



**“Aparejo y reglaje de los controles de vuelos de la aeronave Cessna 150m
perteneciente a la Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE”**

Torres Córdova, Luis Angel

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología de Mecánica Aeronáutica Mención Aviones

Monografía, Previo a la Obtención del Título de Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica

Mención Aviones

Ing. Arellano Reyes, Milton Andrés

18 de diciembre de 2023

Latacunga

Reporte de verificación de contenido



Plagiarism and AI Content Detection Report

Luis%20Torres.pdf

Scan details

Scan time:
November 20th, 2023 at 3:14 UTC

Total Pages:
29

Total Words:
7052

Plagiarism Detection

Types of plagiarism	Words
Identical	0.6% 44
Minor Changes	0.2% 17
Paraphrased	5% 352
Omitted Words	0% 0

AI Content Detection

Text coverage	Words
AI text	7% 496
Human text	93% 6556

[Learn more](#)

Plagiarism Results: (11)

Fuselaje: la estructura primaria del avión - TMAS Av... 2.7%

<https://www.tmas.es/blog/mecanica-de-aviones/fuselaje-la-e...>

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

M-ESPEL-CMA-0851.pdf 1.7%

<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/33461/2/m-...>

Diego Iván Carrera Tupiza

1 CARÁTULA "Inspección del Strut and Strut wing attachment inspection, de acuerdo a los Items de la operación 18 y datos de mantenimiento...

Presentación de PowerPoint 0.7%

<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/27668/2/es...>

User

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA TEMA: "INSPECCIÓN Y REGLAJE DE LOS CONTROLES DE VUEL...

Milton Andrés Arellano Reyes
1723064513

Ing. Milton Andrés, Arellano Reyes

C.C.: 172306451-3



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología de Mecánica Aeronáutica Mención Aviones

Certificación

Certifico que la monografía: **“Aparejo y Reglaje de los controles de vuelos de la aeronave Cessna 150m perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe”** fue realizada por el **Torres Córdova, Luis Ángel**, la misma que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se la sustente públicamente.

Latacunga, 18 de diciembre del 2023

Ing. Milton Andrés, Arellano Reyes

C.C.: 172306451-3



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología de Mecánica Aeronáutica Mención Aviones

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Torres Córdova, Luis Ángel** con cedula de ciudadanía N° 1105548950 declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de la monografía **“Aparejo y Reglaje de los controles de vuelos 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, metodológicos establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 18 de diciembre del 2023



Torres Córdova, Luis Ángel

C.C.: 1105548950



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología de Mecánica Aeronáutica Mención Aviones

Autorización de Publicación

Yo, **Torres Córdova, Luis Angel**, con cedula de ciudadanía N° 1105548950 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“Aparejo y Reglaje de los controles de vuelos 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, 18 de diciembre del 2023

Torres Córdova, Luis Ángel

C.C.: 1105548950

Dedicatoria

Dedico este trabajo a todas aquellas personas que han sido parte fundamental de este viaje académico y personal. A mi familia, por su amor incondicional y apoyo constante. A mis amigos, por su aliento y momentos de distracción que fueron necesarios en este arduo camino.

A mis profesores y asesores, quienes con su paciencia, sabiduría y orientación han guiado mis pasos en la construcción de este trabajo. Agradezco sinceramente su dedicación y enseñanzas valiosas que han contribuido al desarrollo de mi conocimiento.

A mi Mamá quien ha sido mi fuente de inspiración y sostén emocional a lo largo de este proceso. Su aliento y comprensión han sido un faro en los momentos más desafiantes.

Finalmente, dedico este trabajo a todos aquellos que creen en la importancia del conocimiento y la investigación. Que este esfuerzo contribuya, en alguna medida, al avance de nuestro entendimiento en la Mecánica Aeronáutica.

Gracias a todos los que han sido parte de este viaje.

Torres Córdova, Luis Ángel

Agradecimiento

Quisiera expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte fundamental de la realización de esta tesis. Su apoyo incondicional y contribuciones han sido invaluable, y sin ellos, este logro no habría sido posible.

Agradezco a mi director de tesis, por su orientación experta, paciencia y dedicación a lo largo de este proyecto. Sus valiosas sugerencias y comentarios han enriquecido significativamente mi trabajo.

Agradezco también a todos los docentes de la carrera por su colaboración y aportes en diferentes etapas de esta investigación.

Mi gratitud se extiende a mis profesores y compañeros de estudio que han compartido su conocimiento y experiencias, creando un entorno propicio para el aprendizaje y la reflexión.

A mi familia, agradezco su amor constante, comprensión y apoyo emocional. Han sido mi roca y fuente de inspiración a lo largo de este desafiante camino académico.

A mis amigos, quienes han estado a mi lado brindándome ánimo y distracción cuando más lo necesitaba. Su amistad ha hecho que este viaje sea más llevadero.

Finalmente, a todas las personas que de alguna manera contribuyeron, directa o indirectamente, a este proyecto, les estoy agradecido/a. Su impacto ha dejado una marca indeleble en esta tesis.

Gracias a todos por ser parte de este importante capítulo en mi vida académica.

Torres Córdova, Luis Ángel

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 figuras	10
Índice de tablas	11
Resumen.....	12
Abstract	13
Capítulo I: Planteamiento del problema	14
Antecedentes.....	14
Planteamiento del problema.....	16
Justificación	17
Objetivos.....	18
<i>Objetivo General</i>	18
<i>Objetivo Específico</i>	18
Alcance	19
Capítulo II: Marco teórico	20
Componentes esenciales de una aeronave.....	20
Fuselaje.....	21
Tipos de fuselaje	21
Fuselaje reticular	22
Fuselaje monocasco	22
Fuselaje Semimonocasco.....	23
Ala	24
Tipos de ala.....	25
Variación de la cuerda a lo largo del vano.....	28
Barrido del ala	29
Alas Delta.....	31
Ángulo diedro	32
Empenaje o estructura de la cola.....	33
Superficies de control.....	33
Tipos de controles.....	34

Alerones.....	34
Elevadores.....	35
Rudder.....	36
Controles de cabina.....	37
<i>Controles Primarios.....</i>	<i>37</i>
<i>Controles secundarios.....</i>	<i>39</i>
Sistema de Controles de Vuelo.....	40
Mecánico.....	40
Hidráulico.....	41
Eléctrico.....	42
Cables de control.....	43
Componentes del cable.....	43
Tensiómetros.....	43
Capítulo III: Desarrollo del tema.....	45
Introducción.....	45
Precauciones de seguridad para labores en la aeronave.....	45
Herramientas.....	46
Reglaje del Rudder.....	47
<i>Preparación exterior de la aeronave.....</i>	<i>47</i>
<i>Preparación del interior de la aeronave.....</i>	<i>47</i>
<i>Tensión de los cables.....</i>	<i>48</i>
<i>Verificación del timón de dirección.....</i>	<i>49</i>
<i>Montaje.....</i>	<i>50</i>
Reglaje del alerón.....	50
Reglaje de elevador.....	53
Presupuesto del proyecto de titulación.....	54
Capítulo IV: Conclusiones y recomendaciones.....	56
Conclusiones.....	56
Recomendaciones.....	57
Abreviaturas.....	58
Glosario.....	60
Bibliografía.....	63
Anexos.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Estructura básica de una aeronave</i>	21
Figura 2 <i>Fuselaje de estructura tubular</i>	22
Figura 3 <i>Componentes de la estructura de un avión con diseño monocasco</i>	23
Figura 4 <i>Fuselaje Semimonocasco</i>	24
Figura 5 <i>Envergadura del ala</i>	25
Figura 6 <i>Diferentes tipos de ala</i>	26
Figura 7 <i>Relación de aspecto del ala</i>	27
Figura 8 <i>Diferentes formas en el ala para las aeronaves</i>	28
Figura 9 <i>El ángulo de flecha del ala</i>	30
Figura 10 <i>Tipos de ala delta</i>	31
Figura 11 <i>Ángulo de Diedro utilizadas en aviación</i>	32
Figura 12 <i>Ubicación del empenaje de la aeronave Cessna 150 M</i>	33
Figura 13 <i>Alerones vistos desde el manual de mantenimiento</i>	35
Figura 14 <i>Elevadores vistos de la aeronave Cessna 150</i>	36
Figura 15 <i>Ilustración del manual de mantenimiento del Cessna 150M</i>	37
Figura 16 <i>Los controles de vuelo ayudan a la sustentación y control</i>	39
Figura 17 <i>Ilustración de los controles de vuelo en una aeronave</i>	40
Figura 18 <i>Mandos mecánicos</i>	41
Figura 19 <i>Sistema hidráulico básico del avión</i>	42
Figura 20 <i>Imagen de datos de tensión de los cables</i>	44
Figura 21 <i>Equipo de protección individual</i>	46
Figura 22 <i>Rudder de la aeronave Cessna 150M</i>	47
Figura 23 <i>Preparación de la aeronave internamente</i>	48
Figura 24 <i>Inspección del sistema de control</i>	49
Figura 25 <i>Verificación del Rudder ya instalado</i>	50
Figura 26 <i>Procedimiento de inspección</i>	51
Figura 27 <i>Aeronave lista y preparada</i>	52
Figura 28 <i>Ilustración del elevador</i>	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Costos Primarios</i>	54
Tabla 2 <i>Costos secundarios</i>	55
Tabla 3 <i>Costo total del proyecto de titulación</i>	55

