de nivel de fluido	Indica el nivel de fluido hidráulico en el depósito o en alguna parte específica del sistema.
Indicador de filtro	Indica el estado del filtro hidráulico y alerta cuando es necesario realizar un reemplazo o mantenimiento.
Indicador de válvula de alivio	Muestra la posición de la válvula de alivio, informando si se ha activado debido a una presión excesiva en el sistema.
Sensor de posición de los servos – actuadores	Monitorea la posición de los servos – actuadores que controlan los movimientos de los elementos, como el paso del rotor o el cíclico.
Sensor de presión del sistema	Mide la presión general del sistema hidráulico y proporciona información esencial para el control y la seguridad.

---

### Indicadores y sensores en el sistema hidráulico

---

Interruptor de seguridad del sistema	Activa o desactiva el sistema hidráulico y puede estar vinculado a sensores de presión u otros indicadores para garantizar un funcionamiento seguro.
Transmisor taquimétrico	Mide la velocidad de rotación de la bomba hidráulica y puede ser utilizado para supervisar el rendimiento y la eficiencia del sistema. (Stalin, s. f.)

---

*Nota.* Indicadores y sensores en el sistema hidráulico en el Helicóptero SA342L Gazelle

### Tipos de inspecciones en un sistema hidráulico

#### ***Inspección visual diaria***

En el sistema hidráulico 1 y 2, es necesario verificar la extensión de los botones indicadores del by – pass. Al revisar el colectivo y cíclico, se debe examinar los servos – actuadores y los tubos de impulso para asegurarse de que no haya fugas ni daños, y que todo esté ajustado correctamente. Para el sistema 1 y 2, se debe realizar una verificación minuciosa de las bombas, válvulas, líneas, reservorios, actuadores, actuador hidráulico del rotor de cola, acoples y módulos de los filtros. Se debe garantizar la ausencia de daños, fugas, corrosión, golpes, hendiduras, desgaste y verificar que todos los componentes estén adecuadamente ajustados y apretados en todo el sistema.

#### ***Inspecciones de 100 horas o 12 meses calendario***

Durante las inspecciones de 100 horas o 12 meses calendario, se examinan todas las líneas y tuberías en condiciones óptimas y seguras para su funcionamiento. Se revisa que no haya daños, fugas, corrosión, golpes, hendiduras o desgaste, y se verifica la correcta seguridad de ajuste y torque en todo el sistema.

Según el manual de mantenimiento CAP. 05-00-00, se indica que se deben cambiar los filtros hidráulicos durante estas inspecciones. Los elementos hidráulicos con el número de parte 205-076-034-003 no son lavables y se recomienda su reemplazo cada 600 horas o 12 meses

calendario. Los filtros con el número de parte 205-076-004-007 son lavables, pero el intercambio de filtros de diferentes series no está permitido.

Se procede a remover los elementos de los filtros hidráulicos. Se descartan o limpian los elementos del filtro según corresponda al número de parte. Se instalan nuevamente los elementos del filtro hidráulico.

### ***Inspecciones de 25 horas o 30 días calendario***

Durante estas inspecciones, se realiza una revisión del sistema, centrándose en los indicadores de los módulos hidráulicos para verificar que no estén saltados o de color rojo.

### ***Cada 1000 horas de los componentes de operación***

Durante las inspecciones de 1000 horas, se siguen los siguientes pasos:

Se retiran los acumuladores hidráulicos. Se desarma, limpia e inspecciona visualmente para detectar daños, golpes, corrosión y fugas. Se reemplazan los componentes que hayan alcanzado el final de su vida útil o ya no sean funcionales. Se vuelven a ensamblar los actuadores hidráulicos. Se instalan nuevamente los acumuladores hidráulicos.

### **Mantenimiento del sistema hidráulico**

Para mantener adecuadamente el sistema hidráulico, es esencial seguir las especificaciones detalladas en el manual del sistema hidráulico del Helicóptero Gazelle SA 342 L, así como en el manual de mantenimiento del motor eléctrico que se incorporará.

