



**“Inspección del sistema de frenos de acuerdo a la Sección 5 del manual de mantenimiento de la aeronave Cessna 150M perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE”**

Noroña Zambrano, Víctor Josué

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

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

Tutor

Tlgo. Arévalo Rodríguez, Esteban Andrés

Latacunga, 28 de julio del 2023



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

Reporte de verificación de contenido



Capítulo 2, 3 y 4 para revision\_Noroñ...

#### Scan details

Scan time: July 27th, 2023 at 14:33 UTC  
 Total Pages: 65  
 Total Words: 16043

#### Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	0.6%	96
Minor Changes	0%	0
Paraphrased	4.2%	679
Omitted Words	0%	0

#### AI Content Detection



Text coverage  
 AI text  
 Human text

#### Plagiarism Results: (17)

<p><a href="https://es.wikipedia.org/wiki/revisiones_de_mantenimiento_...">Revisiones de mantenimiento de aeronaves - Wikip...</a> 0.8%</p> <p>Colaboradores de los proyectos Wikimedia            Ir al contenido Menú principal Menú principal mover a la barra lateral ocultar Navega...</p>
<p><a href="http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/27359/...">M-EPEL-CMA-0818.pdf</a> 0.6%</p> <p>1 Inspección de 200 horas, mediante Información técnica aplicable al Motor Continental O-200-A, para el área de simuladores de la Escuel...</p>
<p><a href="https://www.aprendamos-aviacion.com/2021/12/aviacion-ins...">Aviación : Inspecciones y Manuales - Inspection C...</a> 0.5%</p> <p>Inicio Atas Atas y Sub atas Diccionario Diccionario Aeronáutico Ar...</p>

Tlgo. Arévalo Rodríguez, Esteban Andrés

C.C.: 0604248062



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

**Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica**

### **Certificación**

Certifico que la monografía: **“Inspección del sistema de frenos de acuerdo a la Sección 5 del manual de mantenimiento de la aeronave Cessna 150M perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE”** fue realizado por el señor Noroña Zambrano, Víctor Josué; 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, 28 de julio del 2023**

**Tlgo. Arévalo Rodríguez, Esteban Andrés**

C.C.: 0604248062



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

**Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica**

**Responsabilidad de Autoría**

Yo **Noroña Zambrano, Víctor Josué**, con cédula de ciudadanía N° **0503329435** declaro que el contenido, idea y criterios de la Monografía: **“Inspección del sistema de frenos de acuerdo a la Sección 5 del manual de mantenimiento de la aeronave Cessna 150M perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros referenciando las citas bibliográficas.

**Latacunga, 28 de julio del 2023**

**Noroña Zambrano, Víctor Josué**

C.C.: 0503329435



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

**Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica**

**Autorización de publicación**

Yo **Noroña Zambrano, Víctor Josué**, con cédula de ciudadanía N° **0503329435** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la Monografía: **“Inspección del sistema de frenos de acuerdo a la Sección 5 del manual de mantenimiento de la aeronave Cessna 150M perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

**Latacunga, 28 de julio del 2023**

**Noroña Zambrano, Víctor Josué**

C.C.: 0503329435

### **Dedicatoria**

Con gratitud y dedicación, quiero expresar mi reconocimiento a todos aquellos que contribuyeron a la realización de este arduo pero gratificante camino académico. A mis familiares y amigos, por su incondicional apoyo, paciencia y aliento a lo largo de esta travesía. A mi madre que desde un inicio me apoyó en todas mis decisiones y me alentó de la mejor manera para seguir adelante, siempre creyó en que esto iba ser posible y este logro lo conseguimos juntos. A mis abuelitos que me apoyaron para impulsarme y terminar la parte final que fue la más difícil. A todos mis familiares que siempre estuvieron para ayudarme en lo que les pedía, de cierta manera todos pusieron su granito de arena para que esto sea posible. A mis docentes que siempre estuvieron para resolver cualquier duda que surgió en este camino. A mis amigos que de cierta manera me ayudaron a llegar hasta el final. Para terminar, dedico esta tesis a todos los que sueñan en grande, que se esfuerzan por hacer realidad sus objetivos y que nunca dejan de aprender. Que este trabajo sea una inspiración para futuras generaciones de investigadores y estudiantes, animándolos a perseguir sus pasiones y contribuir al avance de la ciencia y la humanidad.

## Agradecimiento

En este momento de culminación académica, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a aquellos seres queridos que han sido mi apoyo incondicional a lo largo de esta travesía. Mi gratitud se extiende hacia mi madre, cuyo amor, sacrificio y aliento han sido la fuerza motriz detrás de cada paso que he dado en este camino de aprendizaje.

A mis abuelitos, cuyo cariño y sabiduría han sido un faro de luz en los momentos de dificultad. Sus consejos y experiencias de vida han sido un valioso regalo que me ha enriquecido como persona y como estudiante.

A todos mis familiares, quienes siempre creyeron en mí y me brindaron su inquebrantable respaldo en cada desafío que enfrenté. Su presencia ha sido un pilar fundamental, y su confianza en mis capacidades me ha dado la fortaleza para continuar incluso cuando las cosas se tornaban complicadas.

A la universidad y sus docentes que día a día me compartieron sus conocimientos con mucho esfuerzo y dedicación, gracias a ellos aprendí todo lo necesario para poder llegar a este punto de mi carrera académica.

Un especial agradecimiento a mi tutor que con mucha paciencia me guio por el camino indicado para terminar mi proyecto de titulación de la mejor manera, sin su ayuda y consejos sería más difícil.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula .....	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación.....	3
Responsabilidad de Autoría .....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento .....	7
Índice de contenido.....	8
índice de figura.....	12
índice de tablas.....	14
Resumen .....	15
Abstract.....	16
Capítulo I Planteamiento del problema.....	17
Antecedentes.....	17
Planteamiento del problema .....	18
Justificación e importancia.....	19
Objetivos.....	20
<i>Objetivo general</i> .....	20
<i>Objetivos específicos</i> .....	20

Alcance .....	21
<b>Capítulo II Marco Teórico.....</b>	<b>22</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>22</b>
<b>La aviación y su historia.....</b>	<b>23</b>
<b>Aeronave Cessna 150M .....</b>	<b>24</b>
<b>Manuales y certificados.....</b>	<b>26</b>
<b><i>AMM (Aircraft Maintenance Manual) .....</i></b>	<b>27</b>
<b><i>IPC (Illustrated Parts Catalogue) .....</i></b>	<b>28</b>
<b><i>AD (Directiva de aeronavegabilidad).....</i></b>	<b>30</b>
<b><i>AC (Circular de asesoramiento) .....</i></b>	<b>30</b>
<b><i>SB (Boletín de servicio).....</i></b>	<b>31</b>
<b>Mantenimiento y sus tipos .....</b>	<b>32</b>
<b><i>Mantenimiento preventivo.....</i></b>	<b>33</b>
<b><i>Mantenimiento correctivo .....</i></b>	<b>33</b>
<b><i>Mantenimiento tipo A.....</i></b>	<b>34</b>
<b><i>Mantenimiento tipo B.....</i></b>	<b>35</b>
<b><i>Mantenimiento tipo C.....</i></b>	<b>36</b>
<b><i>Mantenimiento tipo D.....</i></b>	<b>36</b>
<b>Inspecciones .....</b>	<b>37</b>
<b><i>Inspección previa al vuelo .....</i></b>	<b>38</b>
<b><i>Inspección de mantenimiento rutinario .....</i></b>	<b>39</b>
<b><i>Inspección programada.....</i></b>	<b>40</b>
<b><i>Inspección detallada.....</i></b>	<b>41</b>
<b><i>Inspección de reparación.....</i></b>	<b>42</b>
<b><i>Inspección de mantenimiento mayor .....</i></b>	<b>43</b>

<i>Inspecciones Visuales</i> .....	44
<i>Tipos de trenes de aterrizaje</i> .....	46
Tipos de frenos.....	47
Sistema de frenos .....	49
<i>Componentes principales del sistema de frenos</i> .....	50
Líquidos hidráulicos .....	53
<i>Líquido hidráulico MIL-H-5606</i> .....	54
Capítulo III Desarrollo del tema .....	56
Introducción .....	56
Preparación .....	57
Desarrollo .....	59
<i>Inspección visual del sistema de frenos y sus componentes</i> .....	59
<i>Conclusiones de la primera inspección visual</i> .....	60
<i>Remoción y limpieza del cilindro maestro derecho</i> .....	61
<i>Remoción y limpieza de las cámaras de freno y pastillas de freno</i> .....	65
<i>Inspección de los discos de freno</i> .....	68
<i>Identificación del número de parte de los discos de freno</i> .....	69
<i>Remoción de los discos de freno, ruedas y sus componentes</i> .....	72
<i>Inspección de los componentes de la rueda</i> .....	76
<i>Ensamblaje de la rueda y sus componentes</i> .....	78
<i>Reinstalar la rueda</i> .....	81
<i>Procedimiento para la otra rueda</i> .....	81
<i>Sangrado de líquido hidráulico en el sistema</i> .....	82
<i>Segunda inspección visual</i> .....	84
<i>Reemplazo de las cañerías</i> .....	85

<i>Prueba de funcionamiento del sistema</i> .....	88
<i>Limpieza e inspección de las cámaras de freno</i> .....	89
<i>Prueba de funcionamiento del sistema</i> .....	92
<b>Capítulo IV Conclusiones y recomendaciones</b> .....	94
<b>Conclusiones</b> .....	94
<b>Recomendaciones</b> .....	95
<b>Bibliografía</b> .....	96
<b>Anexos</b> .....	98

## ÍNDICE DE FIGURA

<b>Figura 1</b> <i>Primer modelo de una aeronave</i> .....	<b>23</b>
<b>Figura 2</b> <i>Aeronave Cessna 150M</i> .....	<b>25</b>
<b>Figura 3</b> <i>Portada del manual de mantenimiento</i> .....	<b>26</b>
<b>Figura 4</b> <i>Sistema de frenos en un IPC</i> .....	<b>29</b>
<b>Figura 5</b> <i>Tren principal izquierdo de la aeronave Cessna 150M</i> .....	<b>47</b>
<b>Figura 6</b> <i>Pedales de freno de una aeronave</i> .....	<b>50</b>
<b>Figura 7</b> <i>Cilindro maestro de la aeronave Cessna 150M</i> .....	<b>51</b>
<b>Figura 8</b> <i>Frenos de disco de la aeronave Cessna 150M</i> .....	<b>52</b>
<b>Figura 9</b> <i>Ala izquierda de la aeronave Cessna 150M</i> .....	<b>57</b>
<b>Figura 10</b> <i>Portada del manual de mantenimiento</i> .....	<b>58</b>
<b>Figura 11</b> <i>Disco de freno con desgaste de la aeronave Cessna 150M</i> .....	<b>60</b>
<b>Figura 12</b> <i>Cilindro maestro del sistema de frenos</i> .....	<b>62</b>
<b>Figura 13</b> <i>Figura de los componentes del cilindro maestro</i> .....	<b>63</b>
<b>Figura 14</b> <i>Pasos para remover o instalar los cilindros maestros del freno</i> .....	<b>64</b>
<b>Figura 15</b> <i>Momento de la remoción de la cámara de freno</i> .....	<b>65</b>
<b>Figura 16</b> <i>Pastillas de freno con suciedad</i> .....	<b>66</b>
<b>Figura 17</b> <i>Scotch Brite</i> .....	<b>67</b>
<b>Figura 18</b> <i>Disco de frenos y calibrador pie de rey</i> .....	<b>69</b>
<b>Figura 19</b> <i>Figura 37A del IPC</i> .....	<b>70</b>
<b>Figura 20</b> <i>Índice de partes de la figura 37A del IPC</i> .....	<b>71</b>
<b>Figura 21</b> <i>Índice de códigos de la figura 37A del IPC</i> .....	<b>71</b>
<b>Figura 22</b> <i>Procedimiento para remover la rueda según el manual</i> .....	<b>72</b>
<b>Figura 23</b> <i>Rueda de la aeronave Cessna 150M fuera del eje</i> .....	<b>73</b>
<b>Figura 24</b> <i>Procedimiento para desmontar los diferentes componentes de la rueda</i> .....	<b>74</b>

<b>Figura 25</b> <i>Rueda fuera del eje desmontados sus componentes</i> .....	<b>74</b>
<b>Figura 26</b> <i>Rueda fuera del eje con todos sus componentes</i> .....	<b>75</b>
<b>Figura 27</b> <i>Procedimiento para la inspección de los diferentes componentes</i> .....	<b>77</b>
<b>Figura 28</b> <i>Rodamientos de la rueda fuera del buje</i> .....	<b>78</b>
<b>Figura 29</b> <i>Procedimiento para el reensamble de los diferentes componentes</i> .....	<b>79</b>
<b>Figura 30</b> <i>Buje de la rueda con el tubo dentro y la válvula ubicada en su lugar</i> .....	<b>80</b>
<b>Figura 31</b> <i>Procedimiento para reinstalar la rueda</i> .....	<b>81</b>
<b>Figura 32</b> <i>Disco de frenos y calibrador pie de rey</i> .....	<b>82</b>
<b>Figura 33</b> <i>Frasco del líquido hidráulico MIL-H-5606</i> .....	<b>82</b>
<b>Figura 34</b> <i>Sangrado del sistema de frenos</i> .....	<b>84</b>
<b>Figura 35</b> <i>Tren principal</i> .....	<b>85</b>
<b>Figura 36</b> <i>Momento de la instalación de las cañerías</i> .....	<b>86</b>
<b>Figura 37</b> <i>Protección de las cañerías</i> .....	<b>87</b>
<b>Figura 38</b> <i>Rueda de la aeronave levantada</i> .....	<b>88</b>
<b>Figura 39</b> <i>Parte del procedimiento para la inspección de las cámaras de freno</i> .....	<b>89</b>
<b>Figura 40</b> <i>Cilindro de la cámara de freno</i> .....	<b>90</b>
<b>Figura 41</b> <i>Cámara de freno sin el cilindro</i> .....	<b>91</b>
<b>Figura 42</b> <i>Instalación de la cámara de freno</i> .....	<b>92</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> <i>Especificaciones de la Aeronave Cessna 150M</i> .....	<b>15</b>
---	-----------

## Resumen

La presente tesis se enfoca en la evaluación y análisis exhaustivo del sistema de frenos de la aeronave Cessna 150M, con el objetivo de asegurar su óptimo funcionamiento y garantizar la seguridad operacional. El estudio se desarrolló siguiendo las directrices establecidas en la Sección 5 y 2 del Service Manual, que proporciona las pautas específicas para la inspección y el mantenimiento de este sistema. El primer paso de la investigación consistió en un análisis detallado del Service Manual de la aeronave, el cual incluye información relevante sobre los procedimientos de inspección, herramientas necesarias y pautas de seguridad. Se identificaron los puntos clave a inspeccionar en el sistema de frenos, como las pastillas de freno, discos, cañerías y componentes asociados. En conclusión, esta tesis proporciona un enfoque sistemático y riguroso para la inspección del sistema de frenos de la aeronave Cessna 150M, de acuerdo con la Sección 5 y 2 del Service Manual. Los resultados y recomendaciones obtenidos pueden ser utilizados como base para mejorar las prácticas de mantenimiento y garantizar el correcto funcionamiento del sistema, contribuyendo así a la seguridad operacional de la aeronave. En este trabajo se encuentran procedimientos claros y confiables para realizar inspecciones y mantenimientos en la aeronave.

Palabras clave: Cessna 150M, Service Manual, Sección, Componentes

## **Abstract**

This thesis focuses on the evaluation and exhaustive analysis of the brake system of the Cessna 150M aircraft, with the objective of ensuring its optimum performance and guaranteeing operational safety. The study was developed following the requirements established in Section 5 and 2 of the Service Manual, which provides specific guidelines for the inspection and maintenance of this system. The first step of the investigation consisted of a detailed analysis of the aircraft's Service Manual, which includes relevant information on inspection procedures, necessary tools, and safety guidelines. The key points to be inspected in the brake system were identified, such as brake pads, discs, lines, and associated components. In conclusion, this thesis provides a systematic and rigorous approach to the inspection of the brake system of the Cessna 150M aircraft, in accordance with Section 5 and 2 of the Service Manual. The results and recommendations obtained can be used as a base to improve maintenance practices and ensure the correct operation of the system, contributing to the operational safety of the aircraft. This work contains clear and reliable procedures to perform inspections and maintenance on the aircraft.