Resumen

El presente informe detalla los procedimientos generales llevados a cabo para ajustar los controles primarios de vuelo en la aeronave Cessna 150M, en la ciudad de Latacunga. Este proceso forma parte de las tareas de mantenimiento conforme a los límites de tiempo establecidos en el manual ATA-5, que requiere la realización del ajuste cada 600 horas de operación. El ajuste de los controles primarios de vuelo es esencial para garantizar la aeronavegabilidad, y este proceso busca prevenir posibles fallos en el sistema de la aeronave. Se abordan aspectos como el desgaste de los cables, la adecuada tensión de los mismos, la correcta fijación de las guías y tensores, así como la calibración precisa de los controles de superficies para asegurar la operación segura del avión. Para llevar a cabo este trabajo de titulación, se utilizaron las herramientas disponibles en el taller de mantenimiento de la empresa. Estas herramientas posibilitaron realizar las tareas de mantenimiento de manera segura y eficiente. El informe describe minuciosamente el proceso de ajuste de cada uno de los controles de vuelo. El propósito fundamental de este proyecto es reforzar la seguridad de la aeronave durante sus operaciones y asegurar que cumple con los estándares de aeronavegabilidad en óptimas condiciones. Esto contribuye a salvaguardar tanto a la tripulación como a los pasajeros durante los vuelos.

Palabras clave: Reglaje de la aeronave, Mantenimiento aeronáutico, Seguridad aeronáutica, Aeronavegabilidad.

Abstract

This report details the general procedures carried out to adjust the primary flight controls on the Cessna 150 M aircraft in the city of Latacunga. This process is part of the maintenance tasks in accordance with the time limits established in the ATA-5 manual, which requires the adjustment to be performed every 600 hours of operation. The adjustment of the primary flight controls is essential to ensure airworthiness, and this process seeks to prevent possible failures in the aircraft system. Aspects such as cable wear, proper cable tensioning, correct attachment of guides and tensioners, as well as accurate calibration of surface controls are addressed to ensure the safe operation of the aircraft. To carry out this qualification work, the tools available in the company's maintenance shop were used. These tools made it possible to perform the maintenance tasks safely and efficiently. The report describes in detail the process of adjusting each of the flight controls. The fundamental purpose of this project is to reinforce the safety of the aircraft during operations and ensure that it meets airworthiness standards in optimum condition. This contributes to safeguarding both crew and passengers during flights.

Keywords: Aircraft Regulation, Aeronautical Maintenance, Aeronautical Safety, Airworthiness.

Capítulo I

Planteamiento del problema

Antecedentes

La Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” es una institución de Educación Superior reconocida a nivel nacional donde oferta carreras únicas en el Ecuador, encargada de formar nuevos profesionales en la carrera de Mecánica Aeronáutica de alta calidad, dicha institución cuenta con un staff de docentes con experiencia en la aérea de mantenimiento e instalaciones calificadas, la Unidad de Gestión de Tecnología (UGT) se encuentra ubicada en la ciudad de Latacunga perteneciente a la provincia de Cotopaxi, brinda la oportunidad de formar jóvenes competitivos y con capacidad extraordinaria que permita desenvolverse en ámbito profesional.

La Unidad de Gestión de Tecnología (UGT) cuenta con varias aeronaves entre ellas está el Fairchild, Haeker Siddelay 125, Cessna 150M que son utilizados para la enseñanza aprendizaje de cada uno de los estudiantes, en la actualidad la aviación ha ido creciendo a pasos agigantados de esta forma los técnicos y todas las personas que están involucradas en el ámbito de la aviación se enfocan en optimizar un trabajo, realizando proyectos e implementando equipos que facilitan el trabajo y minimizan el tiempo al operador aeronáutico. De esta manera se reduce el tiempo de parada de una aeronave por diferentes tareas de mantenimiento.

La universidad cuenta con una infraestructura, herramientas y equipos necesarios que son utilizados por los estudiantes de la carrera de mecánica aeronáutica en ello realizan programas de mantenimiento, también permite identificar qué tipos de problemas presenta la aeronave, el Cessna 150M es una aeronave de tren triciclo fijo esta aeronave fue diseñada para entrenamiento cuenta con un motor de marca continental y sus controles de vuelo, los controles de vuelo es uno de los componentes muy importantes de la aeronave que se encarga de realizar diferentes movimientos como es el alabeo cabeceo y guiñada.

En estos momentos los controles de vuelo se encuentran inoperativo, no cuenta con una inspección y reglaje necesario al no contar con un mantenimiento correcto está expuesta al desgaste, deterioro del mismo. El reglaje se debe realizar cada cierto tiempo de acuerdo a lo estipulado en el manual de mantenimiento.

El transporte aéreo es considerado el medio más seguro para viajar por tal motivo el mantenimiento de la aeronave es vital, dicho esto los estudiantes de la Unidad de Gestión de Tecnología adquieren destrezas y habilidades que les permite desenvolverse en cualquier ámbito laboral.

Planteamiento del problema

La aeronave Cessna 150M, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, es una aeronave de uso didáctico para los estudiantes que conforman la carrera de mecánica aeronáutica por tal motivo se ve la necesidad de realizar tareas de mantenimiento en los controles de vuelo y el reglaje tomado en consideración que la universidad no cuenta con la aeronave operativa que es uso como material didáctico para los estudiantes donde ellos realizan prácticas de mantenimiento en dicha universidad.

La carrera de mecánica aeronáutica es única en nuestro país y se encuentra certificada por la Dirección General de Aviación el principal problema que se presenta en la aeronave Cessna 150M es reglaje de la aeronave donde implica el desplazamiento y ajuste de cables de acuerdo a lo que está estipulado en el manual de mantenimiento, la aeronave se encuentra expuesta al medio ambiente a su vez también se puede decir que los controles de vuelo presentan un deterioro superficial, presencia de corrosión en los diferentes turnbuckle.

Por el mal funcionamiento, el no cumplimiento de diferentes especificaciones que son importantes para la aeronave que no permiten que efectúe las funciones de vuelos, crea inseguridad para los técnicos de mantenimiento debido a estos desfases de inseguridad la aeronave no va a operar en condiciones seguras provocando a que exista una accidente o incidente. Al no contar con la aeronave operativa se presenta también pérdidas económicas, lo importante es cumplir con responsabilidad y seguir un proceso de comprobación he inspección de los controles de vuelo, por lo expuesto es necesario ejecutar el aparejo y reglaje de los controles de vuelo que garantice la seguridad de vuelo.

Justificación

El proyecto de Titulación va dirigido para todos los estudiantes de la carrera de mecánica aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE con la finalidad de brindar material didáctico para la enseñanza aprendizaje mejorando el bienestar estudiantil, a su vez con la inspección y reglaje de los controles de vuelo impedirá que exista percances, ayuda a minimizar el tiempo de mantenimiento y cumplir con los procedimientos que está estipulado dentro del manual de mantenimiento a su vez permitirá optimizando recursos, de igual manera se beneficiaran los docentes que conforman la Unidad de Gestión de Tecnologías (UGT) de acuerdo a las necesidades que la institución los requiera.