En lo que respecta a los elementos, estos comprenden todas las herramientas y equipos empleados para la rehabilitación del sistema. En cuanto al aspecto económico, el costo de la rehabilitación desempeña un papel crucial, ya que implica la adquisición de equipos necesarios para lograr con éxito los objetivos propuestos.

La rehabilitación del sistema hidráulico, según el manual de mantenimiento N° 29 del Helicóptero Gazelle SA 342 L y la planificación proporcionada, sigue una serie de actividades específicas. El sistema hidráulico se compone de elementos como el bloque hidráulico

compacto, tuberías, filtro, acumuladores, sellos, reguladores, receptores y múltiples, teniendo como función principal facilitar el manejo seguro y sin esfuerzo de la aeronave.

El proceso de rehabilitación incluye pasos como el entendimiento del funcionamiento básico del sistema hidráulico del helicóptero Gazelle, el uso de equipo de protección personal, la verificación del estado de los elementos instalados y por instalarse, la limpieza del helicóptero, la instalación de tuberías rígidas y flexibles, la colocación de servo mandos principales y traseros, el acople del motor eléctrico al bloque hidráulico, y la instalación de la señalización correspondiente a los principales elementos del sistema. (Valencia, 2015)

## Capítulo III

### Desarrollo del tema

#### Descripción general

La rehabilitación de un sistema hidráulico del helicóptero Gazelle E-363, es un proceso meticuloso que implica varios pasos fundamentales para garantizar su correcto funcionamiento. A continuación, se presenta una descripción general de los procedimientos que se realizaron para llevar a cabo esta tarea.

Primeramente, se realizó una evaluación inicial de todo el sistema y sus componentes, se identificó los problemas que tenía el sistema hidráulico de la aeronave. Esto puede incluir inspecciones visuales de los componentes, revisión de registros de mantenimiento previos y pruebas de funcionamiento básicas.

Se recopiló toda la información técnica relevante sobre el sistema hidráulico, incluyendo manuales de mantenimiento, especificaciones del fabricante y procedimientos de reparación recomendados. Se procedió al desmontaje cuidadoso de los componentes del sistema hidráulico, lo que incluyó la retirada de mangueras, válvulas, bombas y otros elementos. Durante este proceso, se prestó especial atención para evitar dañar los componentes y se documentó el estado de cada pieza. Cada componente desmontado fue inspeccionado minuciosamente en busca de daños, desgaste o signos de deterioro. Además, se limpiaron a fondo para eliminar cualquier residuo o contaminante que pudiera afectar su funcionamiento.

Basándose en los hallazgos de la inspección, se llevaron a cabo las reparaciones necesarias en los componentes dañados o desgastados. En algunos casos, fue necesario reemplazar piezas defectuosas por nuevas. Una vez que se realizaron todas las reparaciones y se volvió a ensamblar el sistema hidráulico, se realizaron pruebas exhaustivas de funcionamiento. Esto incluyó pruebas de presión, flujo y rendimiento para garantizar que el sistema funcionara correctamente en todas las condiciones operativas previstas.



Se realizaron ajustes y calibraciones finales en el sistema hidráulico para garantizar su rendimiento óptimo y cumplir con las especificaciones del fabricante. Finalmente, se documentaron todas las actividades realizadas durante el proceso de rehabilitación, para indicar que el sistema hidráulico había sido rehabilitado de acuerdo con los estándares y procedimientos aplicables.

### **Preparación del área de trabajo**

Se acordonó el área de trabajo, ya que la aeronave se encontraba en las instalaciones de la ESAE, para ello se utilizó una cinta de seguridad color amarilla, que cubrió el área de trabajo, para garantizar la seguridad en el trabajo de rehabilitación del helicóptero, como muestra la Figura 40.