Keywords: Cessna 150M, Service Manual, Section, Components.

## **Capítulo I**

### **Planteamiento del problema**

#### **Antecedentes**

En todo el mundo, dentro de la industria aeronáutica la seguridad siempre es lo más importante a tomar en cuenta, y es por esta razón que a las aeronaves se les realizan diferentes tipos de inspecciones y mantenimientos, con los cuales se evitan fallos, mal funcionamientos, daños y se alarga la vida útil de las aeronaves y sus componentes. Estas inspecciones las podemos encontrar en los manuales de mantenimiento (AMM) de cada aeronave.

El sistema de frenos instalado en una aeronave es parte vital para su correcto funcionamiento ya que al momento del aterrizaje es la principal manera para detener la aeronave, también se utilizan cuando la aeronave se encuentra estacionada para evitar que ruede si alguien la toca o si el viento es muy fuerte, por esta razón el sistema de frenos tiene que funcionar adecuadamente para evitar accidentes en plataforma y en el hangar.

En un aeropuerto las inspecciones y mantenimientos se realizan para mantener un correcto funcionamiento y evitar daños en las aeronaves y sus componentes, y así mantener la seguridad en las aeronaves, en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE encontramos distintas aeronaves que no se utilizan para realizar vuelos, estas se utilizan para instrucción de mantenimiento a sus estudiantes, es por esto que las inspecciones y mantenimientos aquí se realizan para evitar que sus sistemas dejen de funcionar de la manera adecuada y consecuentemente no poder instruir a sus estudiantes de la mejor manera.

## **Planteamiento del problema**

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE ubicada en la ciudad de Latacunga, en la parroquia "Belisario Quevedo" posee una aeronave Cessna 150M para la instrucción de mantenimiento e inspecciones de sus alumnos. De acuerdo con la RDAC 147 que regula a las escuelas de Técnicos de Mantenimiento Aeronáutico, la Universidad realiza la instrucción de sus alumnos con sus diferentes aeronaves según lo que se estipula en esta RDAC.

Por este motivo las inspecciones frecuentes a los diferentes sistemas de la aeronave Cessna 150M perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE deben realizarse para evitar que las aeronaves sufran daños y así poder seguir instruyendo a sus alumnos de la mejor manera para forjar profesionales aptos para el mundo laboral.

Al realizar este proyecto se ayudará a mantener el correcto funcionamiento del sistema de frenos de la aeronave Cessna 150M con la ayuda del manual de mantenimiento (MM) de la aeronave mencionada y con las herramientas adecuadas que nos indique el manual en la sección 5 del mismo. Así se aumentará la vida útil de los componentes del sistema de frenos de la aeronave y los alumnos podrán seguir trabajando en este sistema totalmente funcional.

## **Justificación e importancia**

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE es la única escuela certificada para instrucción de Técnicos de Mantenimiento Aeronáutica del Ecuador, cuenta con la certificación de la DGAC según la RDAC 147 y cuenta con instalaciones adecuadas, herramientas, equipos, laboratorios e instructores certificados. Por lo cual tienen que mantener su certificación con el correcto mantenimiento de las aeronaves pertenecientes a la Universidad.

La razón principal para la realización de este proyecto es poder mantener el sistema de frenos de la aeronave Cessna 150M perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas en perfectas condiciones para que todos los estudiantes puedan practicar y estudiar este sistema de la mejor manera, y así alargar la vida útil del sistema de esta aeronave. Con la investigación realizadas va a ayudar a todos los estudiantes a entender y poner en práctica el proceso de inspección del sistema de frenos.

Este proyecto es muy importante ya que la aeronave y sus sistemas no han recibido los mantenimientos e inspecciones necesarias en época de la pandemia y podría ser que necesiten una inspección muy cautelosa para evitar daños no deseados en la aeronave, aparte se cumplirá con una inspección que se le debe realizar periódicamente para limpiar y cuidar sus componentes.

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

Realizar la inspección del sistema de frenos de acuerdo a la sección 5 del manual de mantenimiento de la aeronave Cessna 150M perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE para cumplir con lo programado por el manual.

### ***Objetivos específicos***

- Recopilar la información necesaria en el manual para la realización de la tarea de mantenimiento de la manera adecuada.
- Utilizar las herramientas y técnicas adecuadas para evitar daños en el sistema.
- Realizar una prueba de funcionamiento del sistema

**Alcance**

El propósito de esta investigación es ejecutar la inspección del sistema de frenos de la aeronave Cessna 150M según lo que indica la sección 5 del manual de mantenimiento para mantener en perfecto estado y funcionamiento dicho sistema, con esto se espera alargar la vida útil del sistema y permitir prácticas y estudios por parte de los estudiantes de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

El proyecto también abarca la investigación del funcionamiento del sistema de frenos con la cual posteriormente los estudiantes podrán utilizar para entender de mejor manera cómo funciona el sistema y así puedan posteriormente realizar sus tareas y trabajos de la mejor manera, y poder realizar esta inspección sin problemas para evitar daños no deseados en el sistema por parte de una mala práctica.

## **Capítulo II**

### **Marco Teórico**

#### **Introducción**

En este capítulo se detallan los temas estudiados para la realización de la presente investigación, se citan algunos conceptos y datos de suma importancia para el desarrollo del tema investigado, se utilizaron fuentes bibliográficas confiables, manuales, tesis, proyectos, videos y libros como punto de partida de la investigación, con esto se busca una mejor explicación de los temas que se abordan en este trabajo, y por consecuente una mejor comprensión para los lectores de dicho trabajo.

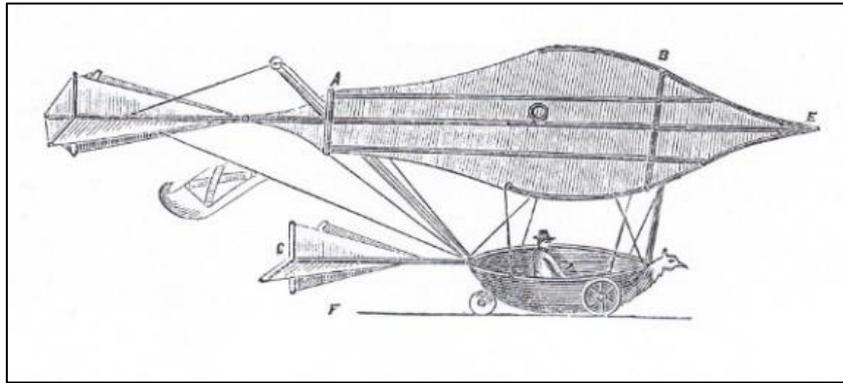
En este capítulo se detalla referencias bibliográficas relacionadas al modelo de la aeronave, los manuales utilizados, historia de la aviación, importancia de las inspecciones, sistema de frenos, entre otros, con el fin de explicar de manera concisa los temas de los que se necesitan conocimientos para realizar este trabajo, de esta manera se lograra entender muy fácilmente el trabajo realizado y presentado en el siguiente capítulo de este proyecto.

## La aviación y su historia

La historia de la aviación se remonta a muchos siglos atrás, desde la época en que los humanos se maravillaron con la capacidad de los pájaros para volar. Sin embargo, el inicio de la aviación moderna se puede situar en el siglo XVIII, cuando el científico británico George Cayley realizó importantes avances en la comprensión de la aerodinámica y diseñó la primera aeronave en miniatura (se puede observar en la figura 1) que utilizaba principios de elevación y propulsión.

### Figura 1

*Primer modelo de una aeronave*



*Nota.* Tomado de (Dwyer, 2009)

En el siglo XIX, los hermanos Wright de Estados Unidos también realizaron importantes avances en la comprensión de la aerodinámica y el control de vuelo. En 1903, los hermanos Wright lograron realizar con éxito el primer vuelo controlado y sostenido de una aeronave impulsado por un motor. A partir de este momento, la aviación comenzó a evolucionar rápidamente.

Durante la Primera Guerra Mundial, las aeronaves se utilizaron cada vez más en operaciones militares, lo que llevó a la mejora en el diseño y la fabricación de aeronaves. Después de la guerra, la aviación comercial comenzó a desarrollarse, y

en la década de 1920, las aerolíneas comenzaron a operar vuelos regulares entre ciudades.

En la década de 1930, se desarrollaron aeronaves de gran tamaño y alta velocidad, lo que permitió que los vuelos transatlánticos se convirtieran en una realidad. Durante la Segunda Guerra Mundial, la aviación militar se desarrolló aún más, y se produjeron avances significativos en la tecnología de aeronaves y motores.

Después de la guerra, la aviación comercial experimentó un rápido crecimiento, lo que llevó al desarrollo de aeronaves de gran capacidad, como los Boeing 747. En las décadas siguientes, la aviación se expandió aún más, y se desarrollaron aeronaves más avanzadas y eficientes.

Hoy en día, la aviación es una parte esencial de la economía global y del transporte internacional, y sigue evolucionando con avances tecnológicos como la aviación sin piloto y la propulsión eléctrica. La historia de la aviación es una historia de innovación, perseverancia y avances constantes en la tecnología y la ingeniería.

### **Aeronave Cessna 150M**

El Cessna 150 es una aeronave ligera de dos plazas fabricado por la compañía estadounidense Cessna Aircraft Company. El modelo Cessna 150 fue producido por primera vez en 1958 y se mantuvo en producción hasta 1977, convirtiéndose en una de las aeronaves más populares en la aviación general.

El modelo 150M se puede observar en la Figura 2, introducido en 1975, fue una actualización del Cessna 150 y se produjo hasta 1977, cuando la producción del modelo fue suspendida. El Cessna 150M presentaba varios cambios y mejoras respecto a las versiones anteriores, incluyendo una cabina más grande y mejoras en el sistema de combustible.

A continuación, en la tabla 1 se puede observar las diferentes especificaciones básicas de la aeronave, las cuales fueron obtenidas del manual de la aeronave.

**Tabla 1**

*Datos sobre la aeronave Cessna 150M*

Peso vacío	479 kg
Peso máximo de despegue	757 kg
Capacidad de combustible	26 gal
Modelo del motor	Continental O-200-A
Velocidad de crucero	130 nudos
Hélice	69 inch McCauley
Envergadura	8,23 m
Longitud	7,54 m
Altura	2,72 m

*Nota.* Especificaciones de la aeronave Cessna 150M tomados del manual.

**Figura 2**

Aeronave Cessna 150M



*Nota.* Tomado de (GS Aviation, 2018)

El Cessna 150M fue utilizado principalmente para la formación de pilotos, vuelos de recreación y como aeronave de entrenamiento militar. También se ha utilizado en operaciones de búsqueda y rescate, fotografía aérea y patrullaje de fronteras.

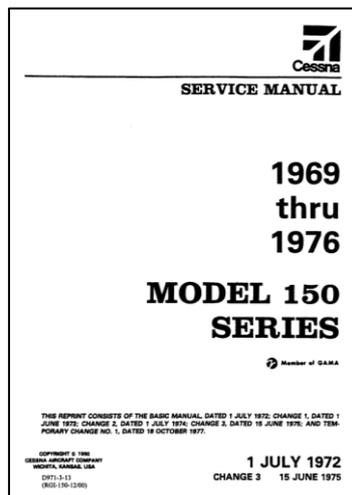
Aunque la producción del Cessna 150M se detuvo en 1977, todavía hay muchas aeronaves de este modelo en servicio en todo el mundo, lo que demuestra la durabilidad y fiabilidad de esta aeronave icónica.

### Manuales y certificados

Los manuales de mantenimiento aeronáutico del cual pueden observar su portada en la figura 3 son documentos técnicos muy importantes para la industria de la aviación. Estos manuales son proporcionados por los fabricantes de aeronaves y contienen información detallada sobre cómo realizar el mantenimiento, la inspección y las reparaciones de las aeronaves.

### Figura 3

*Portada del manual de mantenimiento*



*Nota.* Tomado de (Cessna Aircraft Company, 1972)

Existen varios tipos de manuales, de los cuales para este trabajo se investigó el AMM que nos proporciona información para realizar el mantenimiento, inspección o

reparación y el IPC que nos proporciona información e imágenes claras del funcionamiento y componentes del sistema.

Los manuales de mantenimiento de aeronaves se dividen en diferentes secciones, como, por ejemplo, el sistema eléctrico, el sistema hidráulico, el sistema de combustible, el sistema de navegación, el sistema de aviónica, entre otros. Cada sección describe los procedimientos y los requisitos específicos para el mantenimiento y la reparación de ese sistema en particular.

Los manuales de mantenimiento aeronáutico también contienen información sobre las tolerancias y especificaciones del fabricante para cada componente y sistema de la aeronave, así como instrucciones detalladas sobre cómo realizar pruebas y ensayos en cada uno de ellos. Además, estos manuales incluyen las herramientas, los equipos y los componentes de repuesto necesarios para realizar el mantenimiento y las reparaciones.

Es importante que los técnicos de mantenimiento aeronáutico estén capacitados en la interpretación y el uso de los manuales de mantenimiento aeronáutico, ya que la información contenida en estos documentos es esencial para garantizar la seguridad de la aeronave y sus ocupantes.

En el caso de algunas aeronaves los capítulos de los manuales se dividen en ATAs, basados al ATA 100, en esta aeronave en cambio se divide en veinte secciones, en las cuales se detalla lo mismo que en los manuales que se dividen en ATAs, pero ordenado de otra manera.

### ***AMM (Aircraft Maintenance Manual)***

El AMM (Aircraft Maintenance Manual) es un documento técnico proporcionado por el fabricante de una aeronave y es una de las principales referencias para el mantenimiento y la reparación de la aeronave. El AMM contiene información

detallada sobre el mantenimiento, la inspección y las reparaciones de la aeronave, y se divide en diferentes secciones que cubren diferentes sistemas y componentes.

Algunos de los contenidos típicos que se encuentran en un AMM son:

Introducción: esta sección incluye información sobre la aeronave y el propósito del manual.

Descripción y operación del sistema: esta sección proporciona información detallada sobre el funcionamiento de los sistemas de la aeronave, como el sistema eléctrico, el sistema hidráulico, el sistema de combustible, el sistema de aire acondicionado, etc.

Mantenimiento: esta sección describe los procedimientos de mantenimiento programado y no programado, incluyendo los intervalos de inspección y los procedimientos de prueba.

Reparación: esta sección describe los procedimientos de reparación para los sistemas y componentes de la aeronave.

Tablas de referencia: se incluyen tablas de referencia, como listas de componentes, tolerancias y especificaciones.

El AMM también puede incluir información adicional, como las hojas de trabajo de mantenimiento, instrucciones de instalación de modificación y actualizaciones de servicio. El AMM es una herramienta crítica para los técnicos de mantenimiento de aeronaves, ya que les proporciona la información necesaria para mantener la aeronave en óptimas condiciones de seguridad y operación.

### ***IPC (Illustrated Parts Catalogue)***

El IPC (Illustrated Parts Catalogue) es un documento técnico que proporciona información detallada sobre los componentes de una aeronave. El IPC es producido por el fabricante de la aeronave y contiene información que permite identificar,

seleccionar y solicitar componentes de repuesto para la aeronave. Algunos de los contenidos típicos que se encuentran en un IPC son:

Índice: una lista de los sistemas y componentes cubiertos en el catálogo.

Diagramas y gráficos: el IPC incluye ilustraciones detalladas de cada sistema y componente de la aeronave, lo que ayuda a los técnicos de mantenimiento y a otros profesionales a identificar los componentes de repuesto necesarios.

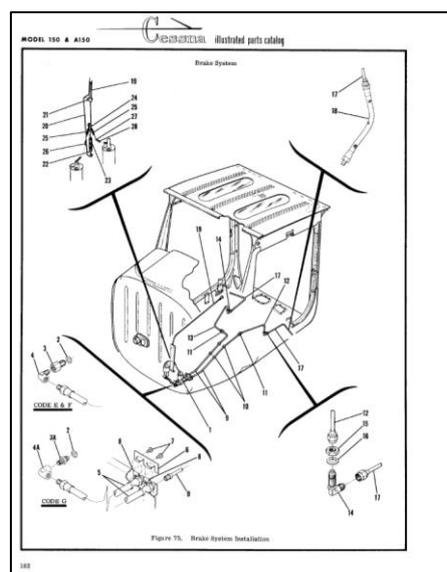
Listas de partes: se incluyen listas de componentes con información detallada, como números de parte, descripciones, dimensiones, pesos, tolerancias y precios.

Códigos de unidad: se incluyen códigos de unidad que indican el estado actual de un componente, como si está disponible en stock, si debe ser fabricada o si está descontinuada.