El beneficio de realiza la inspección y reglaje de los controles de vuelo primarios y secundarios de la aeronave Cessna 150M es para la adquisición de conocimientos acerca de la implementación y así ejecutar mantenimientos no programados y programados en el cual evitara que la aeronave quede inoperativa por tiempos prolongados, es de suma importancia e indispensable el proyecto de titulación en vista que esta inoperativa debido abandono y al constante uso. Hay que tener en cuenta que gracias a la operación se pone en práctica todos los procedimientos que se estipula en un manual de mantenimiento de manera exhaustiva que no presenten ningún problema y su operación sea de manera segura y eficaz. Los controles de vuelo primario son los alerones, elevador, el timón cada uno de los controles primarios cumplen con una función muy importante para la operación de vuelo también se tiene controles de secundarios es el flaps, slats, spollers, que necesita se chequeado cada cierta hora de vuelo para su correcto funcionamiento.

Para los estudiantes de la Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE mejora el desenvolvimiento en el ámbito laboral donde plasmara todos los conocimientos y practica recibida en el trayecto de su preparación académica.

Objetivos

Objetivo General

Realizar el aparejo y reglaje de los controles de vuelos de la aeronave Cessna 150m perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Objetivo Especifico

- Recopilar información técnica de los procedimientos para realizar tareas de mantenimiento y reglaje de los controles de vuelo de la aeronave Cessna 150M.
- Realizar la verificación e inspección de los controles de vuelo con las herramientas necesarias.
- Realizar pruebas de funcionamiento con los procedimientos estipulados en el manual de mantenimiento.

Alcance

El proyecto se basa realizar el reglaje y mantenimiento de los controles de vuelo de la aeronave Cessna 150M ofreciendo una aeronave operativa que servirá tanto a los estudiantes del área de mantenimiento, mejorando el bienestar institucional a su vez permite preservar la vida útil de la aeronave y su operación será confiable y segura. Las pruebas de funcionamiento de los controles de vuelo de la aeronave Cessna 150M se realizará dentro de las instalaciones de universidad.

Capítulo II

Marco teórico

Componentes esenciales de una aeronave

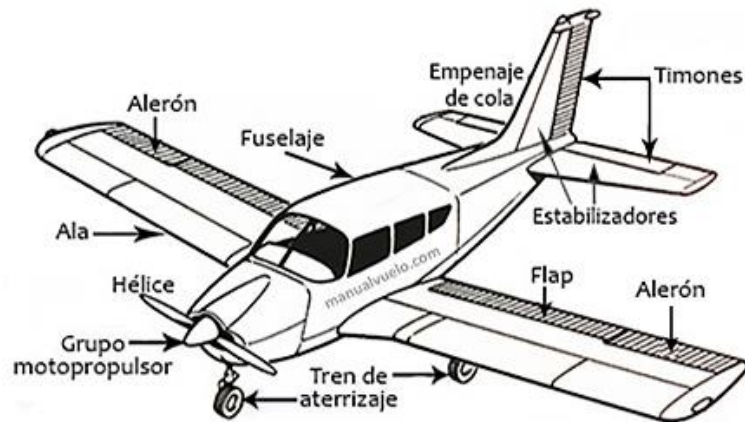
Uno de los medios de transporte más prevalentes a nivel mundial es el avión, reconocido por su velocidad, confiabilidad y capacidad para cubrir extensas distancias. Desde su invención hace un poco más de un siglo con el primer avión de los hermanos Wright, su progreso ha sido asombroso durante el siglo XX. Gracias al transporte aéreo, se ha vuelto factible no solamente trasladar carga, sino también personas y correo, debido a avances tecnológicos y a infraestructuras clave como los aeropuertos. Resulta sorprendente que un vehículo de tales dimensiones sea capaz de volar por los cielos, pero efectivamente lo hace. Esta hazaña de la ingeniería es posible gracias a la precisa combinación y equilibrio de cada una de sus partes.

Los aviones son máquinas que se mueven en la atmósfera debido a varias fuerzas físicas generadas por la interacción con el aire en movimiento. Estas máquinas se desplazan tanto en dirección vertical como horizontal utilizando diversas presiones generadas por el flujo del aire. Este proceso resulta en fuerzas ejercidas por la atmósfera sobre las alas, lo que da lugar a la elevación de la aeronave. Este fenómeno se conoce como fuerzas aerodinámicas.

Los aviones constan de diversos componentes, entre los que se incluyen el cuerpo principal, las estructuras alares, los dispositivos de control lateral, los estabilizadores, el sistema de soporte en tierra y el compartimento de pasajeros.

Figura 1

Estructura básica de una aeronave



Nota. La estructura básica de las aeronaves de ala fija está constituida por alas, fuselaje, empenaje, tren de aterrizaje y planta motriz. Tomado de (Navarro, 2022)

Fuselaje

El término "fuselaje" se refiere al "cuerpo principal de la aeronave"; esta estructura presenta una cavidad generalmente de forma circular donde se encuentran elementos como "la tripulación, los pasajeros y la carga". Además, gran parte de los dispositivos empleados para la operación y el mantenimiento del avión también están ubicados en esta área.

El fuselaje desempeña un papel fundamental en la aeronave, ya que actúa como la base que sostiene todas las demás partes. A partir del fuselaje se integran los demás elementos, como el ala, el motor y la cola, lo que justifica su designación como la "estructura fundamental".

Tipos de fuselaje

El fuselaje se encuentra generalmente segmentado en distintas secciones, variando según la función del avión. En una aeronave de pasajeros, la sección superior está destinada a albergar a la tripulación y a los pasajeros. En cambio, la parte inferior aloja las áreas de carga y diversos compartimentos. Por otro lado, en un avión de carga, todo el espacio

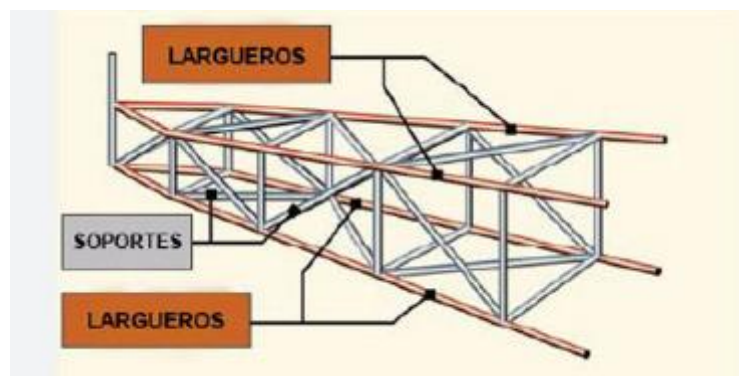
interior se destina al transporte de carga, dejando un espacio limitado para la cabina de los pilotos y compartimentos adicionales.

Fuselaje reticular

Se construye mediante la unión de tubos de acero soldados que conectan las diferentes cuadernas del avión. Esta técnica de construcción, de larga tradición, no es adecuada para aeronaves que operan a altas velocidades. Una vez completada la estructura, se la cubre con materiales como tela, madera o metal. También se conoce como "fuselaje tubular". En el interior se encuentran componentes como cuadernas, largueros y diagonales. Este revestimiento otorga a este tipo de fuselajes su forma aerodinámica definitiva. A pesar de ser un recubrimiento ligero, ofrece una resistencia mínima.

Figura 1

Fuselaje de estructura tubular



Nota. Los diseños más históricos emplean una estructura reticulada (también conocida como tubular) fabricada a partir de materiales como madera, acero o aluminio. Tomado de (Administration, 2016)

Fuselaje monocasco

Los fuselajes de tipo monocasco se distinguen por ser un tubo conformado a partir de una lámina de metal que contiene cuadernas en su interior. A diferencia de la estructura

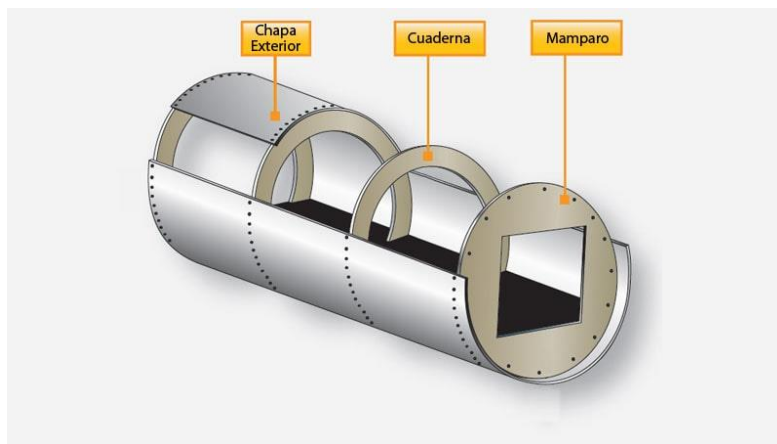
reticular, esta construcción presenta una resistencia considerablemente mayor, lo que habilita a estas aeronaves para operar a altitudes más elevadas.