### **Figura 40**

*Preparación del área de trabajo*



### **Limpieza de los componentes del sistema hidráulico**

La limpieza de los componentes del sistema hidráulico de un helicóptero se lleva a cabo de manera meticulosa para garantizar su correcto funcionamiento. Esto implicó desmontar los elementos del sistema, realizar una inspección visual preliminar para detectar posibles daños, seleccionar el método de limpieza adecuado, emplear limpieza para eliminar contaminantes

gruesos y realizar una inspección final para asegurar la completa eliminación de residuos. Para ello se utilizó WD-40, brochas, wye y un equipo de seguridad y protección personal.

### **Figura 41**

*Limpieza de los componentes del sistema hidráulico*



### **Chequeo operacional inicial y evaluación del sistema**

El chequeo operacional del sistema hidráulico del helicóptero implicó una serie de procedimientos, de acuerdo al manual de operación, para garantizar su correcto funcionamiento. Comenzó con pruebas de presión y flujo, activando el sistema hidráulico desde el panel del sistema, para ello se pidió la ayuda del técnico de mantenimiento del hangar y se verificó la integridad del sistema. Se determinó que el sistema hidráulico no estaba operativo y hacían falta varios componentes, como cañerías hidráulicas, switches, acumuladores, líquido hidráulico, etc.

**Figura 42**

*Limpieza de los componentes del sistema hidráulico*

**Adquisición de componentes del sistema hidráulico**

Una vez realizada la inspección visual preliminar y también el chequeo operativo del sistema hidráulico, del helicóptero Gazelle, se determinó que hacían falta varios componentes. De tal manera que se realizó la respectiva búsqueda de los mismos, en la bodega de repuestos, aquí se encontraron algunos componentes como son acumuladores, cañerías filtros; los mismos que determinando la efectividad mediante el manual de mantenimiento, fueron instalados en la aeronave.

**Figura 43**

*Adquisición de componentes del sistema hidráulico*



### **Instalación del acumulador hidráulico**

Se ubicó el actuador siguiendo las indicaciones del manual de mantenimiento en el ATA 29. Se aseguró de que estuviera correctamente alineado y fijado en su lugar designado. Luego, se procedió a conectar las líneas hidráulicas del actuador a los puntos correspondientes en el sistema hidráulico del helicóptero. Esta conexión se realizó con cuidado para evitar fugas y garantizar una instalación segura y hermética.

### **Figura 44**

*Instalación del acumulador hidráulico*



### **Instalación del servocontrol hidráulico**

Se procedió a colocar el servocontrol hidráulico en la posición asignada dentro del helicóptero, siguiendo detenidamente las indicaciones del fabricante de acuerdo al manual.

A continuación, se lleva a cabo la conexión de las líneas hidráulicas del servocontrol a los puntos designados en el sistema hidráulico del helicóptero, con el fin de asegurar un ensamblaje hermético y sin fugas, lo cual es esencial para su funcionamiento seguro y eficiente. Posteriormente, se instalaron los sensores y dispositivos de control asociados al servocontrol hidráulico.

**Figura 45***Instalación del servocontrol hidráulico***Instalación de cañerías hidráulicas**

Se determinó cuidadosamente la ruta por la que las cañerías debían pasar. Esta planificación tomó en consideración la disposición de los distintos componentes del sistema hidráulico dentro del helicóptero, así como las limitaciones de espacio existentes. Luego se procedió a la instalación de las cañerías hidráulicas siguiendo la ruta previamente definida.

Durante este proceso, se aseguró de que las cañerías estuvieran colocadas de manera correcta y segura, evitando así posibles vibraciones o movimientos durante el vuelo. Se utilizaron abrazaderas y soportes adecuados para mantenerlas firmemente en su lugar.