Instrucciones de instalación: el IPC también puede incluir instrucciones detalladas para la instalación de componentes, lo que ayuda a los técnicos de mantenimiento a instalar y reparar los componentes correctamente.

## Figura 4

### *Sistema de frenos en un IPC*



*Nota.* Tomado de (Cessna Aircraft Company, 1972, pag.182)

El IPC es una herramienta importante para los técnicos de mantenimiento y los profesionales de la aviación, ya que les permite identificar y solicitar los componentes de repuesto necesarios para mantener y reparar la aeronave. Además, el IPC también puede ser utilizado por los departamentos de compras y logística para gestionar el inventario de componentes de repuesto de la aeronave.

En la figura 4 se puede observar la instalación del sistema de frenos de la aeronave Cessna 150M según el IPC, en la cual se pueden identificar los componentes principales y algunos subsistemas.

### ***AD (Directiva de aeronavegabilidad)***

Una Directiva de Aeronavegabilidad (DA) es una orden emitida por una autoridad de aviación civil que exige que se realice una acción específica en una aeronave para mantener o mejorar su seguridad de operación. Las DA se emiten cuando se identifica un problema de seguridad en una aeronave o en uno de sus componentes, y se requiere una acción correctiva para garantizar la seguridad de la operación.

Las Directivas de Aeronavegabilidad son una herramienta importante para garantizar la seguridad en la aviación. Es importante que los propietarios y operadores de aeronaves estén al tanto de las DA y tomen las medidas necesarias para garantizar la seguridad de su aeronave.

### ***AC (Circular de asesoramiento)***

Una Circular de Asesoramiento (AC, por sus siglas en inglés) es un documento emitido por una autoridad de aviación civil que brinda información y orientación a la industria de la aviación sobre prácticas recomendadas, procedimientos, técnicas o requisitos.

A diferencia de una regulación o una directiva de aeronavegabilidad, una AC no es legalmente vinculante y no establece requisitos obligatorios. En cambio, una AC

es una herramienta que las autoridades de aviación civil utilizan para comunicar información y orientación a la industria de la aviación sobre temas específicos.

Las AC pueden abordar una amplia gama de temas, desde prácticas recomendadas para la gestión de la seguridad de la aviación hasta recomendaciones para la implementación de nuevos equipos o tecnologías en las aeronaves. Las AC también pueden proporcionar orientación sobre la interpretación de regulaciones existentes o establecer procedimientos para cumplir con ciertos requisitos.

Aunque las AC no son legalmente vinculantes, se espera que los propietarios y operadores de aeronaves sigan las recomendaciones contenidas en las mismas. Las AC son una herramienta importante para mantener y mejorar la seguridad de la aviación, y los profesionales de la industria de la aviación deben estar al tanto de las AC relevantes para su área de trabajo.

Las AC las podemos encontrar en las páginas oficiales de las autoridades de aviación civil, dependiendo del país de origen de la aeronave, el país de su fabricación o el país en el que opera, por lo tanto, se debe revisar periódicamente las páginas en las que puede existir una nueva AC para poder tomarla en cuenta lo más rápido y eficaz posible.

### ***SB (Boletín de servicio)***

Un Boletín de Servicio (SB, por sus siglas en inglés) es un documento emitido por un fabricante de aeronaves, un proveedor de equipos o un proveedor de servicios de mantenimiento que proporciona información actualizada sobre los productos o servicios que ofrecen.

Un SB puede contener información sobre problemas conocidos con un producto o servicio, soluciones propuestas para abordar esos problemas, cambios

en los procedimientos de mantenimiento o recomendaciones para mejorar el rendimiento del producto o servicio. Los SB también pueden contener información sobre cambios en la configuración de los productos o servicios, actualizaciones de software o mejoras en los componentes.

Los SB son una herramienta importante para los propietarios y operadores de aeronaves y los técnicos de mantenimiento, ya que proporcionan información sobre cómo mantener y actualizar los productos y servicios. Los propietarios y operadores de aeronaves y los técnicos de mantenimiento deben estar atentos a los SB relevantes para sus productos y servicios y tomar medidas para implementar las recomendaciones contenidas en ellos.

### **Mantenimiento y sus tipos**

El mantenimiento aeronáutico es el conjunto de actividades y servicios realizados en una aeronave para garantizar que esté en condiciones seguras y operativas en todo momento. Su objetivo es asegurar la integridad estructural, la confiabilidad, la disponibilidad y el rendimiento de los sistemas y componentes de la aeronave, así como maximizar la vida útil de la misma.

El mantenimiento aeronáutico incluye la realización de inspecciones, reparaciones, reemplazos y ajustes en la aeronave, sus componentes y equipos, de acuerdo a las normativas, regulaciones y procedimientos establecidos por los fabricantes y las autoridades aeronáuticas. Además, también se encarga de llevar a cabo el seguimiento y control de las horas de vuelo, la gestión de repuestos y suministros, la planificación de los programas de mantenimiento y la gestión de los registros y documentos de mantenimiento.

En resumen, el mantenimiento aeronáutico es una actividad esencial para garantizar la seguridad, confiabilidad y operatividad de las aeronaves en todo momento.

### ***Mantenimiento preventivo***

El mantenimiento preventivo es una de las categorías de mantenimiento aeronáutico que se lleva a cabo en una aeronave antes de que se presente una falla o problema. Su objetivo es detectar y corregir posibles fallos o desgastes antes de que estos afecten la operatividad o seguridad de la aeronave.

El mantenimiento preventivo se lleva a cabo de acuerdo a los procedimientos establecidos por los fabricantes de la aeronave y los equipos, y puede incluir inspecciones, pruebas y ajustes en los sistemas y componentes. Estas actividades se realizan de manera programada y periódica, siguiendo un plan de mantenimiento establecido por el fabricante o la autoridad aeronáutica.

El mantenimiento preventivo es importante para garantizar la confiabilidad y disponibilidad de la aeronave, y para evitar costos innecesarios de reparación y reemplazo de componentes. Además, también contribuye a la seguridad de los vuelos, ya que permite detectar y corregir posibles fallos antes de que estos puedan afectar la operatividad de la aeronave.

### ***Mantenimiento correctivo***

El mantenimiento correctivo es otro tipo de mantenimiento aeronáutico que se realiza cuando se detecta una falla o problema en una aeronave. A diferencia del mantenimiento preventivo, el mantenimiento correctivo se lleva a cabo de manera reactiva, es decir, en respuesta a una situación de emergencia o una avería detectada durante la operación de la aeronave.

El mantenimiento correctivo puede incluir la reparación o reemplazo de componentes, la realización de pruebas y ensayos para detectar la causa de la falla o avería, y la aplicación de medidas correctivas para evitar que el problema se repita en el futuro.

El mantenimiento correctivo es necesario para mantener la aeronave operativa y segura en situaciones de emergencia o en caso de fallos imprevistos. Sin embargo, el mantenimiento preventivo es preferible, ya que permite detectar y corregir posibles fallos antes de que afecten la operatividad y seguridad de la aeronave.

Es importante que los operadores de aeronaves tengan un plan de mantenimiento bien establecido y que incluya tanto el mantenimiento preventivo como el correctivo, para garantizar la operación segura y eficiente de la aeronave.

### ***Mantenimiento tipo A***

El mantenimiento tipo A es una de las categorías de mantenimiento aeronáutico, establecida por la autoridad aeronáutica, que se refiere a las actividades de mantenimiento de menor complejidad y frecuencia. Este tipo de mantenimiento se lleva a cabo en intervalos de tiempo determinados, según lo establecido por el fabricante de la aeronave y la autoridad aeronáutica.

El mantenimiento tipo A incluye inspecciones visuales y pruebas sencillas en los sistemas y componentes de la aeronave, como la revisión de los niveles de líquidos, la limpieza y lubricación de componentes, la inspección de conexiones y el ajuste de elementos de fijación.

Es importante destacar que el mantenimiento tipo A debe ser realizado por personal técnico capacitado y calificado, que cumpla con los requisitos establecidos por la autoridad aeronáutica y los fabricantes de los equipos. Además, se deben seguir los procedimientos y recomendaciones establecidos por los fabricantes de la

aeronave y la autoridad aeronáutica para garantizar la efectividad del mantenimiento.

### ***Mantenimiento tipo B***

El mantenimiento tipo B es una de las categorías de mantenimiento aeronáutico que se refiere a actividades de mayor complejidad que el mantenimiento tipo A. Este tipo de mantenimiento incluye la inspección y el mantenimiento de sistemas y componentes críticos de la aeronave, como los sistemas de frenos, el sistema eléctrico y los sistemas de combustible.

El mantenimiento tipo B debe realizarse de acuerdo con las instrucciones y los requisitos establecidos por el fabricante de la aeronave y la autoridad aeronáutica. Estas instrucciones incluyen los procedimientos de inspección, los requisitos de calibración y los intervalos de tiempo para la realización de cada actividad.

Algunos ejemplos de actividades de mantenimiento tipo B pueden incluir la inspección y el ajuste de los sistemas de frenos, la verificación del correcto funcionamiento de los sistemas de comunicación y navegación, la revisión y el mantenimiento de los sistemas de protección contra heladas y el reemplazo de componentes que han alcanzado su vida útil.

El mantenimiento tipo B es esencial para garantizar la seguridad y el rendimiento de la aeronave, y debe ser realizado por personal técnico altamente capacitado y experimentado, que cuente con las herramientas y los equipos necesarios para realizar las actividades de mantenimiento de manera efectiva. Además, se deben seguir los procedimientos y recomendaciones establecidos por los fabricantes de la aeronave y la autoridad aeronáutica para garantizar la efectividad del mantenimiento.

***Mantenimiento tipo C***

El mantenimiento tipo C es una de las categorías de mantenimiento aeronáutico que implica actividades de inspección y mantenimiento de mayor complejidad que el mantenimiento tipo B. Este tipo de mantenimiento se enfoca en la inspección y el mantenimiento de componentes y sistemas críticos de la aeronave, como los sistemas hidráulicos, los sistemas de combustible y los sistemas de presurización.

El mantenimiento tipo C debe realizarse de acuerdo con las instrucciones y los requisitos establecidos por el fabricante de la aeronave y la autoridad aeronáutica. Estas instrucciones incluyen los procedimientos de inspección, los requisitos de calibración y los intervalos de tiempo para la realización de cada actividad.

Algunos ejemplos de actividades de mantenimiento tipo C pueden incluir la inspección y el mantenimiento de los sistemas de presurización, la revisión y el mantenimiento de los sistemas de combustible y los sistemas hidráulicos, y la inspección y el mantenimiento de la estructura de la aeronave.

El mantenimiento tipo C se realiza en talleres o centros de mantenimiento autorizados por la autoridad aeronáutica correspondiente. Estos talleres cuentan con la infraestructura, el personal y los equipos especializados necesarios para llevar a cabo el mantenimiento y la inspección de los sistemas críticos de la aeronave en cumplimiento con las normas y regulaciones aplicables. En algunos casos, las líneas aéreas pueden tener sus propios talleres de mantenimiento que están autorizados para realizar el mantenimiento tipo C de sus aeronaves.

***Mantenimiento tipo D***

El mantenimiento tipo D es el nivel de mantenimiento más completo y exhaustivo para una aeronave. En este tipo de mantenimiento se desmonta y se revisa la

aeronave por completo para detectar y corregir cualquier problema que pudiera haber pasado inadvertido en los mantenimientos previos.

El mantenimiento tipo D implica el desmontaje completo de la aeronave, y la inspección detallada de todos los componentes, sistemas y estructuras. Es un proceso muy meticuloso y requiere una planificación y coordinación detallada para asegurarse de que se complete en un tiempo razonable y sin afectar la operación normal de la aeronave.

El mantenimiento tipo D se realiza de acuerdo con los requisitos establecidos por el fabricante de la aeronave y las regulaciones de la autoridad aeronáutica. Es un proceso que puede llevar varias semanas o incluso meses, y requiere la supervisión y el trabajo de personal altamente capacitado y experimentado en el mantenimiento de aeronaves.

Durante el mantenimiento tipo D, se inspeccionan y se reemplazan partes y componentes de la aeronave, se realizan pruebas y verificaciones en los sistemas de la aeronave, y se llevan a cabo pruebas de vuelo para garantizar que la aeronave esté en óptimas condiciones de operación. El mantenimiento tipo D es esencial para garantizar la seguridad y el rendimiento de la aeronave, y se realiza con la finalidad de que la aeronave vuelva a estar en condiciones de cumplir con los requisitos y normas de operación establecidos por las autoridades aeronáuticas.

## **Inspecciones**

En la industria aeronáutica, existen varios tipos de inspecciones que se realizan para asegurar la seguridad y el correcto funcionamiento de las aeronaves. Aquí te presento algunos de los tipos más comunes:

### ***Inspección previa al vuelo***

Las inspecciones previas al vuelo, también conocidas como "pre-vuelo" o "pre-flight", son un conjunto de procedimientos que se llevan a cabo antes de despegar en una aeronave. Estos procedimientos son críticos para garantizar la seguridad del vuelo y para prevenir problemas técnicos que podrían afectar el rendimiento de la aeronave.

Las inspecciones previas al vuelo involucran la revisión de diversos aspectos de la aeronave, desde la estructura y sistemas mecánicos hasta los sistemas eléctricos y electrónicos. Los pilotos y técnicos de mantenimiento de aeronaves realizan estas inspecciones en colaboración para garantizar que la aeronave esté en perfectas condiciones para el vuelo.

Entre los aspectos que se inspeccionan durante una inspección previa al vuelo se encuentran los siguientes:

- El estado del fuselaje y las alas de la aeronave
- El nivel de combustible y la calidad de este
- La presión de los neumáticos y el estado de los frenos
- El funcionamiento de los sistemas eléctricos, electrónicos y de comunicación
- La revisión de la documentación de la aeronave, como el certificado de aeronavegabilidad y el registro de mantenimiento

Además de estas inspecciones previas al vuelo, los pilotos también deben realizar una serie de comprobaciones internas en la cabina antes de despegar, tales como comprobar el funcionamiento de los controles de vuelo, el sistema de navegación y el panel de instrumentos. En resumen, las inspecciones previas al vuelo son un proceso crucial para garantizar la seguridad del vuelo. Es

responsabilidad del equipo de mantenimiento de la aeronave y de los pilotos asegurarse de que la aeronave esté en óptimas condiciones antes de despegar.

### ***Inspección de mantenimiento rutinario***

Las inspecciones de mantenimiento rutinario son una serie de procedimientos que se realizan de manera periódica en una aeronave para garantizar su correcto funcionamiento y seguridad en vuelo. Estas inspecciones son obligatorias y están establecidas por las autoridades aeronáuticas de cada país.

El objetivo principal de las inspecciones de mantenimiento rutinario es detectar y corregir posibles problemas antes de que se conviertan en una falla crítica. Estas inspecciones pueden incluir una variedad de pruebas y verificaciones, desde la revisión de la estructura de la aeronave hasta la inspección de los sistemas eléctricos y electrónicos.

Dependiendo del tipo de aeronave y del programa de mantenimiento establecido, las inspecciones rutinarias pueden ser realizadas por técnicos de mantenimiento autorizados, mecánicos, ingenieros o personal especializado. Algunos de los elementos que se suelen revisar durante estas inspecciones son los siguientes:

- El estado de la estructura de la aeronave, incluyendo fuselaje, alas, tren de aterrizaje y componentes relacionados.
- El estado y funcionamiento de los sistemas de navegación, comunicación y electrónicos, como los sistemas de aviónica, de entretenimiento a bordo y de iluminación.
- La inspección y verificación de los sistemas hidráulicos, neumáticos y eléctricos, incluyendo las baterías, generadores y alternadores.

- La revisión de los registros de mantenimiento de la aeronave para asegurarse de que se hayan cumplido todos los requisitos y que la documentación esté actualizada.

Es importante destacar que las inspecciones de mantenimiento rutinario no sólo son obligatorias, sino que también son esenciales para garantizar la seguridad de los pasajeros y tripulación a bordo de la aeronave. De hecho, el incumplimiento de estas inspecciones puede resultar en la negación de la aprobación de vuelo de la aeronave y la imposibilidad de realizar operaciones aéreas.

### ***Inspección programada***

Las inspecciones programadas son un conjunto de actividades de mantenimiento que se planifican en base a un programa establecido por el fabricante o el operador de la aeronave, y que se realizan para garantizar que la aeronave cumpla con los requisitos de seguridad y rendimiento.