La lámina metálica es tan robusta que no requiere de otros componentes para adquirir resistencia. No obstante, enfrenta un desafío: el peso inherente del tubo en sí. Para abordar esta cuestión de peso, se introdujeron los fuselajes semimonocasco, que se describen a continuación.

El fuselaje monocasco consiste en un tubo con una cavidad interna significativa, la cual se origina principalmente por la disposición y forma de las cuadernas ubicadas en su interior. Estas cuadernas, con forma de anillos, se distribuyen a lo largo de la estructura tubular, posicionándose en intervalos para brindar estabilidad y solidez.

Figura 3

Componentes de la estructura de un avión con diseño monocasco



Nota. Cuenta de una sola estructura. Tomado de (Aviación, 2023)

Fuselaje Semimonocasco

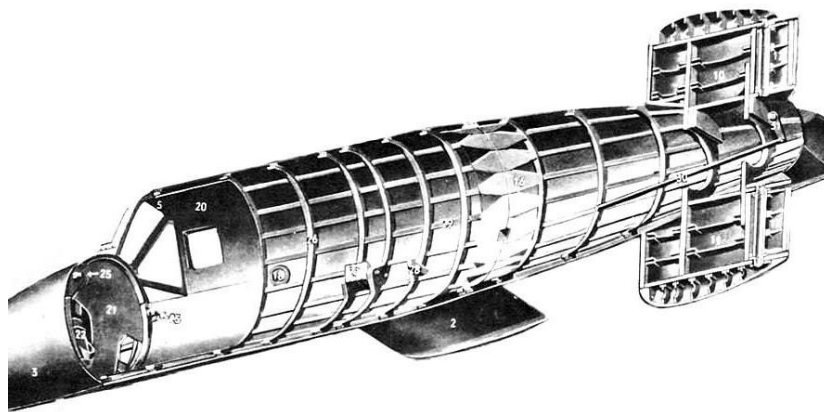
El fuselaje Semimonocasco se considera uno de los diseños de fuselaje más ampliamente adoptados para la producción de avionetas. Este tipo de diseño está constituido por largueros y larguerillos que se extienden a lo largo del fuselaje y conectan las cuadernas. A través de esta configuración, es posible reducir el grosor de la chapa de revestimiento, lo que permite construir un fuselaje con la misma resistencia estructural. En

esta disposición, la lámina externa es de menor espesor en comparación con las otras partes de la estructura. Este diseño de fuselaje ofrece múltiples ventajas, como la reducción de peso en la estructura sin comprometer su resistencia, al mismo tiempo que mantiene la solidez de los elementos de unión como pernos, remaches y adhesivos.

Los fuselajes semimonocasco abordan el desafío del peso presente en los monocasco mediante la incorporación de componentes adicionales: los largueros y larguerillos. Este enfoque es el más prevalente en la actualidad. Los largueros cumplen la función de conectar las cuadernas entre sí, y representan los refuerzos longitudinales más esenciales. Por su parte, los larguerillos desempeñan una función secundaria al otorgar forma a la estructura. Estos elementos contrarrestan el fenómeno de pandeo en la configuración de la aeronave.

Figura 4

Fuselaje Semimonocasco



Nota. Representación de un fuselaje semimonocasco. Tomado de (Anónimo, 2018)

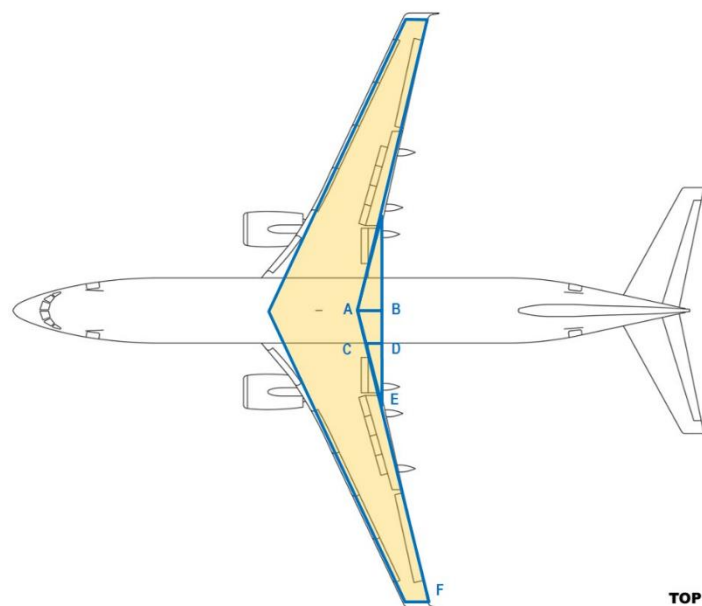
Ala

El ala constituye la parte de la aeronave formada por una estructura sólida que tiene la finalidad de generar distintas presiones, dando lugar a la sustentación y estabilidad del avión en el espacio aéreo. El ala puede ser categorizada en varios tipos, que se diferencian en base a diversas perspectivas.

De acuerdo a (Estartit, 2019) las alas de una aeronave desempeñan diversas funciones, incluyendo la compensación del peso del avión, la facilitación del control durante el vuelo, la garantía de una adecuada capacidad de despegue y aterrizaje, la sujeción de los motores, así como la provisión de espacio para el combustible, la carga de armas, el alojamiento del tren de aterrizaje, las luces y señales, e incluso una plataforma para salidas de emergencia.

Figura 5

Envergadura del ala



Nota. Área del ala. Tomado de (Cumulonimbo, 2020)

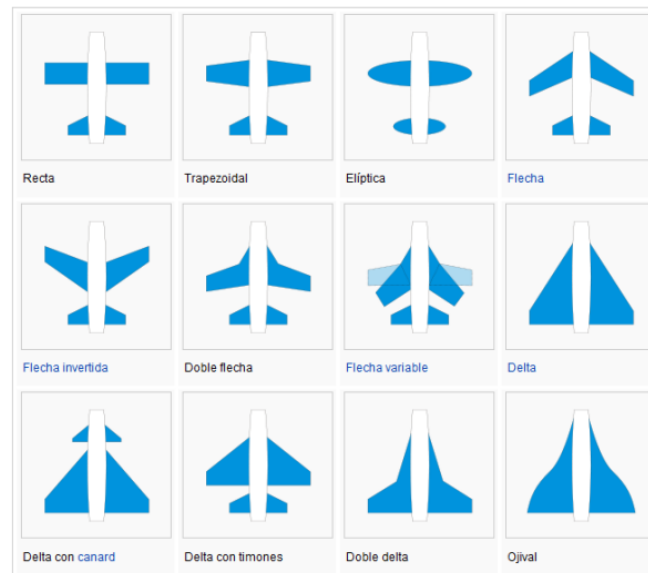
Tipos de ala

El ala constituye una superficie aerodinámica que confiere sustentación a la aeronave gracias al fenómeno aerodinámico que surge por la curvatura presente en la parte superior del ala, también conocida como extradós. Esta curvatura provoca la aceleración del flujo de aire situado sobre el ala, lo que resulta en una disminución de la presión del aire y crea un efecto de succión. Simultáneamente, el aire que circula bajo el ala, llamado intradós, suele ser plano o tener una curvatura más suave, manteniendo una velocidad y presión relativas constantes. Este flujo de aire inferior contribuye a incrementar la

sustentación, ya que, al impactar contra la parte de abajo del ala, ejerce una fuerza hacia arriba que mantiene a la aeronave en el aire, contrarrestando así la fuerza de la gravedad.

Figura 6

Diferentes tipos de ala



Nota. Existen diferentes tipos de alas que el diseño requiera según la utilidad de la aeronave. Tomado de (Estartit, 2019)

Un ala se distingue por sus dimensiones longitudinales, su envergadura y su área superficial. La relación de aspecto constituye un factor que define la extensión de un ala. Esta relación se calcula al elevar al cuadrado la longitud del ala y dividirlo por su superficie. La relación de aspecto opera como un coeficiente que brinda características distintivas.