**Figura 46**

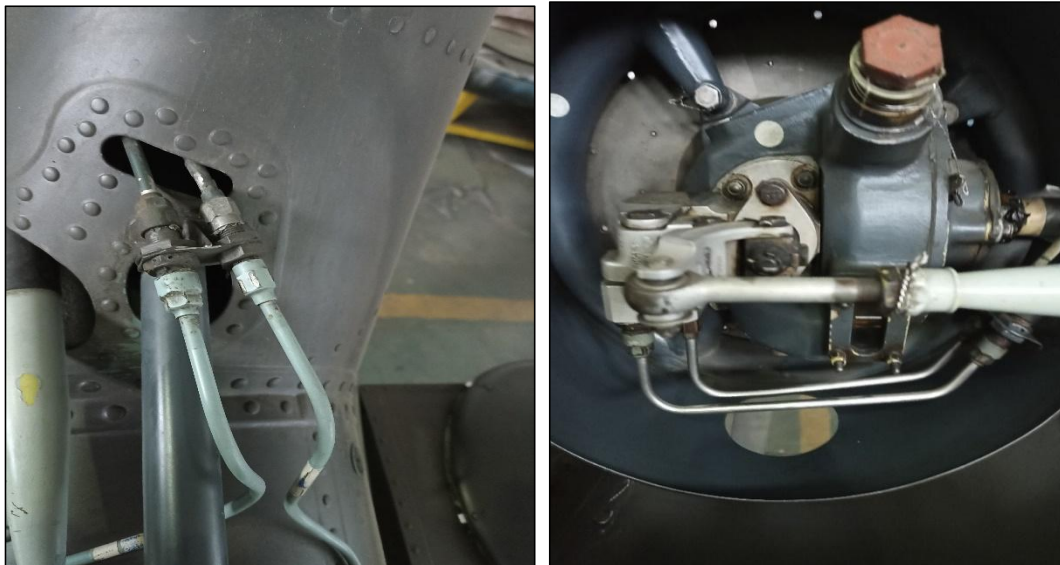
*Instalación de cañerías hidráulicas*



Posteriormente, se llevó a cabo la conexión de las cañerías hidráulicas a los diferentes componentes del sistema, tales como bombas, válvulas y actuadores. Esto se hizo utilizando los accesorios de conexión correspondientes y apretando los empalmes con el torque adecuado para prevenir cualquier posible fuga de fluido hidráulico.

**Figura 47**

*Conexión de bombas, válvulas y actuadores*



## Chequeo operacional intermedio

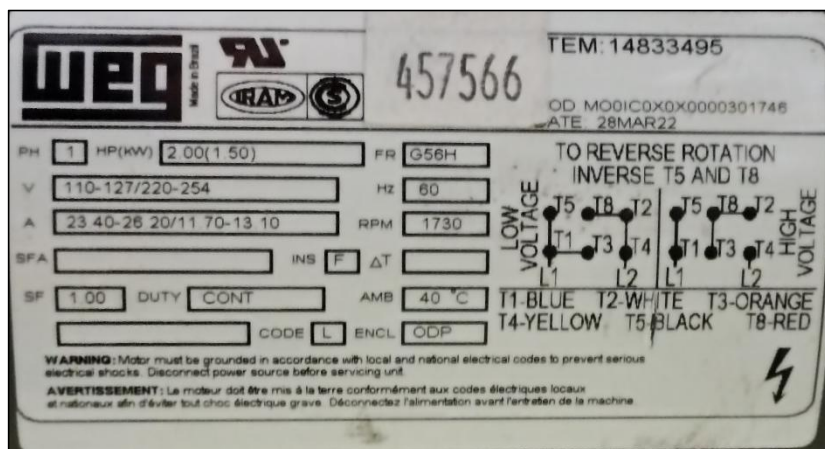
Una vez instalado la mayoría de componentes faltantes del sistema hidráulico del helicóptero se procedió a realizar un chequeo operacional intermedio para verificar si el sistema daba la presión adecuada. El resultado del chequeo operacional intermedio determinó que el block hidráulico no suministraba la presión adecuada (3000 psi), de tal manera que se consideró la adquisición de un motor eléctrico el cual será conectado al block hidráulico como se detalla a continuación.