Estas inspecciones se realizan en intervalos específicos de tiempo, horas de vuelo, ciclos de operación o una combinación de estos factores, y son obligatorias para todas las aeronaves, desde aeronaves comerciales hasta aeronaves privadas.

Los programas de inspección programada varían según el tipo de aeronave y el fabricante, y están diseñados para garantizar que se realice el mantenimiento necesario en el momento adecuado. Algunos de los tipos de inspecciones programadas más comunes son:

- Inspecciones de mantenimiento periódicas: estas inspecciones se realizan a intervalos establecidos por el fabricante y suelen ser las inspecciones de mantenimiento más completas y exhaustivas. Durante estas inspecciones se revisa prácticamente toda la aeronave, desde los sistemas eléctricos hasta la estructura de la aeronave.

- Inspecciones de mantenimiento por horas de vuelo: estas inspecciones se realizan después de un cierto número de horas de vuelo de la aeronave y se centran en comprobar los componentes que se desgastan con el tiempo, como los motores, hélices, rotores, etc.
- Inspecciones de mantenimiento por ciclos de operación: estas inspecciones se realizan después de un cierto número de despegues y aterrizajes, ya que estos procesos generan desgaste en los sistemas de la aeronave.

El objetivo de las inspecciones programadas es garantizar la seguridad de la aeronave y la eficiencia de su rendimiento a largo plazo. Al seguir un programa de inspección programada adecuado, se puede garantizar que la aeronave esté en óptimas condiciones en todo momento, lo que a su vez ayuda a prevenir posibles fallas y reduce el tiempo de inactividad de la aeronave debido a problemas técnicos.

### ***Inspección detallada***

Las inspecciones detalladas son un tipo de inspección más rigurosa y exhaustiva que las inspecciones de mantenimiento programadas o rutinarias. Estas inspecciones son realizadas en intervalos menos frecuentes y están diseñadas para detectar cualquier daño o defecto en la aeronave que pueda haber pasado desapercibido en las inspecciones regulares.

Las inspecciones detalladas se realizan por lo general cada varios años, y en algunos casos, después de un cierto número de horas de vuelo. Durante estas inspecciones, se lleva a cabo un desmontaje completo de la aeronave y se examinan todos los componentes a fondo. También se realizan pruebas de rendimiento en cada uno de los sistemas de la aeronave.

Algunas de las actividades que se realizan durante una inspección detallada pueden incluir:

- La verificación del estado de la estructura de la aeronave, incluyendo el fuselaje, las alas, los estabilizadores y los timones.
- La revisión de todos los sistemas de la aeronave, incluyendo el sistema hidráulico, el sistema eléctrico, los sistemas de combustible, los sistemas de aire acondicionado y los sistemas de comunicación y navegación.
- La inspección de los motores, incluyendo la limpieza de los componentes internos y la realización de pruebas de rendimiento.
- La revisión y reemplazo de los componentes que han alcanzado su límite de vida útil o que muestran signos de desgaste.

Las inspecciones detalladas son una parte importante del mantenimiento de la aeronave, ya que permiten detectar problemas que no se habrían descubierto en una inspección regular. Esto ayuda a prevenir fallos catastróficos y aumenta la seguridad de la aeronave para la tripulación y los pasajeros. Además, al garantizar que la aeronave se mantenga en buen estado de funcionamiento, se reduce el tiempo de inactividad y se prolonga la vida útil de la aeronave.

### ***Inspección de reparación***

Las inspecciones de reparación son una forma importante de garantizar que los componentes y sistemas de una aeronave se reparen adecuadamente después de haber sufrido daños o desgaste. Estas inspecciones son realizadas por técnicos de mantenimiento calificados y están diseñadas para garantizar que la reparación se haya realizado correctamente y que la aeronave esté segura para su uso.

La inspección de reparación se realiza después de que se haya realizado una reparación o reemplazo de componentes en la aeronave. Durante la inspección, se

examina el componente reparado para asegurarse de que se haya instalado correctamente y que esté funcionando correctamente. También se lleva a cabo una revisión exhaustiva de los componentes cercanos y del sistema relacionado para asegurarse de que la reparación no haya afectado a otros sistemas.

Las inspecciones de reparación pueden variar en su alcance, dependiendo del tipo y la extensión de la reparación. Algunas reparaciones pueden requerir solo una inspección visual rápida, mientras que otras pueden requerir pruebas más exhaustivas para garantizar la integridad de la reparación.

La inspección de reparación es importante porque garantiza que la aeronave esté segura para su uso y que se cumplan los estándares de calidad y seguridad. Además, una inspección de reparación adecuada también puede prolongar la vida útil de la aeronave y evitar futuros problemas y costosas reparaciones.

### ***Inspección de mantenimiento mayor***

La inspección de mantenimiento mayor, también conocida como revisión de gran alcance o overhaul, es una inspección extensa y detallada que se realiza en una aeronave para garantizar que todos los sistemas estén funcionando correctamente y que se hayan realizado las reparaciones y reemplazos necesarios. Esta inspección es la más rigurosa que se realiza en una aeronave y puede llevar varias semanas o incluso meses, dependiendo del tamaño y complejidad de la aeronave.

Durante la inspección de mantenimiento mayor, se realiza un desmontaje completo de la aeronave para inspeccionar y probar todos los sistemas, componentes y partes. Esto incluye la revisión y reemplazo de componentes que hayan alcanzado su límite de vida útil, así como la realización de pruebas y ajustes para garantizar el funcionamiento óptimo de los sistemas.

Las inspecciones de mantenimiento mayor se realizan después de un número determinado de horas de vuelo o de un cierto número de ciclos de despegue y aterrizaje, dependiendo del tipo de aeronave y los requisitos de la autoridad de aviación correspondiente. En algunos casos, la inspección de mantenimiento mayor también se puede realizar si se han producido daños importantes en la aeronave.

Durante una inspección de mantenimiento mayor, se realizan diversas tareas, incluyendo:

- La revisión de la estructura de la aeronave, incluyendo el fuselaje, las alas y los estabilizadores.
- La revisión y reemplazo de componentes clave, como los motores, el tren de aterrizaje, el sistema hidráulico, el sistema eléctrico, los sistemas de combustible y los sistemas de comunicación y navegación.
- La limpieza y revisión de los componentes internos de los motores, así como la realización de pruebas de rendimiento.
- La revisión y ajuste de todos los sistemas para garantizar el correcto funcionamiento.

La inspección de mantenimiento mayor es una parte importante del mantenimiento de la aeronave y es necesaria para garantizar la seguridad de la tripulación y los pasajeros. También ayuda a prolongar la vida útil de la aeronave y a evitar problemas y costosas reparaciones en el futuro.

### ***Inspecciones Visuales***

Las inspecciones visuales son un tipo de inspección muy común en la industria aeronáutica. Consisten en una revisión visual de la aeronave o de componentes específicos para identificar cualquier signo de daño o deterioro que pueda afectar la

seguridad o el rendimiento de la aeronave. Aquí te presento algunos ejemplos de inspecciones visuales:

**Inspección visual previa al vuelo:** Antes de cada vuelo, se realiza una inspección visual de la aeronave para detectar cualquier daño visible, como abolladuras, grietas, desgaste excesivo, pérdida de pintura, etc. También se verifica el estado de los sistemas vitales de la aeronave, como los frenos, las ruedas, los motores, el tren de aterrizaje, entre otros.

**Inspección visual de componentes específicos:** Se realizan inspecciones visuales detalladas de componentes específicos, como los motores, las hélices, las alas, los sistemas hidráulicos, los sistemas eléctricos, entre otros, para identificar cualquier daño o desgaste que pueda afectar su rendimiento o seguridad.

**Inspección visual de daños reportados:** Si se ha reportado un daño o una incidencia en la aeronave, se realiza una inspección visual detallada para determinar la extensión del daño y la necesidad de reparaciones.

**Inspección visual de mantenimiento rutinario:** Durante las inspecciones de mantenimiento rutinario, se realizan inspecciones visuales de los componentes de la aeronave para detectar cualquier signo de desgaste o daño, como fisuras, deformaciones, corrosión, entre otros.

En resumen, las inspecciones visuales son una herramienta importante para mantener la seguridad y la fiabilidad de las aeronaves, permitiendo detectar daños o desgaste en componentes antes de que se conviertan en problemas mayores y así poder evitar gastos innecesarios y paradas de la aeronave que solo traen pérdidas a la compañía.

### ***Tipos de trenes de aterrizaje***

Existen diferentes tipos de trenes dependiendo de la aeronave para la que van a ser utilizados y principalmente se dividen en dos grandes grupos de los cuales se pueden encontrar varias disposiciones, los principales grupos son: fijos y retractiles.

Tren de aterrizaje fijo: Este tipo de trenes se encuentra por lo general en aeronaves pequeñas, el tren se mantiene desplegado desde el momento del despegue hasta el momento del aterrizaje lo cual tiene como ventaja que se puede construir un tren de aterrizaje fuerte y resistente, la principal desventaja de este tipo de tren es que la velocidad de la aeronave queda limitada ya que el tren genera resistencia con el aire.

Tren de aterrizaje retráctil: Este tipo de trenes se encuentran por lo general en aeronaves grandes, en este caso el tren se puede retraer y ocultar dentro del fuselaje o las alas de la aeronave, por lo cual se reduce en gran medida la resistencia generada y a su vez se puede viajar a mayor velocidad.

Los trenes de aterrizaje también se pueden diferenciar por la disposición de sus ruedas, para lo cual también existen dos tipos principales: los trenes triciclo y los convencionales o de rueda en cola.

Tren de aterrizaje triciclo: En este tipo de tren de aterrizaje, la aeronave tiene una rueda de nariz en la parte delantera y dos ruedas principales en la parte trasera o en medio de la aeronave. Es común en la mayoría de los aviones modernos. Proporciona una mayor estabilidad durante el despegue, aterrizaje y en tierra.

Tren de aterrizaje convencional: También conocido como tren de aterrizaje en "V", se caracteriza por tener dos ruedas principales cerca del centro de gravedad de la aeronave y una rueda en la parte trasera. Era común en aviones más antiguos y

aviones de entrenamiento, pero ahora es menos frecuente, aunque todavía se utiliza en algunas aeronaves históricas y aviones ligeros.

Por último los trenes de aterrizaje pueden tener variaciones para diferentes trabajos o entornos donde se utiliza la aeronave, por ejemplo, en algunas aeronaves se pueden instalar flotadores para su operación acuática o también se pueden instalar esquíes para operar en nieve. Todo depende del uso de la aeronave, siempre debe tener un tren de aterrizaje adecuado para garantizar un despegue, un aterrizaje y un correcto manejo en tierra.

### **Tipos de frenos**

Los tipos de frenos utilizados en aeronaves pueden variar dependiendo del tamaño, el peso y la velocidad de la aeronave, así como del tipo de operaciones que realice. A continuación, se describen algunos de los tipos de frenos más comunes utilizados en aeronaves:

### **Figura 5**

*Tren principal izquierdo de la aeronave Cessna 150M*



*Nota.* Tomado de (Noroña, 2023)

Frenos de disco hidráulicos: son los más comunes en aeronaves modernas y están diseñados para soportar altas temperaturas generadas por la fricción durante el frenado. Estos frenos funcionan mediante la aplicación de una presión hidráulica a las pastillas de freno que se encuentran en el disco de freno montado en la rueda.

En la figura 5 pueden observar parte del sistema de frenos de la aeronave Cessna 150M específicamente es la parte exterior del lado izquierdo de la aeronave, en la cual se pueden identificar las cañerías, el disco y la cámara de freno.

Frenos de tambor hidráulicos: utilizados en algunas aeronaves más antiguas, consisten en un tambor que se encuentra montado en el eje de la rueda y está conectado a un cilindro hidráulico. Cuando se aplica la presión hidráulica, las zapatas de freno se expanden hacia el interior del tambor para frenar la rueda.

Frenos neumáticos: este tipo de freno utiliza aire comprimido en lugar de fluido hidráulico para activar los frenos. Los frenos neumáticos son comunes en aeronaves ligeras y pequeñas y están diseñados para soportar temperaturas más bajas que los frenos hidráulicos.

Frenos eléctricos: este tipo de freno utiliza un motor eléctrico para frenar la rueda. Los frenos eléctricos son comunes en aeronaves no tripuladas o drones.

Frenos de emergencia: los frenos de emergencia son un sistema de frenado independiente que se activa en caso de fallo del sistema de frenos principal. Estos frenos suelen funcionar mediante la aplicación de una palanca manual que actúa sobre los frenos de disco o de tambor.

Los diferentes tipos de frenos descritos son la principal manera de detener las aeronaves cuando se encuentran en tierra, sin embargo, en aeronaves más grandes que operan a velocidades mayores se utilizan diferentes formas para detener la

aeronave como pueden ser los motores y los spoilers ubicados en las alas, no se profundiza en este tema ya que en la aeronave estudiada no existen estos sistemas.

En general, el tipo de freno utilizado en una aeronave dependerá del tamaño, el peso, la velocidad y el tipo de operaciones que realice, así como de las normativas y regulaciones aplicables. Es importante mantener los frenos en buen estado y realizar las inspecciones periódicas recomendadas para garantizar un funcionamiento seguro y confiable.

### **Sistema de frenos**

El sistema de frenos en la aeronave Cessna 150M es hidráulico y consta de un freno en cada rueda principal. Cada freno está controlado por su propio pedal en la cabina del piloto, que está conectado a un cilindro maestro de frenos ubicado en la parte inferior de la palanca de control del timón.

Cuando el piloto presiona el pedal del freno, se envía una señal hidráulica al cilindro maestro correspondiente, lo que hace que el fluido hidráulico se mueva a través de las tuberías y actúe sobre el pistón en el freno correspondiente, aplicando la presión sobre las pastillas de freno que se presionan contra el disco de freno en la rueda.

El sistema de frenos también está equipado con un freno de estacionamiento mecánico, que se acciona mediante una palanca ubicada en el panel de instrumentos. Cuando se tira de esta palanca, se activa un mecanismo que presiona las pastillas de freno contra el disco de freno en la rueda, manteniendo la aeronave inmóvil mientras está estacionada.

Es importante señalar que el sistema de frenos en la aeronave Cessna 150M requiere mantenimiento y verificación periódica para garantizar que esté funcionando correctamente. Esto incluye la verificación de la presión hidráulica, el estado de las

pastillas y los discos de freno, y la limpieza y lubricación de los componentes del sistema de frenos.

### ***Componentes principales del sistema de frenos***

El sistema de frenos de la aeronave Cessna 150M consta de varios componentes principales, incluyendo:

**Tuberías y mangueras hidráulicas:** Las tuberías y mangueras hidráulicas conectan los cilindros maestros de frenos con los frenos y permiten la transmisión de la presión hidráulica.

**Pastillas de freno:** Las pastillas de freno son componentes de material de fricción que se presionan contra los discos de freno para frenar la aeronave. Estas pastillas de freno deben ser inspeccionadas y reemplazadas regularmente para garantizar que funcionen correctamente.

**Pedales de freno:** Los pedales de freno son los controles que se encuentran en la cabina del piloto y que permiten al piloto controlar los frenos de la aeronave. Se puede observar una imagen de estos en la figura 6.

### **Figura 6**

*Pedales de freno de una aeronave*



*Nota.* Tomado de (Pasión por volar, 2010)

**Figura 7**

*Cilindro maestro de la aeronave Cessna 150M*



*Nota.* Tomado de (Sbavia, 2023)

**Cilindros maestros de frenos:** Hay dos cilindros maestros de frenos en la aeronave, uno para cada freno. Estos cilindros convierten la fuerza del pedal de freno en presión hidráulica que se transmite a los frenos. El cual podemos observar en la figura 7.

**Cámaras de freno:** Hay dos cámaras de frenos en la aeronave, una para cada rueda principal. Las cuales se activan al momento de aplicar presión en los pedales en la cabina, estas ejercen presión sobre los discos de freno con ayuda de las pastillas de freno.

**Discos de freno:** Los discos de freno son componentes claves del sistema de frenos de la aeronave. Se lo puede observar en la figura 8. En el caso de la Cessna 150M, la aeronave utiliza discos de freno de acero que se encuentran montados en las ruedas principales. Estos discos son responsables de soportar la fricción generada por las pastillas de freno y de disipar el calor generado durante el frenado. Los discos de freno están diseñados para soportar altas temperaturas y cargas de

trabajo, y deben ser inspeccionados regularmente para garantizar que no presenten signos de desgaste excesivo o daño estructural.