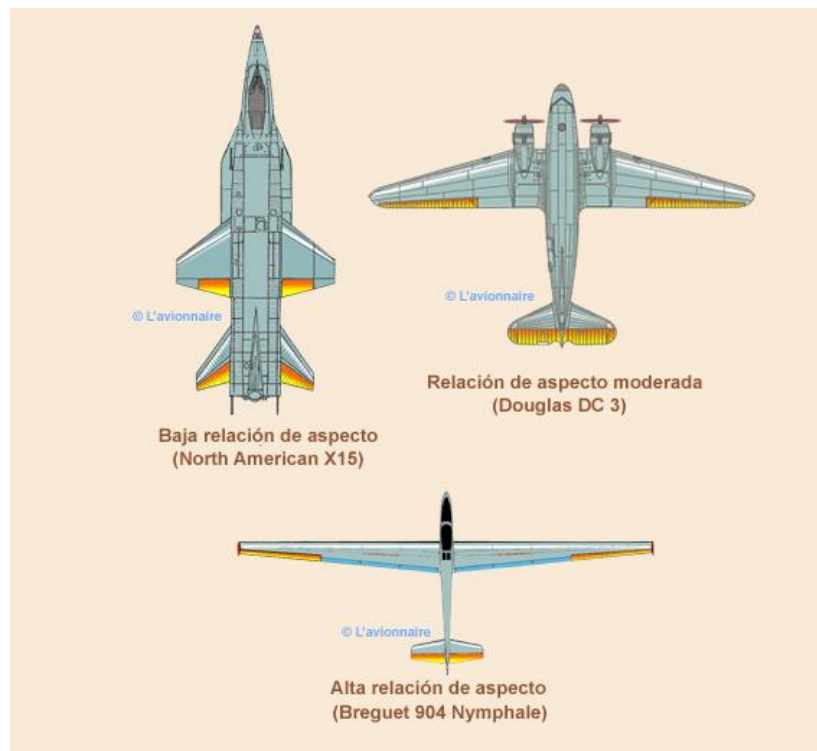
En el caso de una relación de aspecto baja, se refiere a un ala de dimensiones cortas y robustas. Este tipo de ala demuestra mayor eficiencia estructural y una capacidad superior para ajustes instantáneos de balanceo. Normalmente se emplean en aeronaves de combate, especialmente las diseñadas para alcanzar velocidades muy elevadas.

En cambio, una relación de aspecto moderada se relaciona con alas de uso general, ampliamente adoptadas en diversas aplicaciones.

Cuando se trata de una relación de aspecto alta, se está hablando de alas alargadas y delgadas. Desde la perspectiva aerodinámica, estas alas son más eficientes y generan menos resistencia inducida. Este diseño se encuentra comúnmente en aeronaves subsónicas de gran altitud, incluyendo aviones de pasajeros y planeadores.

Figura 7

Relación de aspecto del ala



Nota. La configuración del ala puede cambiar con el objetivo de impartir ciertos atributos de vuelo buscados. Tomado de (lavionnaire, 2010)

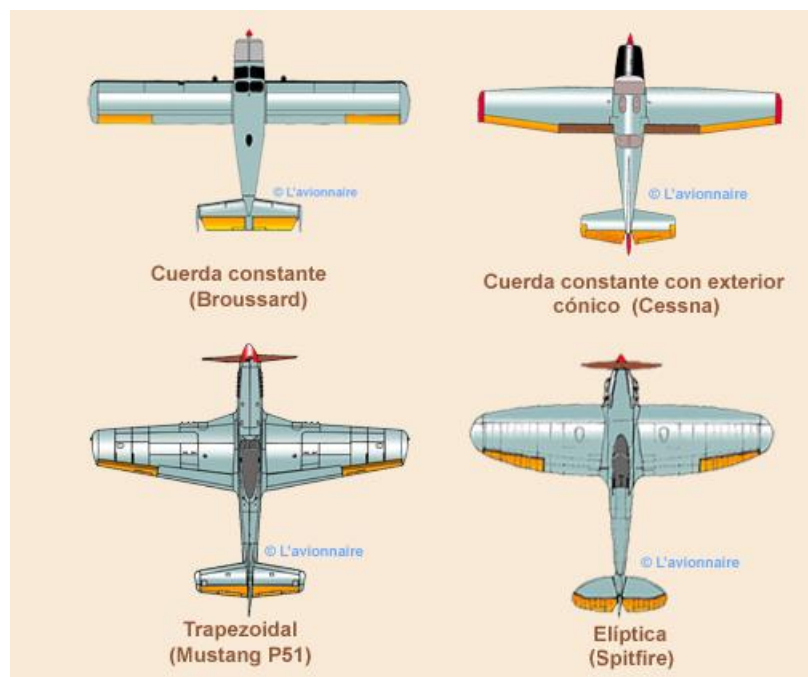
El comportamiento a diversas velocidades operativas, la producción de sustentación, la estabilidad y el equilibrio experimentan cambios al modificar la configuración del ala. Los márgenes de ataque y salida del ala pueden presentar una forma recta o curvada, o incluso una combinación de ambas. Ya sea uno o ambos de estos bordes, podrían ser afilados para que el ala sea más angosta en el extremo en comparación con la base, donde se conecta al fuselaje. La punta del ala podría tener una geometría cuadrada, redondeada o incluso puntiaguda.

Variación de la cuerda a lo largo del vano

- **Cuerda constante:** Los bordes de ataque y salida están paralelos en esta variante. Es la forma más sencilla de producir y la más frecuente en situaciones de bajo coste.
- **Cuerda constante con conicidad exterior:** Esta variación se ubica a medio camino entre el ala rectangular y la cónica. Es una opción frecuente en varias aeronaves Cessna, por ejemplo.
- **Trapezoidal:** Aquí, el ala toma una forma cónica con bordes de ataque y salida que son rectos; estos pueden ser o no paralelos. El ala trapezoidal con borde recto es una de las formas alares más comunes.
- **Elíptica:** Desde la perspectiva aerodinámica, la forma elíptica resulta la más eficiente dado que la distribución elíptica de la sustentación a lo largo de la envergadura minimiza la resistencia inducida en mayor medida. Sin embargo, su principal inconveniente radica en su complejidad para la fabricación.

Figura 8

Diferentes formas en el ala para las aeronaves



Nota. Estas formas varían dependiendo para lo que se va a dedicar a ser la aeronave.

Tomado de (lavionnaire, 2010)

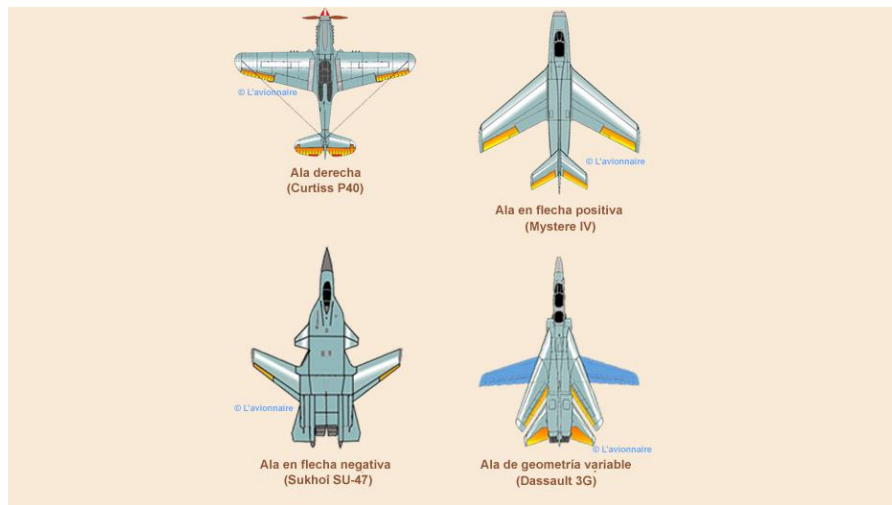
Barrido del ala

Las alas pueden presentar un ángulo de barrido hacia la retaguardia, o en ocasiones, incluso hacia adelante, debido a distintos motivos. En algunos casos, se emplea un leve grado de barrido para realinear el centro de sustentación cuando no es viable posicionar el ala en la ubicación óptima por algún motivo, como la visibilidad del piloto desde la cabina.