## Instalación del motor eléctrico

Dada a las circunstancias luego de realizar el chequeo operacional del sistema se determinó la adquisición de un motor eléctrico de acuerdo a las siguientes especificaciones, como muestra la Figura 47.

**Figura 48**

*Instalación del motor eléctrico*



La conexión del motor eléctrico se realizó, aparte de las conexiones eléctricas del motor del helicóptero, ya que este motor necesitaba 110 V AC monofásicos, cabe recalcar que la rehabilitación del sistema hidráulico tiene el fin de que el sistema funcione sin la necesidad de encender el motor del helicóptero. Por tal razón, la conexión eléctrica del motor quedó fuera de la aeronave con un enchufe.

### Remoción del block hidráulico

El block hidráulico se removió para ello se utilizó una llave mixta número 10, para aflojar 6 tuercas y se siguió los pasos del manual de mantenimiento, ATA 29.

#### Figura 49

*Remoción del block hidráulico*



Para conectar el motor al bloque hidráulico se realizó un acople, el cual conecta el eje tanto del motor eléctrico con el block hidráulico. Una vez realizada las respectivas conexiones se aseguró a la parte superior del helicóptero junto a la BTP del mismo, como muestra la Figura 50.



**Figura 50**

*Ubicación a ser conectado el conjunto motor-block hidráulico*

**Inspección final y chequeo operacional**

Una vez conectado tanto el motor eléctrico y el block hidráulico, se realizó el respectivo chequeo operacional final y una inspección visual, para determinar el correcto funcionamiento de los componentes y evitar posibles fugas de líquido hidráulico. Encendido el motor eléctrico y conectado al eje del block hidráulico, el sistema proporcionó la presión adecuada de 3000 PSI, dando un resultado satisfactorio a todo el trabajo realizado, por último, se cerraron los paneles de acceso y limpio el área de trabajo.

**Figura 51**

*Inspección final y chequeo operacional*



## Capítulo IV

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

- La recopilación de información técnica y la comprensión de los procedimientos necesarios para la rehabilitación del sistema hidráulico del helicóptero Gazelle E-363 sentaron las bases para una rehabilitación precisa y efectiva.
- La inspección visual de los componentes del sistema hidráulico, siguiendo los procedimientos establecidos en los manuales de la aeronave, permitió detectar y corregir anomalías, contribuyendo así a mantener su óptimo funcionamiento y prevenir posibles fallos.
- El chequeo operativo completo de los componentes del sistema hidráulico confirmó su operatividad dentro de los parámetros definidos por el fabricante, asegurando una rehabilitación satisfactoria y garantizando la seguridad y eficiencia del helicóptero Gazelle E-363.

**Recomendaciones**

- Implementar un plan de mantenimiento preventivo regular para asegurar la integridad y funcionamiento óptimo de los componentes aeronáuticos.
- Incorporar sistemas de monitoreo en línea para detectar y abordar anomalías en tiempo real, mejorando así la eficiencia y confiabilidad del sistema hidráulico del helicóptero.
- Proporcionar capacitación continua al personal técnico sobre los procedimientos de mantenimiento y respuesta ante emergencias para garantizar un mantenimiento efectivo y seguro del sistema de la aeronave.

## Glosario

**ATA:** Según la Administración Federal de Aviación (FAA), se refiere a "Air Transport Association" o "Asociación de Transporte Aéreo".

**ESAE:** La Unidad Ejecutora de la Escuela de Aviación, como ente del Ministerio de Defensa que se halla encargada de la Adquisición de bienes y servicios para la Unidad Educativa Militares la Agencia Espacial Europea en inglés.

**Gazelle E-363:** Es una variante del helicóptero Gazelle, fabricado por Aérospatiale (posteriormente Eurocopter y ahora Airbus Helicopters). La Gazelle es un helicóptero ligero diseñado para diversas misiones, incluyendo transporte ligero, observación, reconocimiento y entrenamiento.

**Helicóptero:** Una aeronave más pesada que el aire que está propulsada por uno o más rotores horizontales grandes, que le permiten despegar y aterrizar verticalmente, así como moverse en cualquier dirección.