### **Figura 8**

*Frenos de disco de la aeronave Cessna 150M*



*Nota.* Tomado de (Aviation Parts, 2023)

Es importante tener en cuenta que los discos de freno son componentes de mantenimiento crítico y deben ser reemplazados en caso de que presenten signos de desgaste, agrietamiento, deformación o cualquier otro tipo de daño. La frecuencia del reemplazo de los discos de freno depende de varios factores, como la frecuencia y la intensidad de uso del sistema de frenos y el tipo de disco de freno utilizado en la aeronave. Los discos de freno deben ser reemplazados en pares, es decir, ambos discos de freno de una rueda deben ser reemplazados al mismo tiempo para garantizar un desgaste uniforme y una operación segura del sistema de frenos.

Freno de estacionamiento: El sistema de frenos también incluye un freno de estacionamiento mecánico, que se activa mediante una palanca en el panel de instrumentos y utiliza la fricción entre las pastillas de freno y los discos de freno para mantener la aeronave inmóvil cuando está estacionada.

Todos estos componentes deben ser inspeccionados y mantenidos regularmente para garantizar la seguridad y la eficacia del sistema de frenos de la aeronave.

### **Líquidos hidráulicos**

En las aeronaves, los líquidos hidráulicos se utilizan para transferir la energía del sistema de accionamiento a través de la presión hidráulica. Los líquidos hidráulicos deben tener ciertas características para garantizar su correcto funcionamiento en el sistema hidráulico de la aeronave, como por ejemplo una alta estabilidad térmica, una buena resistencia a la oxidación, la corrosión y el desgaste, así como una excelente compatibilidad con los sellos y otros materiales del sistema.

Los líquidos hidráulicos utilizados en las aeronaves se clasifican en diferentes tipos, según su composición y sus características. A continuación, se describen los tres tipos más comunes de líquidos hidráulicos utilizados en las aeronaves:

**Líquido hidráulico mineral:** Este tipo de líquido hidráulico se compone de aceites minerales refinados y aditivos para mejorar sus propiedades, como por ejemplo la resistencia a la oxidación y la corrosión. Este tipo de líquido hidráulico se utiliza en sistemas hidráulicos de baja presión, como por ejemplo el tren de aterrizaje, y es adecuado para aeronaves más antiguas.

**Líquido hidráulico de base sintética:** Este tipo de líquido hidráulico se compone de ésteres sintéticos, que son moléculas químicas sintéticas diseñadas para cumplir con las especificaciones de la industria aeronáutica. Este tipo de líquido hidráulico se utiliza en sistemas hidráulicos de alta presión, como por ejemplo los sistemas de control de vuelo, y es adecuado para aeronaves más modernas.

**Líquido hidráulico de base vegetal:** Este tipo de líquido hidráulico se compone de aceites vegetales naturales y aditivos para mejorar sus propiedades, como por ejemplo la resistencia a la oxidación y la corrosión. Este tipo de líquido hidráulico es

más respetuoso con el medio ambiente que los líquidos hidráulicos minerales y sintéticos, y se está utilizando cada vez más en la industria aeronáutica.

Es importante tener en cuenta que cada tipo de líquido hidráulico tiene sus propias ventajas y desventajas, y que la elección del tipo de líquido hidráulico adecuado dependerá de las especificaciones del fabricante de la aeronave y de las condiciones de operación de esta.

### ***Líquido hidráulico MIL-H-5606***

El líquido hidráulico MIL-H-5606 es un tipo de líquido hidráulico mineral que se utiliza en la industria aeronáutica. Este líquido hidráulico se compone de aceites minerales refinados y aditivos para mejorar sus propiedades, como por ejemplo la resistencia a la oxidación y la corrosión.

El líquido hidráulico MIL-H-5606 es conocido por su alta estabilidad térmica y su excelente compatibilidad con los sellos y otros materiales del sistema hidráulico de la aeronave. Además, tiene un bajo costo y es adecuado para aeronaves más antiguas que operan a presiones hidráulicas más bajas.

El líquido hidráulico MIL-H-5606 es compatible con la mayoría de los materiales comunes de construcción de sistemas hidráulicos, incluyendo metales, elastómeros y materiales sintéticos. Sin embargo, este líquido hidráulico tiene algunas limitaciones en términos de temperatura de operación y resistencia a la humedad.

Es importante tener en cuenta que el líquido hidráulico MIL-H-5606 ha sido reemplazado por otros líquidos hidráulicos más modernos y avanzados, como el líquido hidráulico de base sintética y el líquido hidráulico de base vegetal, que ofrecen una mejor resistencia a la oxidación, la corrosión y el desgaste, así como una mayor estabilidad térmica y una mayor compatibilidad con los materiales del sistema hidráulico.

Este líquido es el que el manual de la aeronave Cessna 150M recomienda usar para el sistema de frenos, por lo tanto, es el que se utilizó para la realización de esta inspección y mantenimiento.

## **Capítulo III**

### **Desarrollo del tema**

#### **Introducción**

En este capítulo se redacta paso a paso los procesos, las consultas y los trabajos realizados para cumplir con los objetivos del proyecto, se encuentran normas, precauciones y procedimientos detallados en el manual de la aeronave, de esta manera se asegura la correcta instalación y funcionamiento del sistema y sus componentes, así se detalla el proceso completo para realizar la inspección del sistema de frenos de la aeronave Cessna 150M perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE".

## Preparación

Antes de iniciar con la inspección se observa la aplicabilidad del manual utilizado, para esto se procedió a buscar el número de serie de la aeronave para comprobar el año de fabricación de la misma, por lo general se la puede encontrar en una placa ubicada en la puerta izquierda de la cabina del piloto, en este caso no se pudo encontrar dicha placa por lo tanto con la matrícula de la aeronave se pudo encontrar el número de serie y el año de fabricación en la base de datos de la página web de la Administración Federal de Aviación “FAA” que está abierta al público, en la figura 9 se puede observar la matrícula de la aeronave Cessna 150M utilizada para la realización de este proyecto.

### Figura 9

Ala izquierda de la aeronave Cessna 150M perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”, en la cual se puede observar la matrícula de dicha aeronave.



Nota. Tomado de (Noroña, 2023)

Para encontrar el número de serie y el año de fabricación seguimos una serie de sencillos pasos descritos a continuación:

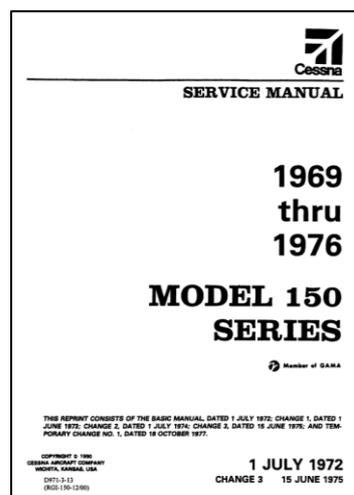
- Primero nos dirigimos a la página oficial de la FAA que es [www.faa.gov](http://www.faa.gov)

- En la página nos dirigimos a la pestaña de “aircraft”.
- Se despliega una nueva ventana donde elegimos “Look up an N-number”
- Después damos clic en “Assigned/Reserved N-numbers”
- Al ingresar al enlace aparece un cuadro de búsqueda donde se escribe la matrícula y se nos despliega toda la información de la aeronave el cual se puede descargar para su uso.

Al terminar esta búsqueda se procedió a comprobar que el manual utilizado si aplica para nuestra aeronave, en la figura 10 se puede observar la aplicabilidad del manual, el número de serie de la aeronave es “15076319” y el año de fabricación de la aeronave es “1974”, en el manual se puede observar que aplica para aeronaves fabricadas desde el año “1969” hasta el año “1976” por lo tanto, si aplica para la aeronave en la que se realiza el trabajo. El número de serie se utiliza más adelante para comprobar los diferentes componentes que fueron cambiando a lo largo de los años y poder seguir el manual de acuerdo al componente que sea el instalado en la aeronave que se realiza el trabajo.

## Figura 10

*Portada del manual de mantenimiento*



*Nota.* Tomado de (Cessna Aircraft Company, 1972).

Después de realizar dicha comprobación del manual se procede a realizar una preparación del lugar para poder seguir con el trabajo establecido, como el terreno no ayuda mucho para la limpieza de la aeronave y sus componentes, se consigue una amplia cantidad de franelas y trapos que impidan que los componentes se encuentren en contacto directo con el suelo y se vuelvan a ensuciar, luego se realiza una limpieza rápida para evitar que existan componentes de anteriores trabajos o inspecciones y así poder evitar confusiones al momento de reensamblar el sistema y sus componentes.

Por último, se realiza un listado rápido de las herramientas que se van a utilizar y nos colocamos los equipos de protección personal, como son el overol, guantes para ciertos casos, mascarilla y gafas.

## **Desarrollo**

Después de realizar la comprobación de aplicabilidad del manual para la aeronave y la preparación del área de trabajo se procede a realizar lo que indica el manual para el servicio en este caso para el sistema de frenos el manual nos indica que se debe revisar el sistema hidráulico de los frenos, cada 200 horas se debe revisar el nivel del líquido hidráulico en el cilindro maestro de los frenos.

Según el manual en el numeral 2-28 Hydraulic Brake Systems de la página 2-9 nos indica que se debe inspeccionar y rellenar el cilindro maestro de los frenos y al terminar se realiza una purga para eliminar las burbujas de aire que pueden resultar a un malfuncionamiento del sistema.

### ***Inspección visual del sistema de frenos y sus componentes***

Al realizar dicha inspección se observó que en el cilindro maestro no existía líquido hidráulico ni ningún otro líquido, también que el cilindro maestro derecho no se mantenía fijo en su eje y que le faltaba la tapa de llenado, siguiendo la inspección

se puede observar que un disco de freno (lado izquierdo) se encontraba desgastado, en la figura 11 se puede observar el desgaste de dicho componente, y por lo tanto se concluye que debe ser reemplazado.

### **Figura 11**

*Disco de freno con desgaste de la aeronave Cessna 150M*



*Nota.* Tomado de (Noroña, 2023)

El otro disco de freno (lado derecho) se encontraba en mejor estado, únicamente con un poco de suciedad y se comprueba en el manual la tolerancia de esta aeronave.

A continuación, se observan las pastillas de freno, las cuales se encuentran en buen estado, por lo cual simplemente más adelante serán limpiadas e instaladas en el sistema, por último, se revisan las cañerías del sistema para encontrar posibles roturas o fugas. Al terminar con la inspección no se encontró ninguna rotura, pero fugas no se puede saber ya que el sistema se encontraba sin presión hidráulica, a continuación, en el proyecto se completa de líquido hidráulico el sistema y se podrá volver a realizar la inspección.

### ***Conclusiones de la primera inspección visual***

Al terminar con la inspección visual se realiza una lista de trabajos a realizar y varios componentes que se deben reemplazar o fabricar para reinstalar dentro del

sistema, a continuación, se realiza un listado de dichos componentes y el problema que se encontró para poder guiarnos al momento de seguir con el proyecto.

- Cilindro maestro derecho, le hace falta el pasador que lo mantiene fijo en su eje y la tapa de llenado de líquido hidráulico. Aparte de fabricar el pasador y el tornillo se debe realizar una limpieza general del cilindro ya que al estar sin la tapa de llenado pudo ingresar suciedad al interior de este.
- Cámara de freno y pastillas, se encuentran en buen estado y solo se debe realizar una limpieza.
- Discos de freno, se encontró un desgaste excesivo en el disco izquierdo por lo que se tendrá que reemplazar. El derecho se encuentra en buen estado y se le debe realizar una limpieza.
- Cañerías, se debe volver a realizar la inspección al llenar el sistema con líquido hidráulico.

### ***Remoción y limpieza del cilindro maestro derecho***

Para realizar este procedimiento se encontró todos los pasos detallados en el manual, en la sección 5 de tren de aterrizaje y frenos, en la subsección 5-48 desde el literal a hasta el literal f ya que el g es para poder reinstalar.

Para este párrafo se puede comprobar los pasos que se describen en la figura 14 la cual contiene la subsección del manual donde explica cómo realizar la remoción del cilindro maestro. El primer paso a seguir en la remoción del cilindro maestro es drenar todo el líquido hidráulico del sistema, en este caso el sistema estaba totalmente vacío, por lo que vamos al siguiente paso; el manual especifica que se debe retirar los asientos para poder acceder a los cilindros, este proceso se encuentra en la subsección 3-7 del mismo manual; el siguiente paso es desconectar

el cilindro del subsistema que lo mantiene conectado al parking brake y de igual manera del pedal del rudder, para mayor información sobre este paso se encuentra en la subsección 10-5 del manual; el siguiente paso dice que se desconecte el cilindro de su parte inferior, el cual prácticamente ya estaba hecho porque no existía el pasador y el cilindro se salía cada que se utilizaba; el siguiente paso nos dice que se desconecten las cañerías, lo cual se realizó y posteriormente el cilindro quedó libre para poder ser retirado; el último paso es tapar todas las entradas en el cilindro y en la cañería que se desconectó para evitar el ingreso de objetos extraños, suciedad o insectos.

### **Figura 12**

*Cilindro maestro del sistema de frenos*



*Nota.* Tomado de (Noroña, 2023)

En la figura 12 se puede observar la tapa faltante en el cilindro maestro derecho, al identificar que faltaba este componente se intentó encontrar dentro de la aeronave, sin embargo, no tuvimos éxito por lo que se retiró la tapa de llenado del cilindro izquierdo y se llevó como muestra para fabricar otro de las mismas dimensiones.

Se procede a la limpieza general del cilindro, el procedimiento se puede encontrar en la subsección 5-49 del manual, la cual tiene como tema la reparación del cilindro maestro de freno, en la cual nos guía con la figura 5-12 del manual que en este caso es la figura 13, según el manual con esta figura se guiará el trabajo para desensamblar, limpiar y volver a ensamblar el cilindro maestro de freno, el manual estipula que esta subsección solo se puede utilizar para instalar nuevas partes, limpiar o ajustar el cilindro y se debe usar líquido hidráulico MIL-H-5606 limpio para su ensamble.

### Figura 13

*Figura de los componentes del cilindro maestro*

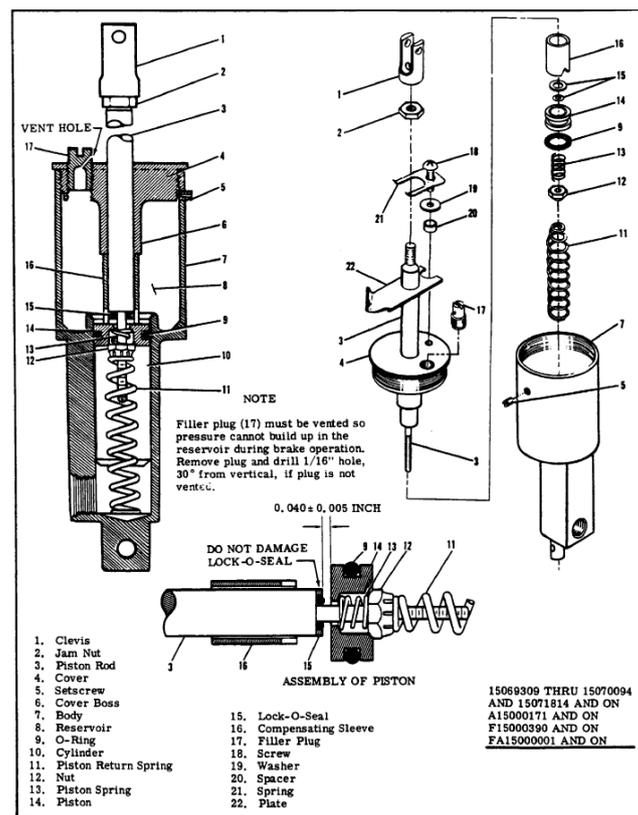


Figure 5-12. Brake Master Cylinder (Sheet 1 of 2)

5-26

*Nota.* Tomado de (Cessna Aircraft Company, 1972)

Al momento de buscar la figura 5-12 en el manual nos damos cuenta que existen dos tipos diferentes de cilindros por lo cual se debe identificar cuál de ellos está

instalado en la aeronave con la que se está trabajando, para esto se utiliza el número de serie de la aeronave (15076319), con ayuda de este número se comprueba la aplicabilidad en el manual, en el cual se identifica que la aeronave aplica para la hoja 1 de 2 ya que su aplicabilidad va desde 15071814 hasta ON que quiere decir todas las aeronaves fabricadas en adelante.