- **Ala recta:** Se extiende perpendicularmente a la línea de vuelo. Es el diseño alar más estructuralmente eficiente y ha sido un estándar en diseños de baja velocidad desde sus inicios.
- **Ala con barrido positivo:** El ala se curva hacia atrás desde la raíz hasta la punta. En los primeros diseños sin cola, como el avión Dunne, esto permitía que la sección exterior del ala actuara como un estabilizador convencional para garantizar estabilidad aerodinámica. A velocidades transónicas, las alas con barrido reducen la resistencia, aunque pueden presentar problemas en o cerca de la entrada en pérdida y exigen una gran rigidez para prevenir la aeroelasticidad a altas velocidades.
- **Ala con barrido negativo:** El ala está inclinada hacia adelante desde la raíz. Los beneficios son similares a los del ala con barrido hacia atrás, también previene problemas de entrada en pérdida y reduce las pérdidas en la punta, lo que permite un ala más compacta. Sin embargo, demanda una rigidez aún mayor para evitar el flutter aeroelástico.
- **Ala de geometría variable:** Este tipo de ala puede alterar su forma durante el vuelo, permitiendo que una aeronave opere a diversas velocidades sin comprometer la eficiencia.

Figura 9

El ángulo de flecha del ala



Nota. El ángulo de flecha más usado es el de flecha positivo ya que brinda más estabilidad.

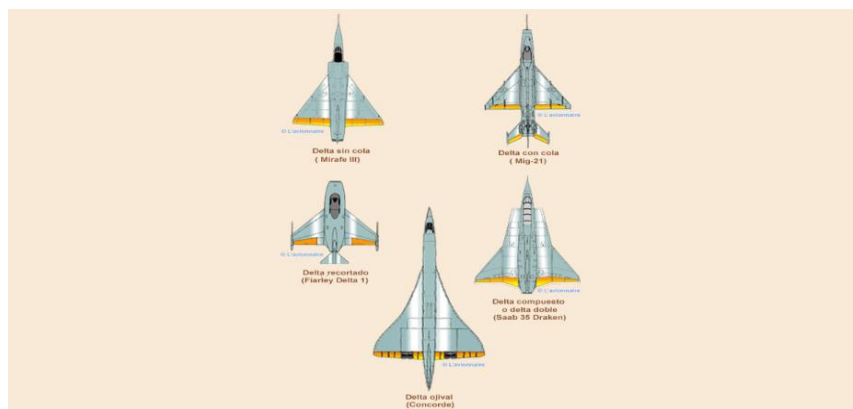
Tomado de (lavionnaire, 2010)

Alas Delta

- **Delta:** Configuración de planta en forma de triángulo con el borde de ataque en barrido y el borde de fuga recto. Presenta las ventajas de un ala barrida, con eficiencia estructural sólida y un área frontal reducida. Sin embargo, sus desafíos incluyen baja carga alar y una gran área húmeda necesaria para mantener la estabilidad aerodinámica.
- **Delta sin cola:** Un diseño clásico orientado a altas velocidades.
- **Delta con cola:** Integra un estabilizador convencional en forma de cola para mejorar la maniobrabilidad.
- **Delta recortado:** Las puntas de las alas son truncadas, lo cual contribuye a reducir la resistencia en ángulos de ataque elevados.
- **Delta compuesto o delta doble:** En esta variante, la sección interna presenta un mayor barrido en el borde de ataque (generalmente). Esta característica mejora la generación de sustentación en ángulos de ataque altos y aplaza o previene la entrada en pérdida.
- **Delta ojival:** Combina una doble curvatura que abarca tanto los bordes de ataque como la punta de un delta compuesto recortado.

Figura 10

Tipos de ala delta



Nota. El tipo de ala delta es mucho más aerodinámica. Tomado de (lavionnaire, 2010)

Ángulo diedro

Modificar la inclinación de las alas hacia arriba o hacia abajo siguiendo la dirección de la envergadura, desde la base hasta el extremo, puede abordar diversas consideraciones de diseño, como la estabilidad y el control durante el vuelo.

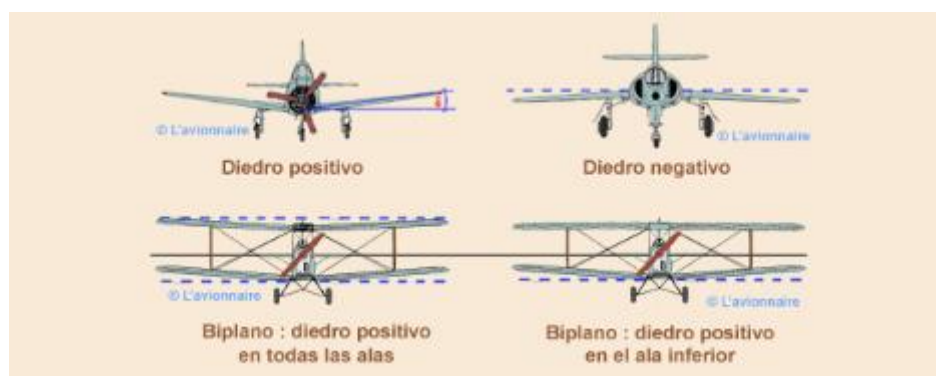
En el caso de un diedro positivo, las puntas de las alas se encuentran a mayor altura que la base, lo que produce una forma en "V" poco profunda cuando se observa desde el frente. Esto contribuye a una mayor estabilidad lateral.

Por otro lado, el diedro negativo implica que las puntas de las alas están ubicadas a menor altura que la base, en contraposición al diedro positivo. Se emplea cuando se necesita reducir la estabilidad, particularmente cuando otras características generan un exceso de estabilidad.

En ciertos biplanos, se pueden observar distintos grados de diedro positivo o negativo en las alas respectivas.

Figura 11

Ángulo de Diedro utilizadas en aviación



Nota. Los ángulos de diedros se determinan por la estabilidad de la aeronave. Tomado de (lavionnaire, 2010)

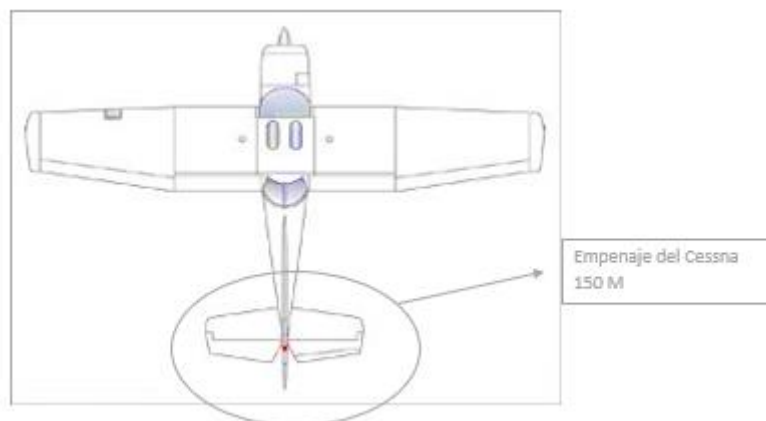
Empenaje o estructura de la cola

Una de las principales componentes que conforman la estructura de una aeronave es el empenaje o conjunto de la cola. Esta se sitúa en la sección posterior del fuselaje y desempeña un papel crucial en la estabilidad de la aeronave. Este elemento está compuesto por dos partes específicas: el "estabilizador vertical" y el "estabilizador horizontal"

El estabilizador vertical se encuentra en la parte trasera de un mecanismo articulado, incorporando bisagras que se conectan con una superficie móvil conocida como "timón de dirección". En paralelo, el "estabilizador horizontal" está enlazado a una superficie móvil denominada "timón de profundidad".

Figura 12

Ubicación del empenaje de la aeronave Cessna 150 M



Nota. El empenaje consta de un timón de profundidad, estabilizador horizontal y vertical.

Superficies de control

En el conjunto de sistemas de la aeronave, se encuentran las "superficies de control del avión". Estas se destacan por ser componentes de naturaleza aerodinámica empleadas en el manejo de la aeronave. Estas superficies son móviles y están diseñadas para interactuar con el flujo de aire, generando la fuerza requerida para controlar la dirección y orientación de la aeronave.

Tipos de controles

Con el objetivo de hacer más manejable la fuerza de control necesaria para los pilotos, los ingenieros aeronáuticos idearon sistemas de mayor complejidad. En sus inicios, se emplearon enfoques hidromecánicos, que comprendían tanto un sistema mecánico como uno hidráulico. Estos diseños tenían la finalidad de disminuir la complejidad, el peso y las restricciones inherentes a los sistemas de control de vuelo puramente mecánicos.