**Manual de mantenimiento:** Un documento que contiene instrucciones detalladas sobre cómo mantener y reparar un equipo, sistema o vehículo. En el contexto de la aviación, un manual de mantenimiento proporcionaría pautas específicas para el mantenimiento de aeronaves.

**MILH 5606:** Es un fluido hidráulico de base mineral utilizado en sistemas hidráulicos de aeronaves.

**PSI:** Es una unidad de presión que significa libras por pulgada cuadrada (pounds per square inch en inglés). Es comúnmente utilizada en la aviación para medir la presión de los neumáticos, sistemas hidráulicos, y otros componentes.

**Rehabilitación:** Proceso de restaurar o mejorar la capacidad funcional de algo, como un avión, una infraestructura, o una persona.

**Sistema hidráulico:** Conjunto de componentes y circuitos que utilizan líquidos para transmitir la energía en un sistema mecánico, como en el caso del tren de aterrizaje, los frenos y otros sistemas en aeronaves.

**Válvula check:** También conocida como válvula de retención, es un tipo de válvula que permite el flujo de un fluido en una dirección mientras que previene el flujo en la dirección opuesta.

**Válvula By pass:** Una válvula utilizada para desviar el flujo de un fluido alrededor de un componente o sistema en lugar de a través de él.

**Válvula relief:** Una válvula diseñada para abrir y liberar presión de un sistema cuando esta supera un cierto nivel predeterminado, protegiendo así al sistema de daños por sobrepresión.

**Válvula shut off:** Una válvula utilizada para detener por completo el flujo de un fluido en un sistema.

**Viscosidad:** Es una medida de la resistencia de un fluido a fluir. En el contexto de los fluidos utilizados en la aviación, como el aceite hidráulico, la viscosidad es una propiedad importante que afecta el rendimiento del sistema.

## Bibliografía

Aerospatiale. (1978). Sistema Hidráulico. En Manual de mantenimiento helicóptero Gazelle SA 342 L (pp.26-31). Paris: Publicaciones Eurocopter.

de, M. (2015). *Tlgo. Johnatan Valencia director del trabajo de graduación.*

*Ecuadorian Army Aviation.* (s. f.). Recuperado 19 de febrero de 2024, de

<https://www.aeroflight.co.uk/waf/americas/ecuador/Army/Ecuador-arav-Gazelle.htm>

*Gazelle in Ejército Ecuatoriano.* (s. f.). Helis.Com. Recuperado 19 de febrero de 2024, de

<https://www.helis.com/database/modelorg/Ecuador-Gazelle/>

*Generalidades Del Sistema Hidraulico en Un Helicóptero | PDF | Bomba | Helicóptero.* (s. f.).

Scribd. Recuperado 20 de febrero de 2024, de

<https://es.scribd.com/document/531500103/Generalidades-del-sistema-hidraulico-en-un-helicoptero>

*Revista Pucara Nro 19 | PDF | Avión de combate | General Dynamics F 16 Fighting Falcon.*

(s. f.). Scribd. Recuperado 19 de febrero de 2024, de

<https://es.scribd.com/document/684834457/Revista-Pucara-nro-19>

*Sistema Hidraulico Bell 212 | PDF | Bomba | Helicóptero.* (s. f.). Scribd. Recuperado 20 de

febrero de 2024, de <https://es.scribd.com/document/531501537/sistema-hidraulico-bell-212>

*Sistemas Principales Del Helicóptero | PDF | Transmisión (Mecánica) | Helicóptero.* (s. f.).

Scribd. Recuperado 19 de febrero de 2024, de

<https://es.scribd.com/document/468392685/Sistemas-Principales-del-Helicoptero>

Stalin, O. C. R. (s. f.). *Construcción de un banco hidráulico para los sistemas 1 y 2 de los*

*helicópteros series Bell de la compañía Aeromaster Airways s.a.*

## **Anexos**