En la figura 13 se pueden observar todas las partes que componen al cilindro de freno maestro, el izquierdo y el derecho son idénticos, el componente número 17 es la tapa de llenado el cual se fabricó para poder colocarlo y reinstalar el cilindro maestro con todos sus componentes completos.

#### **Figura 14**

*Pasos para remover o instalar los cilindros maestros del freno.*

- 5-48. BRAKE MASTER CYLINDER REMOVAL AND INSTALLATION.**
- a. Remove bleeder screw at wheel brake assembly and drain hydraulic fluid from brake cylinders.
  - b. Remove front seats and rudder bar shield for access to the brake master cylinders.
  - c. Disconnect parking brake linkage and disconnect brake master cylinders from rudder pedals.
  - d. Disconnect brake master cylinders at lower attach points.
  - e. Disconnect hydraulic hose from brake master cylinders and remove cylinders.
  - f. Plug or cap hydraulic fittings, hose and lines to prevent entry of foreign matter.
  - g. Reverse the preceding steps to install brake master cylinders, then fill and bleed brake system in accordance with paragraph 5-58.

*Nota.* Tomado de (Cessna Aircraft Company, 1972)

Al recibir la tapa de llenado y culminar con la limpieza general del cilindro maestro se procede a su reensamble para lo cual se utilizó la figura 5-12 del manual, al terminar este procedimiento se debe volver a instalar el cilindro en su sitio para esto ya se tenía el pasador fabricado y de esta manera el cilindro ya se quedaría fijo en su eje, para reinstalar el cilindro se utiliza la subsección 5-48 del manual, la cual en el literal g nos indica que se deben seguir los pasos en sentido contrario y al finalizar se purga el sistema según la subsección 5-58, por lo que los

pasos a seguir serían los siguientes, primero se retiran los tapones que evitaban el ingreso de objetos o insectos a los diferentes sistemas; después de esto se conectan las cañerías al cilindro maestro; el siguiente paso es colocar el cilindro en su eje y asegurarlo, este paso no se podía hacer sin el pasador que se fabricó; después de esto el manual indica que se conecten los enganches del freno de estacionamiento y se colocan con los pedales del rudder, por último se deben reinstalar los asientos de la cabina y purgar el sistema. En la figura 14 se pueden encontrar detallados por el manual los pasos descritos en este párrafo.

Como pueden observar no se realizó la purga y llenado del sistema ya que antes de realizar esto se van a limpiar los discos de freno, las cámaras de freno y las pastillas.

### ***Remoción y limpieza de las cámaras de freno y pastillas de freno.***

Para este punto se sabía que las cámaras de freno se encontraban sin presión hidráulica y con un poco de suciedad que se debe eliminar por completo, unimos la remoción y limpieza de las cámaras de freno y las pastillas de freno en un mismo punto ya que al momento de retirarlas se retiran como un conjunto y después se pueden desmontar en diferentes componentes.

### **Figura 15**

*Momento de la remoción de la cámara de freno.*



*Nota.* Tomado de (Noroña, 2023)

Para esto se utilizó la subsección 5-52 que de una manera muy general nos indica la manera de retirar las cámaras de freno, para la remoción de las cámaras de freno se sigue un proceso sumamente sencillo en el cual únicamente se retiran dos pernos que sujetan las dos diferentes partes de la cámara de freno, a continuación, se desconecta la cañería y la cámara de freno queda totalmente libre para su manipulación.

Al momento de la remoción de la cámara de freno también quedan totalmente a la vista las pastillas de frenos las cuales se pueden comprobar que se encuentran en perfecto estado y después de una limpieza pueden volver a ser instaladas en el sistema.

### **Figura 16**

*Pastillas de freno con suciedad.*



*Nota.* Tomado de (Noroña, 2023)

En la figura 16 se pueden observar las pastillas de freno de la aeronave retiradas de la cámara de freno y con suciedad, por lo que se procede a limpiarlas con ayuda de un scotch brite la cual nos ayuda a retirar grasa, oxido y suciedad de superficies metálicas, en este momento se aprovecha para explicar que en la aeronave existen dos cámaras de freno ubicadas una en cada llanta las cuales actúan con su

respectivo cilindro maestro ubicados en la cabina, cada cámara de freno tiene 2 pastillas, una móvil y la otra fija, estas funcionan gracias a un cilindro que actúa gracias a la presión hidráulica enviada por las cañerías, la explicación se debe a que a continuación se va a explicar el proceso de limpieza de los componentes y puedan entenderlo de una mejor manera.

### **Figura 17**

*Scotch Brite*



*Nota.* Tomado de (Noroña, 2023)

En la figura 17 se puede observar la herramienta utilizada para la limpieza de los componentes mencionados en este punto y de fondo se puede observar la cámara de freno sin su pastilla.

Al momento de revisar y limpiar las cámaras de freno se observó que una de ellas no volvía a su posición original a pesar de que no existía presión hidráulica en la misma por lo que se realizó una búsqueda en el manual para realizar la limpieza interna de la cámara de freno y no se encontró la suficiente información por lo que se procede a consultar con el docente tutor y nos explicó la manera de poder desmontar la cámara de freno, el único problema era que se necesitaba presión

hidráulica por lo que se deja este paso para después, y se termina la limpieza de las pastillas de freno.

Al terminar con este proceso se vuelven a conectar las cámaras de freno a las cañerías y se colocan provisionalmente las pastillas en la cámara de freno con sus pernos, ya que se necesita que las cámaras de freno estén desmontadas para poder seguir con el trabajo de los discos de freno que viene a continuación.

### ***Inspección de los discos de freno***

En la inspección visual se puede observar que los discos de freno de la aeronave estaban con suciedad excesiva y aparte el izquierdo con un desgaste excesivo para lo cual en este momento se procede a realizar una búsqueda en el manual para saber si los discos de freno podían seguir instalados en la aeronave o debían ser reemplazados, para esto nos dirigimos a la sección 5 del manual y se procede a buscar la subsección que hable acerca de los discos de freno.

En la subsección 5-53 en el literal f se encontró información con respecto a los discos de freno, el manual nos indica que se debe realizar una inspección para encontrar un grosor mínimo de 0.19 pulgadas y en el caso de que sea menos de este grosor se debe reemplazar el disco de freno por uno que si cumpla la condición del grosor mínimo, para realizar la medida se utilizó un calibrador pie de rey, ya que es una herramienta con una muy buena precisión y en el manual no especifica ninguna herramienta en específico.

En la figura 18 se puede observar el momento en el que se realiza la medición del grosor de uno de los discos de freno. El mismo procedimiento se realiza en los dos discos de frenos, sin necesidad de retirarlos de las ruedas, al terminar este procedimiento se llegó a la conclusión que uno de los discos de freno (el izquierdo) que desde la inspección visual se notó su desgaste tiene de grosor 0.16 pulgadas

por lo que será reemplazado por uno que si cumpla el grosor mínimo. El otro disco (el derecho) al momento de la medición nos indica un grosor de 0.22 pulgadas por lo tanto puede ser utilizado por más tiempo y solo necesita una limpieza.

### **Figura 18**

*Disco de frenos y calibrador pie de rey*



*Nota.* Tomado de (Noroña, 2023)

### ***Identificación del número de parte de los discos de freno***

Para poder reemplazar el componente desgastado, en este caso el disco de freno, se debe buscar el número de parte en el IPC y así poder instalar el componente correspondiente para la serie de la aeronave, en el IPC se encontraron varias figuras del tren principal y los frenos, esto es para las diferentes series de la aeronave. Para nuestra aeronave se utilizó la figura 37A ya que es la que nos indica para aeronaves de número de serie superior a 15072004 y nuestra aeronave es 15076319.

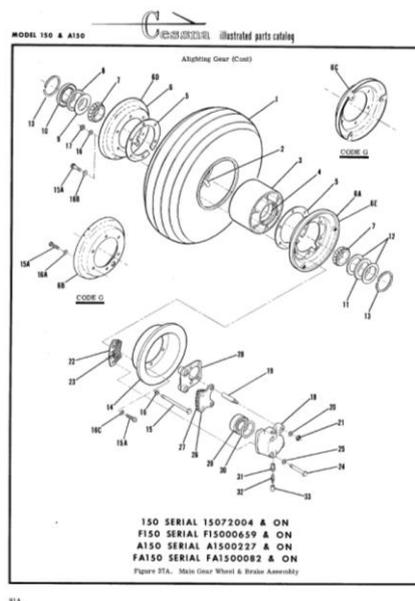
En la figura 19 se puede observar el componente en detalle con todas sus partes y un número que lo identifica para posteriormente ser ubicado en la lista correspondiente a esta figura y de esta manera encontrar el número de parte que se busca. En este caso se busca el número de parte del disco de freno por lo que se debe identificar el dibujo que representa a este componente, en esta figura el

componente buscado es el 14 por lo que con este número ya se puede buscar en la lista y así identificar el número de parte.

Se recomienda verificar bien los números de serie de la aeronave y para que figura aplica la aeronave en el IPC ya que en ocasiones existen dos o más figuras por componente y nos podemos confundir e instalar un componente de otra aeronave.

## Figura 19

*Figura 37A del IPC*



*Nota.* Tomado de (Cessna Aircraft Company, 1972. Fig. 37A)

En la figura 20 se puede observar la lista de las partes de la Figura 37A y aquí es donde se puede identificar el número de parte correspondiente al componente que se necesita reemplazar. Para este caso en específico existen diferentes códigos que se usan dependiendo de la serie de la aeronave por lo que se debe identificar el código que se usa en nuestra aeronave, estos códigos se encuentran en la siguiente hoja de la lista de partes, los códigos se identifican con letras mayúsculas empezando por la “A”.

Figura 20

Índice de partes de la figura 37A del IPC

FIGURE AND INDEX NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	UNITS USABLE	
			PER ASSY	ON CODE
37A-		1 2 3 4 5 6 7		
		WHEEL & BRAKE ASSEMBLY-MAIN LANDING GEAR	NP	A
- 1	C262003-0101	TIRE-BLACKWALL 6.00X6 4 PLY RATED	1	1
	C262001-0101	TIRE-WHITETALL 6.00X6 4 PLY RATED	1	B
	C262001-0201	WEU C262001-0201 TIRE-WHITETALL 6.00X6 6 PLY RATED	1	B
	C262004-0102	TIRE-WHITETALL 6.00X6 4 PLY RATED	1	C
- 2	C262023-0102	TUBE 6.00X6	1	
	C163002-0101	WHEEL ASSEMBLY-MAIN GEAR WEU C163003-0101	1	D
	C163003-0101	WHEEL ASSEMBLY-MAIN GEAR WEU C163003-0102	1	F
	C163003-0102	WHEEL ASSEMBLY-MAIN GEAR WEU C163004-0104	1	H
	C163004-0104	WHEEL ASSEMBLY-MAIN GEAR	1	J
- 3	D30065	HUB ASSEMBLY USE WITH C163002-0101 MCL	1	D
	D30256	HUB ASSEMBLY USE WITH C163003-0101 MCL	1	E
- 4	A30079-1	CUP-BEARING MCL	2	
- 5	B30076	SPACER MCL	2	
- 6	D30062-1	FLANGE-WHEEL USE WITH C163002-0101 MCL	1	D
- 6A	D30129	FLANGE-WHEEL USE WITH C163002-0101 MCL	1	D
- 6B	C30163-1	FLANGE-WHEEL USE WITH C163003-0101 MCL	1	F
	C30163-6	FLANGE-WHEEL USE WITH C163003-0102 MCL	1	F
- 6C	C30163	FLANGE-WHEEL USE WITH C163003-0101 MCL	1	H
	C30163-4	FLANGE-WHEEL USE WITH C163003-0102 MCL	1	H
- 6D	D30222-6	FLANGE-WHEEL USE WITH C163004-0104 MCL	1	J
- 6E	D30210	FLANGE-WHEEL USE WITH C163004-0104 MCL	1	J
- 7	A30079-2	CONE-BEARING MCL	2	
- 8	A30010	GREASE SEAL-FELT MCL	1	
- 9	A30015	RETAINER-GREASE SEAL MCL	1	
- 10	A30014	RETAINER-GREASE SEAL MCL	1	
- 11	A30011	GREASE SEAL-FELT MCL	1	
- 12	A30013	RETAINER-GREASE SEAL MCL	2	
- 13	A1636-24	RING-RETAINER MCL	2	
- 14	B30007	DISC ASSEMBLY USE WITH C163002-0101 MCL	1	D
	B30195	DISC ASSY USE WITH C163003-0101 & C163003-0102 MCL	1	G
	B30440	DISC ASSY USE WITH C163004-0104 MCL	1	J
- 15	AN4-41A	BOLET USE WITH C163002-0101	6	D
- 15A	A1635-73	SCREW USE WITH C163003-0101 & C163003-0102 MCL	12	G
	A1635-79	SCREW USE WITH C163004-0104 MCL	12	J
- 16	AN960-416L	WASHER USE WITH C163002-0101	12	D
- 16A	A1630-30	WASHER USE WITH C163003-0101 & C163003-0102 MCL	6	C

Nota. Tomado de (Cessna Aircraft Company, 1972. Fig. 37A)

Figura 21

Índice de códigos de la figura 37A del IPC

FIGURE AND INDEX NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	UNITS USABLE	
			PER ASSY	ON CODE
37A-		1 2 3 4 5 6 7		
		WHEEL & BRAKE ASSEMBLY MUST BE USED WITH C163002-0101, C163003-0101, C163003-0102 OR C163004-0104 WHEEL ASSY ONLY. SEE FIG. 37A FOR MOUNTING.		
	A---150 SERIAL 15072004 & ON F150 SERIAL F1500049 & ON A150 SERIAL A1500027 & ON F150 SERIAL F1500042 & ON			
	B---150 SERIAL 15072004 THRU 15072005 F150 SERIAL F1500049 THRU F1500049 A150 SERIAL A1500027 THRU A1500027 F150 SERIAL F1500042 THRU F1500042			
	C---150 SERIAL 15072409 THRU 15072409 F150 SERIAL F1500049 THRU F1500049 A150 SERIAL A1500043 THRU A1500043 F150 SERIAL F1500047 THRU F1500047			
	D---150 SERIAL 15072004 THRU 15074810 F150 SERIAL F1500049 THRU F1500107 A150 SERIAL A1500027 THRU A1500043 F150 SERIAL F1500042 THRU F1500038			
	E---150 SERIAL 15074810 & ON F150 SERIAL F1500107 & ON A150 SERIAL A1500043 & ON F150 SERIAL F1500047 & ON			
	F---150 SERIAL 15074810 THRU 15077005 F150 SERIAL F1500107 THRU F1500111 A150 SERIAL A1500043 THRU A1500043 F150 SERIAL F1500047 THRU F1500047			
	G---150 SERIAL 15074810 THRU 15077005 15077005 THRU 15077005 F150 SERIAL F1500107 & ON A150 SERIAL A1500043 THRU A1500043 F150 SERIAL F1500047 & ON			
	H---150 SERIAL 15077005 THRU 15077005 15077005 THRU 15077005 F150 SERIAL F1500107 & ON A150 SERIAL A1500043 THRU A1500043 F150 SERIAL F1500047 & ON			
	J---150 SERIAL 15077005 THRU 15077005 15077005 THRU 15077005 F150 SERIAL F1500107 & ON A150 SERIAL A1500043 THRU A1500043 F150 SERIAL F1500047 THRU F1500047			
	K---150 SERIAL 15077005 THRU 15077005 15077005 THRU 15077005 F150 SERIAL F1500107 THRU F1500107 A150 SERIAL A1500043 THRU A1500043 F150 SERIAL F1500047 THRU F1500047			

Nota. Tomado de (Cessna Aircraft Company, 1972. Fig. 37A)

Para nuestra aeronave aplican los códigos A, C, E, F, G, y K, por lo tanto, nos dirigimos al número 14 que es para el disco de freno y se observa que existen tres números de parte diferentes, en este momento es donde nos son de gran utilidad los

códigos, en la última columna a la derecha se encuentran los códigos para dicho componente, para el disco de freno existen los códigos D, G, y J que anteriormente ya se comprobó que la G aplica para nuestra aeronave, por lo tanto el número de parte que aplica para el disco de freno que se busca es el “B30195”.

### ***Remoción de los discos de freno, ruedas y sus componentes***

El siguiente paso es retirar el disco de freno que se encuentra instalado en la aeronave para lo cual se utiliza el manual y se sigue el procedimiento, en la subsección 5-11 se encontró el procedimiento para retirar la rueda, aquí se encuentra una nota que dice que no es necesario retirar la rueda para realinear los frenos o para cambiarlos, a menos que sea el disco de freno por lo tanto se sigue con el procedimiento.