(ZKREATIONS, 2021)

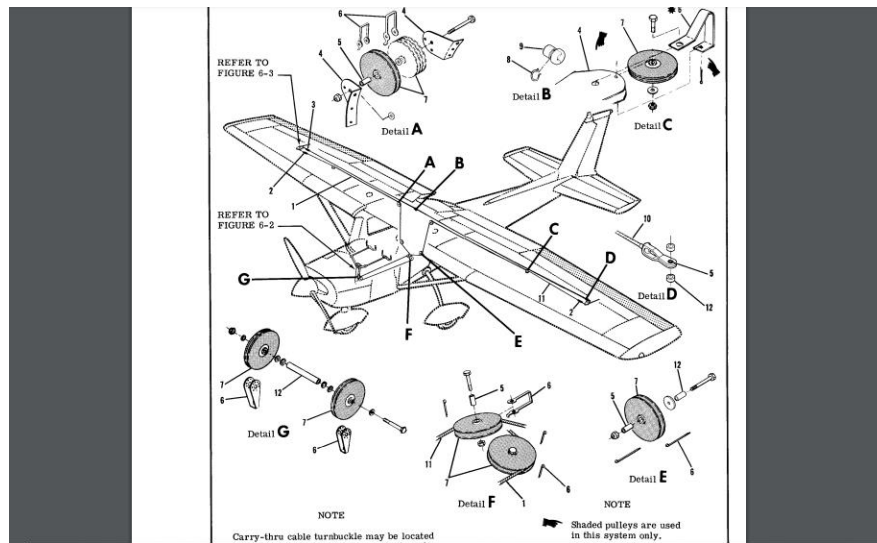
Los sistemas de control de vuelo en las aeronaves se dividen en sistemas primarios y secundarios. Los elementos primarios de control, que son los alerones, el elevador (o estabilizador) y el timón, son esenciales para garantizar la seguridad y el control efectivo de la aeronave durante el vuelo. Por otro lado, los componentes secundarios de control, como los flaps alares, dispositivos en el borde de ataque, spoilers y el ajuste (trim), tienen la función de mejorar las propiedades de rendimiento de la aeronave o aliviar al piloto de las demandas excesivas de control.

Alerones

Los alerones funcionan como mecanismos que inducen movimientos ascendentes o descendentes en la aeronave, conocidos como alabeo. Estas superficies móviles se encuentran ubicadas en la parte posterior del ala. Es relevante destacar que el extremo trasero del ala es denominado "borde de salida", en gran medida debido a que constituye la última sección del ala expuesta al flujo de aire. Como resultado, la acción de los alerones es asimétrica, lo que significa que cuando uno se eleva, el otro desciende. En otras palabras, el alerón en descenso aumenta la sustentación mientras que el alerón elevado disminuye la sustentación. Además, es importante mencionar que el control de los alerones se efectúa desde la cabina de mando a través de una palanca, realizando movimientos de derecha a izquierda.

Figura 13

Alerones vistos desde el manual de mantenimiento



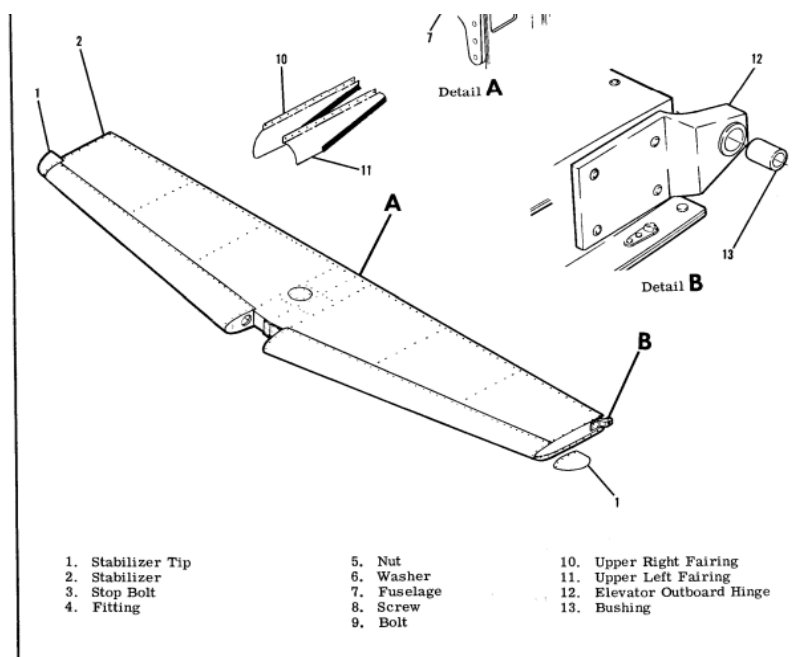
Nota. Tomado del manual de mantenimiento de la aeronave Cessna 150 M

Elevadores

Los elevadores se refieren a los desplazamientos hacia arriba y hacia abajo del avión, los cuales son generados mediante el uso de superficies de control llamadas timones de profundidad. Es importante señalar que estos timones de profundidad son partes móviles conectadas al estabilizador horizontal en la cola de la aeronave. De esta manera, los elevadores se desplazan verticalmente en el flujo de aire, induciendo un movimiento oscilante en la parte frontal del avión en la misma dirección.

Figura 14

Elevadores vistos de la aeronave Cessna 150



Nota. Esta ilustración se puede observar en el manual de mantenimiento de la aeronave Cessna 150 M.

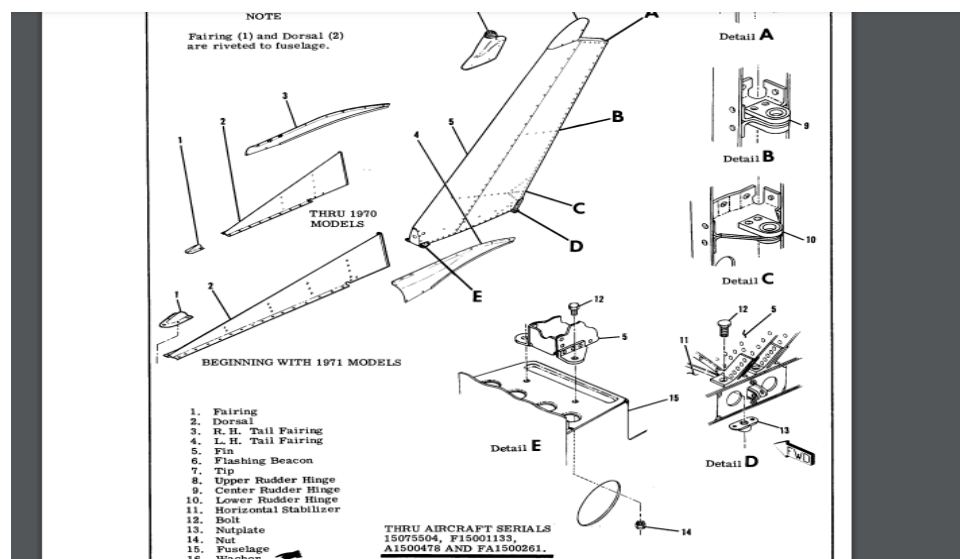
Rudder

El control de la guiñada del avión, que implica girar el morro hacia la izquierda o la derecha, se lleva a cabo utilizando el timón de dirección. Este timón de dirección es un componente móvil que se enlaza con el plano vertical o el estabilizador, y su manejo se realiza mediante el movimiento de los pedales situados en la cabina.

Es importante considerar que el piloto es quien tiene la responsabilidad de operar todas las superficies de la aeronave utilizando los controles. Estos controles están equipados con dispositivos que establecen la conexión entre las superficies y las posiciones en la cabina, utilizando sistemas eléctricos, hidráulicos o mecánicos. Estos mecanismos posibilitan la ejecución de cada uno de los movimientos dentro de la aeronave.

Figura 15

Ilustración del manual de mantenimiento del Cessna 150M



Nota. Tomado del manual de mantenimiento de la aeronave Cessna 150M

Controles de cabina

Controles Primarios

Los diseños de los sistemas de control de la aeronave están meticulosamente concebidos con el propósito de ofrecer una respuesta adecuada ante las acciones de control, al mismo tiempo que generan una sensación intuitiva. Durante condiciones de baja velocidad del aire, los controles tienden a ser suaves y de movimiento lento, y la aeronave reacciona con gradualidad a las intervenciones en los controles. A medida que la velocidad aumenta, los controles se tornan progresivamente más sólidos y la respuesta de la aeronave se vuelve más ágil.