## **Figura 22**

### *Procedimiento para remover la rueda según el manual*

#### 5-11. MAIN WHEEL REMOVAL (See figure 5-1.)

##### NOTE

It is not necessary to remove the main wheel to reline brakes or remove brake parts, other than the brake disc on torque plate.

- a. Hoist or jack aircraft as outlined in Section 2.
- b. Remove speed fairing, if installed, in accordance with paragraph 5-10.
- c. Remove hub caps, cotter pin and axle nut.
- d. Remove bolts and washers attaching brake back plate to brake cylinder and remove back plate.
- e. Pull wheel from axle.

*Nota.* Tomado de (Cessna Aircraft Company, 1972. Subsección 5-11)

En la figura 22 se observa el procedimiento el cual nos indica que primero se debe elevar la aeronave como nos indican en la sección 2, después de esto nos indica que se debe retirar el carenado, en caso de estar instalado, en nuestro caso no se tienen instalados así que se sigue con el siguiente paso que nos indica que se retiren el tapacubos, el pasador y la tuerca del eje. A continuación, se retira la

cámara de freno retirando el perno, las arandelas y las tuercas. Por último, se retira la rueda del eje ya que queda totalmente libre para poder hacer esto.

### Figura 23

*Rueda de la aeronave Cessna 150M fuera del eje*



*Nota.* Tomado de (Noroña, 2023)

En la figura 23 se puede observar la rueda después de seguir el procedimiento descrito anteriormente, en la cual se puede observar suciedad en el disco de freno y un desgaste excesivo razón por la cual a continuación se realiza su reemplazo por un disco en mejor estado.

Para retirar el disco de freno de la rueda nos dirigimos al manual en busca del procedimiento y los pasos que se siguen, en este caso se encontraron dos procedimientos diferentes para diferentes aeronaves, en todo momento las diferencias eran por el número de serie, esta vez la diferencia es en el fabricante de las ruedas, para esta aeronave existe dos fabricantes los cuales son Cleveland o McCauley, para la aeronave de nuestro proyecto se tienen instaladas ruedas de McCauley por lo que se procede con la subsección 5-15 en el manual.

## Figura 24

### *Procedimiento para desmontar los diferentes componentes de la rueda*

- 5-15. MAIN WHEEL DISASSEMBLY (McCauley Wheel).  
 a. Remove valve core and deflate tire and tube. Break tire beads loose from wheel flanges.

#### **WARNING**

Injury can result from attempting to remove wheel flanges with the tire and tube inflated. Avoid damaging wheel flanges when breaking tire beads loose. A scratch, gouge or nick in wheel flange could cause wheel failure.

- b. Remove thru-bolt nuts and washers or capscrews from outboard wheel flange.  
 c. Remove thru-bolts and washers or capscrews from inboard wheel flange.  
 d. Remove brake disc.  
 e. Separate wheel flanges from wheel hub. Retain spacers on each side of wheel hub.  
 f. Remove wheel hub from tire.  
 g. Remove retainer rings and remove grease seal retainers, grease seal felts, and bearing cones.

*Nota.* Tomado de (Cessna Aircraft Company, 1972. Subsección 5-15)

En la figura 24 se encuentra el procedimiento para desmontar la rueda de la aeronave, al principio se puede observar una advertencia las cuales son muy importantes para evitar lesiones o daños en los diferentes componentes de la aeronave, la advertencia nos indica que no se debe tratar de desmontar y retirar los bordes que sostienen a la rueda en su lugar con el buje mientras el tubo de la rueda siga inflado.

## Figura 25

Rueda fuera del eje desmontados sus componentes



*Nota.* Tomado de (Noroña, 2023)

En este procedimiento existe una palabra que al traducirla al español pierde sentido, la palabra es flange, que hace referencia a los componentes que van sujetos al buje de la rueda y mantienen todo en su lugar, en este caso se va a llamar cobertor de buje para su mejor comprensión dentro del trabajo.

En la figura 26 se puede observar la rueda fuera del eje en la cual se puede identificar el cobertor del buje que es la parte blanca. Este cobertor también se encuentra al otro lado de la rueda, pero está oculto por el disco de freno.

### **Figura 26**

*Rueda fuera del eje con todos sus componentes*



*Nota.* Tomado de (Noroña, 2023)

Al aclarar los términos para este proceso se puede continuar con el procedimiento para desmontar la rueda, el primer paso nos indica que se debe aflojar la válvula para desinflar la rueda, el siguiente paso nos indica que se retiren los pernos que se encuentran instalados en el cobertor del buje exterior, a continuación se realiza el mismo procedimiento con los pernos del cobertor del buje interior, en este punto el disco de freno ya queda totalmente libre para poder ser retirado por lo cual es el siguiente paso que se siguió. Para finalizar con el

procedimiento se retiran los cobertores del buje de ambos lados y se procede a retirar el buje fuera de la rueda.

### ***Inspección de los componentes de la rueda***

En este punto se podía volver a instalar el disco de freno nuevo y montar la rueda en su eje, pero como se puede observar en la figura 26, se aprovecha para realizar una inspección a la rueda y sus componentes ya que pasaron mucho tiempo sin movimiento y los rodamientos pueden presentar algún daño.

Por lo que se realizó la inspección de acuerdo a la subsección 5-16 que nos indica la inspección y reparación de las ruedas principales, para empezar, se realiza el último paso de la subsección 5-15 para poder tener todos los componentes de la rueda desmontados por completo, el cual nos indica que se deben retirar los anillos de sujeción de los rodamientos en conjunto con los sellos de grasa, las felpas y los rodamientos cónicos.

En la figura 27 se puede observar la subsección 5-16 del manual de mantenimiento para realizar la inspección y reparación de la rueda principal para las ruedas McCauley que en este caso son las instaladas en la aeronave.

El primer paso para la inspección nos indica que se deben limpiar todos los componentes antes retirados con solvente limpio, esto incluye a las partes metálicas, las felpas y demás componentes, y al finalizar con este procedimiento secar correctamente todos los componentes, el siguiente paso nos indica que se deben revisar los cobertores del buje y el buje en busca de fisuras y en caso de encontrarlas se deberían reemplazar las partes, en este caso no se encontraron nada de fisuras por lo cual se continua con la inspección, el siguiente paso nos indica que se debe revisar el disco de freno, proceso que ya se realizó por lo cual se continua al siguiente y último paso que indica, que se deben revisar los rodamientos

y sus bases en busca de algún daño o mancha y en caso de no encontrar nada se deben cubrir con la respectiva grasa de rodamientos que nos indica la sección 2 del mismo manual.

## **Figura 27**

*Procedimiento para la inspección de los diferentes componentes de la rueda*

### **5-16. MAIN WHEEL INSPECTION AND REPAIR (McCauley Wheel).**

- a. Clean all metal parts, grease seal felts, and mylar spacers in cleaning solvent and dry thoroughly.**
- b. Inspect wheel flanges, and wheel hub for cracks. Cracked wheel flanges or hub shall be discarded and new parts installed. Sand out smooth nicks, gouges, and corroded areas. When the protective coating has been removed, the area should be cleaned thoroughly, primed with zinc chromate and painted with aluminum lacquer.**
- c. If excessively warped or scored, or worn to a thickness of 0.190-inch, brake disc should be replaced with a new part. Sand smooth small nicks and scratches.**
- d. Carefully inspect bearing cones and cups for damage and discoloration. After cleaning, pack bearing cones with clean aircraft wheel bearing grease (Section 2) before installing in wheel hub.**

*Nota.* Tomado de (Cessna Aircraft Company, 1972. Subsección. 5-16)

En este caso se llega a la conclusión que los rodamientos se encuentran en buen estado por lo que nos dirigimos a la sección 2 del manual para saber el tipo de grasa y el método de aplicación para los rodamientos de la rueda y se encuentra que el método de aplicación es con la mano y la grasa debe ser MIL-G-81322 que es una grasa de propósito general.

En la figura 28 se pueden observar los rodamientos de la rueda antes de su limpieza y revisión, a continuación, se realiza la limpieza y la engrasada según nos indica el manual para poder volver a montarlos en el buje con sus felpas y demás componentes como indica el manual, después de esto ya se puede volver a armar la rueda y proceder a su instalación.

## Figura 28

### *Rodamientos de la rueda fuera del buje*



*Nota.* Tomado de (Noroña, 2023)

### ***Ensamblaje de la rueda y sus componentes***

Se continua con el ensamblaje de la rueda y todos sus componentes, en el manual existen 2 procedimientos diferentes dependiendo del tipo de cobertores de buje que están instalados por lo que se debe identificar si los instalados en la aeronave son de aluminio o de acero, para esto nos dirigimos a la figura 37A del manual o figura 19 en este trabajo, en la cual por la forma de la figura se puede identificar el material de fabricación del componente en cuestión.

Al identificar que la aeronave tiene instalados cobertores de buje de acero nos dirigimos a la subsección 5-17A en donde se encuentra el procedimiento para el reensamble de la rueda y sus componentes.

En la figura 29 se pueden observar los primeros pasos a seguir para este procedimiento y una advertencia que nos indica que nos debemos asegurar de que todos los componentes se encuentren ubicados en su lugar correcto y aparte de esto

de aplicar el torque indicado para evitar fallos en los pernos que por consiguiente pueden causar un fallo en la rueda.

## Figura 29

*Procedimiento para el reensamble de los diferentes componentes de la rueda*

### **5-17A. MAIN WHEEL REASSEMBLY (McCauley Wheel - Steel Flange).**

- a. Place wheel hub in tire and tube with tube inflation stem in cutout of wheel hub.
- b. Place spacer and wheel flange on inboard side of wheel hub (opposite of tube inflation stem).
- c. Place washer under head of each capscrew, insert capscrew thru brake disc, wheel flange, and spacer and start capscrews into wheel hub threads.

### **CAUTION**

Be sure that spacers, wheel flanges and brake disc are seated on flange of wheel hub. Uneven or improper torque of capscrews can cause failure of capscrews or hub threads with resultant wheel failure.

*Nota.* Tomado de (Cessna Aircraft Company, 1972. Subsección 5-17A)

El primer paso para el reensamblaje de la rueda y sus componentes nos indica que se deben colocar el tubo dentro de la rueda y a continuación el buje, ubicando de manera correcta la válvula del tubo en la muesca del buje, a continuación se coloca el cobertor de buje interno (al lado contrario de la válvula del tubo), el siguiente paso nos indica que se coloque el disco de freno y se pase a través de sus agujeros los pernos con su respectiva arandela y hay que revisar que también pasan por el cobertor del buje, el siguiente paso es ajustar estos pernos con el buje con el torque adecuado según la figura 5-2A.

A continuación, se sigue con el cobertor de buje del lado externo, aquí el manual nos indica que se coloque el cobertor y se alinee con la válvula del tubo, después de esto se coloca los pernos con su arandela y lo que se asegura al buje, por último, se

ajusta los pernos de la misma manera que en la parte interior según lo que dicta el manual en la figura 5-2A.

### **Figura 30**

*Buje de la rueda con el tubo dentro y la válvula ubicada en su lugar*



*Nota.* Tomado de (Noroña, 2023)

Para terminar con el reensamblaje de todos los componentes de la rueda nos falta solo instalar los rodamientos para lo cual el manual nos indica que se limpie y se coloque grasa limpia, utilizando la que nos indica en la sección 2 del manual, después de esto se coloca en su lugar junto a las felpas y los retenedores para asegurar todo es su lugar, y para terminar se infla el neumático hasta la presión adecuada según la figura 1-1 del manual.

Este párrafo se utiliza para aclarar el torque necesario para los pernos, la grasa utilizada en los rodamientos y la presión a la que se infla la rueda, primero el torque necesario nos indica la figura 5-2A del manual, en la cual se encuentra que se debe utilizar entre 190 y 200 lb-in, segundo la grasa utilizada para los rodamientos ya se indicó anteriormente, pero se vuelve a mencionar, la grasa debe ser MIL-G-81322 que es una grasa de propósito general, y por último la presión de inflado de la rueda mencionada en la figura 1-1 del manual nos indica que debe ser de 21 psi.

## **Reinstalar la rueda**

### **Figura 31**

#### *Procedimiento para reinstalar la rueda*

- 5-18. MAIN WHEEL INSTALLATION.**
- a. Place wheel assembly on axle.**
  - b. Install axle nut and tighten axle nut until a slight bearing drag is obvious when the wheel is rotated. Back off nut to nearest castellation and install cotter pin.**
  - c. Place brake back plate in position and secure with bolts and washers.**

*Nota.* Tomado de (Cessna Aircraft Company, 1972. Subsección. 5-17A)

En la subsección 5-18 se encuentra el procedimiento para la reinstalación de la rueda en su eje, en la figura 31 se puede observar la parte del manual con dicho procedimiento, el primer paso a seguir nos indica que se coloque la rueda en el eje, el segundo paso nos indica que se coloque la tuerca del eje y la se aprieta hasta que la rueda presente un ligero impedimento al giro pero pueda seguir girando y se coloca un pasador para evitar que la tuerca se afloje, el último paso simplemente nos indica que se coloque la cámara de freno con sus respectivos pernos y arandelas.

#### ***Procedimiento para la otra rueda***

En la otra rueda el procedimiento es el mismo desde el punto 3.3.7. hasta el 3.3.10. con algunas excepciones que se detallan en este párrafo, al momento de medir el grosor del disco de freno se pudo observar que era de 0.22 pulgadas lo cual estaba por encima del límite permitido que según el manual nos indica que es de 0.19, por lo cual en este caso no se cambia el disco de freno, a pesar de esto y para mantener en óptimas condiciones la rueda la se desmonta siguiendo todos los pasos antes descritos para realizar la inspección, en la cual se encontró que los rodamientos y demás componentes de la rueda se encontraban en buenas

condiciones por lo cual solo se realizó la limpieza el reensamble y la instalación de la rueda en su eje.

### Figura 32

*Disco de frenos y calibrador pie de rey*

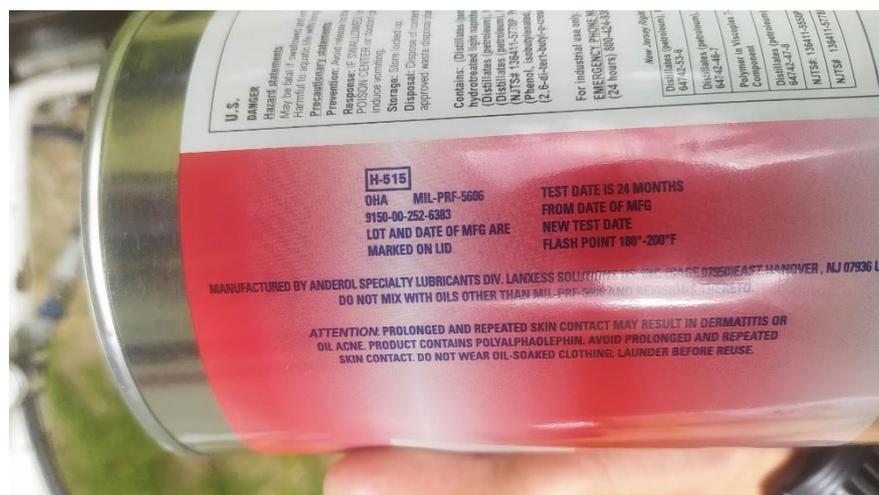


Nota. Tomado de (Noroña, 2023)

### **Sangrado de líquido hidráulico en el sistema**

### Figura 33

*Frasco del líquido hidráulico MIL-H-5606*



Nota. Tomado de (Noroña, 2023)

Para esta parte del trabajo nos dirigimos al manual en la subsección 5-58 que habla acerca del sangrado del sistema de frenos, en la realización de esta tarea se utilizó una aceitera con una manguera del tamaño adecuado y el líquido hidráulico MIL-H-5606 mencionado anteriormente y el que el manual nos indica para este trabajo. En la figura 33 se puede observar el frasco en el que viene contenido el líquido hidráulico.

Se recomienda en esta tarea utilizar una aceitera manguera en buen estado caso contrario podrían existir fugas y por lo tanto desperdicio del líquido hidráulico y se ensuciaría nuestro lugar de trabajo y componentes.

En el manual nos indica que para realizar el sangrado se debe conectar una fuente de presión hidráulica limpia al sangrador del cilindro de la rueda, se recuerda que el sistema se encontraba totalmente vacío por lo cual se conocía que este trabajo iba a ser muy tardado, el primer paso a seguir para este procedimiento nos indica que se debe retirar la tapa de llenado del cilindro maestro ubicado en la cabina, a continuación se debe conectar una manguera en el espacio del tornillo y su otra punta sumergirla en un contenedor con suficiente líquido hidráulico para poder cubrir el final de la manguera. El siguiente paso nos indica que se conecte una bomba manual que en nuestro caso se utilizó una aceitera con una manguera del tamaño correcto para acoplarse en el sangrador, antes de conectar la manguera hay que aflojar la válvula de sangrado para poder ingresar el líquido hidráulico, en este paso hay que bombear con la aceitera constantemente hasta llenar el cilindro maestro o hasta vaciar la aceitera, en nuestro caso primero se vació la aceitera ya que el sistema estaba totalmente vacío por lo que tuvimos que frenar el procedimiento, ajustar la válvula de sangrado y volver a llenar la aceitera, al realizar esto se continuó con el procedimiento hasta que se notó que el cilindro maestro ya

estaba totalmente lleno y para finalizar se ajusta la válvula de sangrado para evitar fugas.

### **Figura 34**

*Sangrado del sistema de frenos*



*Nota.* Tomado de (Norroña, 2023)

A continuación, se realiza con el mismo proceso del otro lado para realizar las pruebas en los dos frenos, en este procedimiento no se encontró ninguna dificultad ni problema, por lo cual seguimos con el siguiente procedimiento.

**Nota:** Para este procedimiento no es necesario levantar la aeronave como se observa en la figura 34, esto se realizó para mayor comodidad y para poder girar la rueda.

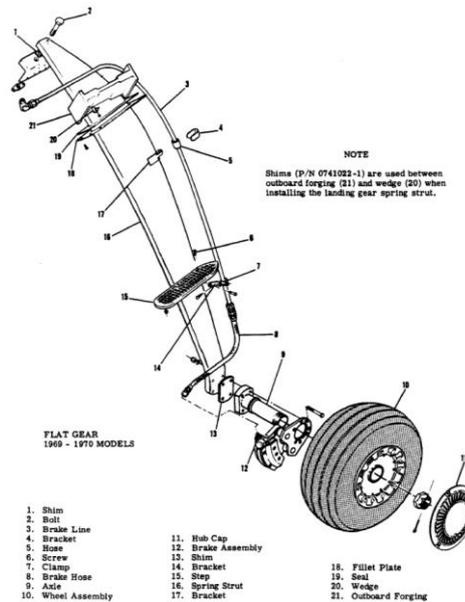
### ***Segunda inspección visual.***

Al momento de tener presión hidráulica en el sistema se puede realizar una inspección visual en busca de fugas, en las cañerías del sistema, por lo que mientras una persona aplicaba presión en los frenos otra buscaba algún tipo de fuga en el sistema, en este procedimiento se encontraron fugas en las cañerías de la

parte exterior de ambos lados, específicamente en la línea que se conecta a la manguera flexible antes de llegar a las cámaras de freno.

### Figura 35

#### *Tren principal*



*Nota.* Tomado de (Cessna Aircraft Company, 1972. Figura 5-1 Sheet 1 of 2).

En la figura 35 se puede observar los diferentes componentes del sistema de frenos en la parte exterior de la aeronave, el componente importante en esta figura es el número 3 que nos indica “Brake Line” este es el componente que presenta una fuga por lo tanto nos dirigimos al manual para encontrar información acerca de esta cañería y poder reemplazarla o repararla.

#### **Reemplazo de las cañerías**

En la inspección visual se observó que las cañerías se encontraba bien sin embargo al realizar una inspección más cercana y exhaustiva de las cañerías se encontraron fugas que no se podrían reparar por lo cual al investigar se llegó a la conclusión de que serían reemplazadas por unas nuevas, para las nuevas cañerías se utilizó cobre ya que este tiene una resistencia de aproximadamente 3000 psi,

aparte se utilizaron los mismos fittings para evitar una mala conexión con los demás componentes y para una mejor protección de las nuevas cañerías se colocó una manguera que la proteja de la manipulación y del entorno en el que se encuentra ubicada la aeronave.

El primer paso para retirar las cañerías es drenar todo el líquido hidráulico del sistema ya que no debe haber presión en el sistema al momento de retirarlas, para mandar a fabricar las nuevas cañerías se llevaron las antiguas para que tengan una referencia del grosor y del largo de las nuevas cañerías y para que utilicen los mismos fittings.

### **Figura 36**

*Momento de la instalación de las cañerías*



Nota. Tomado de (Norofña, 2023)

**Nota:** utilizar algún tipo de adhesivo o tapones para todo el tiempo que las demás conexiones en la aeronave estén descubiertas no pueda ingresar suciedad o algún insecto.

En la figura 36 se puede observar una parte del proceso para instalar las cañerías, para la instalación de las nuevas cañerías solo se debe retirar los tapones que estaban protegiendo las conexiones y posteriormente colocar los fittings en su

lugar y apretar las tuercas que lo fijan, después de esto se debe volver al proceso de sangrado de la sección 3.3.12. que se realizó anteriormente para poder revisar si las nuevas cañerías no tienen fugas y que la presión hidráulica se transmita correctamente hacia las cámaras de freno.

### **Figura 37**

*Protección de las cañerías*



*Nota.* Tomado de (Noroña, 2023)

En la figura 37 se puede observar el método que se utilizó para cubrir las mangueras que quedaron al descubierto el momento de retirar las cañerías y de esta manera se evita la entrada de suciedad y de insectos al sistema, esto se realizó con ayuda de una cinta adhesiva ya que luego se puede retirar de manera sencilla y sin causar problemas a corto ni largo plazo en los componentes.

### ***Prueba de funcionamiento del sistema***

Para probar el funcionamiento del sistema primero se debe levantar la aeronave para poder girar la rueda libremente y comprobar si al momento de aplicar presión en los pedales la rueda se detiene y el pistón de la cámara de freno regresa a su lugar.

Este procedimiento se realiza una rueda a la vez ya que debe estar levantada y solo se dispone de una gata hidráulica para este procedimiento, en la figura 38 se puede observar el método que se utilizó para poder levantar la rueda del piso con 2 tacos de madera una gata hidráulica de 2 toneladas y un acople que se coloca en la parte superior de la gata y la parte inferior del tren principal y así se evita que se resbale la gata y que se raye la pintura de la aeronave.

### **Figura 38**

*Rueda de la aeronave levantada*



*Nota.* Tomado de (Noroña, 2023)

Para la prueba de funcionamiento se necesita a una persona en la cabina y otra en la rueda, la persona que está en la rueda debe hacerla girar hasta que gane un poco de velocidad y poder indicarle a la persona en la cabina que ya puede frenar y de esta manera comprobar si la rueda se detiene al aplicar fuerza en el pedal, aparte

de esto al momento que se detiene por completo la rueda, la persona en la cabina debe dejar de aplicar presión para que la rueda pueda volver a girar libremente.

Después de explicar el procedimiento se comparten los resultados de esta prueba, se recuerda que antes de iniciar con este trabajo el sistema no funcionaba, al aplicar presión en los pedales estos simplemente se aplastaban y no pasaba nada en las ruedas, al momento de realizar nuestra prueba en la rueda izquierda se pudo notar que las cámaras de freno funcionaban bien al momento de aplicar presión pero al momento de soltarla el pistón no regresaba a su posición original razón por la cual la rueda se mantenía con presión entre el disco y las pastillas a pesar de no aplicar presión en el pedal.

Al realizar la prueba en la otra rueda se sospechaba que podría suceder lo mismo, por lo que por la experiencia previa ya se observó que antes de aplicar presión en el pedal el pistón de la cámara de freno ya había recorrido un poco desde su posición original por lo que al momento de realizar la prueba se encontró el mismo problema que en la otra rueda.

### ***Limpieza e inspección de las cámaras de freno***

#### **Figura 39**

*Parte del procedimiento para la inspección de las cámaras de freno*

- 5-53. WHEEL BRAKE INSPECTION AND REPAIR.**
- a. Clean all parts except brake linings and O-rings in dry cleaning solvent and dry thoroughly.**
  - b. New O-rings are usually installed at each time they are removed. If O-ring re-use is necessary, they should be wiped with a clean cloth saturated in hydraulic fluid and inspected for damage.**

*Nota.* Tomado de (Cessna Aircraft Company, 1972. Subsección 5-53)

En la figura 39 se puede observar los dos primeros pasos para la inspección y reparación de las cámaras de freno en la cual el primer paso nos indica que se debe

limpiar todos los componentes en solvente de limpieza a excepción de las pastillas y los O-rings, y secar cuidadosamente. Para el siguiente paso nos indica que usualmente se deben instalar nuevos O-rings, pero si es necesario instalar los mismos se deben limpiar con una tela empapada en líquido hidráulico e inspeccionar por algún daño.

#### **Figura 40**

*Cilindro de la cámara de freno*



*Nota.* Tomado de (Noroña, 2023)

En la figura 40 se puede observar el cilindro fuera de la cámara de freno para lo cual se puede seguir con los siguientes pasos, el siguiente nos indica que se debe revisar las pastillas para un grosor mínimo que nos indica en la subsección 5-56 y nos indica que debe ser de 3/32 pulgadas y la manera de medir esto es comparándolo con un material del mismo grosor y realizar una inspección visual del material, el siguiente paso nos indica que se debe inspeccionar el cilindro y las paredes de la cámara de freno en busca de rayaduras y si las encontramos se debe reemplazar el componente, en este caso se observó que el cilindro el O-ring y las

cámaras de freno se encuentran en buen estado por lo que seguimos al siguiente paso.

En la figura 41 se puede observar la cámara de freno sin daños en su interior, algún tipo de rajadura en su interior y esto podría causar fugas de líquido hidráulico o desgaste en el O ring, por lo cual se continua con el siguiente paso que nos indica el manual, ahora nos centramos en los pernos de anclaje que se encargan de mantener a la cámara de freno y las pastillas en su lugar, en este caso se inspeccionan en busca de raspones o desgaste en el caso de encontrar algún daño se debería lijar hasta que quede casi perfecto, o en su caso reemplazarlo por uno nuevo, en nuestro caso no había daño en estos pernos por lo cual se continua con el último paso que nos indica que se debe medir los discos de freno, lo cual ya se realizó y se solucionó.

#### **Figura 41**

*Cámara de freno sin el cilindro*



*Nota.* Tomado de (Noroña, 2023)

Para terminar con este procedimiento se vuelven a armar todos los componentes de las cámaras de freno revisando que todo se encuentre sin líquido hidráulico y seco de manera correcta para evitar daños en la pintura, y por último se ubicaron las pastillas de freno en su lugar y se instalaron las cámaras de freno. Este procedimiento se realizó para las cámaras de freno de los dos lados de la aeronave y se tuvieron prácticamente los mismos resultados.

En la figura 42 se puede observar la colocación de uno de los pernos que fijan las cámaras de freno y los fittings a la rueda, en este caso son dos pernos y se recomienda colocarlos con cuidado y siempre revisando que se encuentren libres de suciedad ya que pueden causar daños al componente.

#### **Figura 42**

*Instalación de la cámara de freno*



*Nota.* Tomado de (Noroña, 2023)

#### ***Prueba de funcionamiento del sistema***

Para finalizar con nuestro trabajo se debe volver a realizar la prueba de funcionamiento y comprobar que la reparación de la cámara de freno funcione, primero se debe volver a purgar el líquido hidráulico y a continuación se realiza la prueba de funcionamiento en la cual se obtuvieron los siguientes resultados:

- Al momento de girar la rueda gira libremente
- Cuando se aplica presión en el pedal la rueda se detiene
- Al retirar la presión del pedal la rueda vuelve a girar libremente.

## Capítulo IV

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

Se recopilaron datos de varias secciones del Service Manual, del IPC y de la página de la “FAA” donde se encuentra información importante para la realización del proyecto como lo son procedimientos, información técnica, tolerancias, componentes, entre otros.

Para evitar daños en los componentes de la aeronave y del sistema de frenos se utilizaron las herramientas estipuladas por el manual y las técnicas indicadas en el mismo, de esta manera se evitan daños que en el futuro podrían causar un malfuncionamiento del sistema.

Al finalizar con la inspección se realizó una prueba de funcionamiento para comprobar que todo se encuentre funcionando de manera correcta y se concluye que el sistema en conjunto con todos los componentes se encuentra en perfecto estado y funcionamiento.

## **Recomendaciones**

Siempre se debe usar equipos de protección personal para evitar inconvenientes y accidentes cuando se realiza un trabajo, de esta manera se puede trabajar con mayor seguridad y confianza en la aeronave.

Utilizar la documentación técnica y manuales actualizados para la aeronave o componente en el que se trabaja, para evitar daños en los componentes o en la aeronave misma.

Cuando se retira un componente de la aeronave y se provee que este va a permanecer retirado por mucho tiempo, tomar las precauciones correctas para evitar perder pernos, tornillos, entre otros y cubrir de manera correcta cualquier orificio por donde puedan ingresar insectos o suciedad.

## Bibliografía

Aeronautics Guide. (19 de Febrero del 2019) Aircraft Brakes. Obtenido de

[https://www.aircraftsystemstech.com/p/aircraft-brakes\\_9081.html](https://www.aircraftsystemstech.com/p/aircraft-brakes_9081.html)

Aeronautics Guide. (15 de Febrero del 2019) Aircraft Landing Gear Types. Obtenido

de [https://www.aircraftsystemstech.com/p/landinggear-types-aircraft-landing-](https://www.aircraftsystemstech.com/p/landinggear-types-aircraft-landing-gear.html)

[gear.html](https://www.aircraftsystemstech.com/p/landinggear-types-aircraft-landing-gear.html)

AOPA. (12 de Octubre del 2008) CESSNA 150. Obtenido de

<https://www.aopa.org/go-fly/aircraft-and-ownership/aircraft-fact-sheets/cessna-150>

Aprendamos Aviacion (6 de Diciembre del 2016) Most important features of Aircraft

Brakes. Obtenido de [https://the-aircraft-3.aprendamos-](https://the-aircraft-3.aprendamos-aviacion.com/2022/08/airplane-brakes.html)

[aviacion.com/2022/08/airplane-brakes.html](https://the-aircraft-3.aprendamos-aviacion.com/2022/08/airplane-brakes.html)

AviationHunt. (18 de Junio del 2021) How to use Aircraft Maintenance Manual.

Obtenido de <https://www.aviationhunt.com/aircraft-maintenance-manual/>

Britanica. (5 de Junio del 2023). History off light. Obtenido de

<https://www.britannica.com/technology/history-of-flight>

Cessna Aircraft Company. (1976) IPC Model 150 Series. (1969 thru 1976).

Cessna Aircraft Company. (1972) Service Manual Model 150 Series. (1969 thru 1976).

Cessna Flyer Association. (23 de mayo del 2006) CESSNA 150/152

SPECIFICATIONS. Obtenido de <https://www.cessnaflyer.org/specifications-105.html>

EUROLAB. (28 de Junio del 2018) Fluido hidráulico MIL-H-5606. Obtenido de

[https://www.laboratuar.com/es/sektorel/havacilik-ve-uzay/mil-h-5606-hidrolik-sivi---](https://www.laboratuar.com/es/sektorel/havacilik-ve-uzay/mil-h-5606-hidrolik-sivi---petrol-bazi---ucak---fuze-ve-muhendislik/)

[petrol-bazi---ucak---fuze-ve-muhendislik/](https://www.laboratuar.com/es/sektorel/havacilik-ve-uzay/mil-h-5606-hidrolik-sivi---petrol-bazi---ucak---fuze-ve-muhendislik/)

Federal Aviation Administration. (2023) FAA REGISTRY N-Number Inquiry

<https://registry.faa.gov/aircraftinquiry/Search/NNumberInquiry>

SOFEMA ONLINE (7 de Enero del 2019) IPC Considerations. Obtenido de <https://sofemaonline.com/blog/entry/aircraft-illustrated-parts-catalogue-ipc-considerations>

The Aviation History Online Museum. (22 de Noviembre del 2009). Sir George Cayley The Father of Aviation. Obtenido de <http://aviation-history.com/early/cayley.htm>

ToolSense. (27 de Junio del 2011) Types of Maintenance. Obtenido de <https://toolsense.io/maintenance/the-6-types-of-maintenance-definitions-benefits-examples/>

**Anexos**