Un dispositivo denominado *cabrilla* (también conocido como *columna de control*), así como *joystick central* o *joystick lateral*, permite dirigir los movimientos de balanceo y cabeceo del avión. Estos movimientos son posibles debido a la manipulación de los alerones y también a través de la activación del alabeo. Esta característica es más común en las primeras versiones de aeronaves. Este mecanismo consta de dos tipos de movimientos: uno rotatorio, que induce desviaciones laterales en la aeronave, y otro de

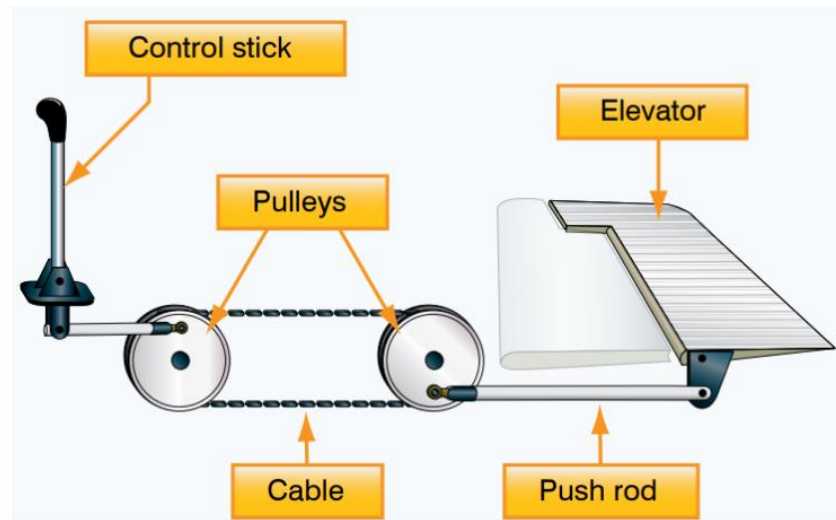
inclinación, que opera los elevadores para generar movimientos hacia adelante o hacia atrás.

Los pedales de timón tienen una doble función. En primer lugar, están involucrados en el control del timón de dirección. Esto significa que al presionar un pedal mientras se libera el otro, se inducen movimientos laterales. Los pilotos presionan o liberan los pedales según el lado al que deseen dirigir la aeronave. En segundo lugar, los pedales también cumplen la función de freno. Similar a un automóvil, los pedales se utilizan para aplicar freno a las ruedas. Esta característica es de gran importancia, ya que, para realizar maniobras en tierra, muchas aeronaves no disponen de un volante como el que tienen los automóviles. Entonces, frenar una de las ruedas genera un efecto diferencial que resulta en el desplazamiento del avión hacia la izquierda o la derecha, dependiendo de la situación.

Es preciso recalcar que existen diversos modelos de cabrillas y sus mecanismos si bien son muy similares pueden variar de un avión a otro, por ejemplo, se tiene cabrillas en donde los mecanismos funcionan en sentido horario/antihorario de la misma manera que conducir un automóvil, pero existen mecanismo que esta actividad se realiza mediante una inclinación de la cabrilla de izquierda a derecha. También se puede encontrar que el cabeceo en algunos modelos se realiza inclinando la columna, pero existen otros sistemas en donde se acerca o se aleja la cabrilla del panel de controles, pero es frecuente encontrar que la acción del balanceo en algunas cabrillas se ejecute con movimientos del mecanismo de izquierda a derecha. Vale la pena destacar, que en muchas ocasiones se puede encontrar una variación entre los palos centrales, en donde se puede encontrar en varias ocasiones a estos que se encuentran directamente conectados a las superficies de control mediante cables. Por otra parte, también a otro tipo de aviones como son los fly-by-wire, los cuales poseen un mecanismo inteligente los cuales controlan los actuadores que son mecanismos eléctricos

Figura 16

Los controles de vuelo ayudan a la sustentación y control



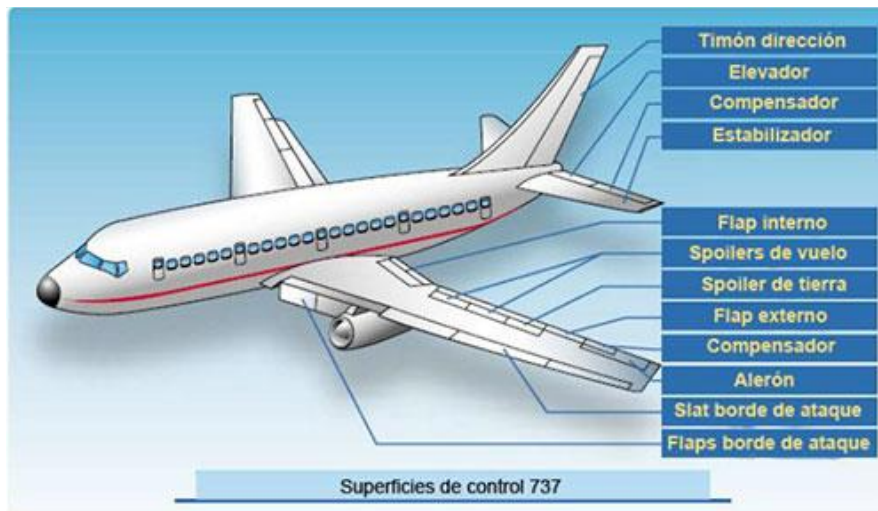
Nota. Esta imagen es tomada del manual Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge, FAA-H-8083-25B

Controles secundarios

Los sistemas adicionales de control en vuelo abarcan compensadores, flaps en el borde de ataque, flaps en el borde de fuga, spoilers y slats. Los spoilers se emplean en la parte superior de las alas para degradar o disminuir la sustentación. En aeronaves de alta velocidad, que tienen un diseño aerodinámico eficiente y de baja resistencia, los spoilers son usados como frenos aerodinámicos para disminuir la velocidad. Al aterrizar, los spoilers se despliegan de manera inmediata para reducir la sustentación, permitiendo que el peso de la aeronave se transfiera de las alas a las ruedas, mejorando así la capacidad de frenado.

Figura 17

Ilustración de los controles de vuelo en una aeronave



Nota. Esta imagen muestra los controles de vuelos secundarios usados en aeronaves comerciales. Tomado de (Administration, Pasion por volar, 2020)

Sistema de Controles de Vuelo

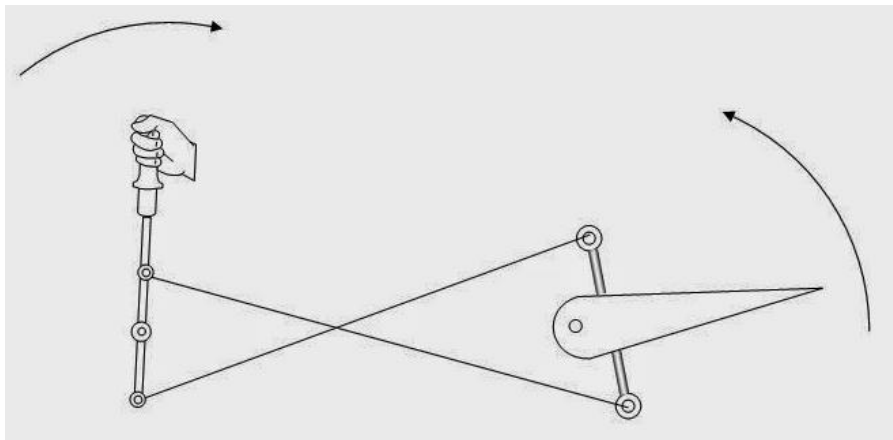
Los sistemas de control son mecanismos que permiten la operación del vuelo, y estos pueden agruparse en dos categorías. La primera utiliza una conexión mecánica, mientras que la segunda se basa en una organización eléctrica de los mandos. A partir de esta premisa, los sistemas de control de vuelo se clasifican en función del diseño específico de la aeronave. En otras palabras, esta característica permite categorizar los sistemas de vuelo según la manera en que se transmiten las instrucciones del piloto. Estas categorías incluyen sistemas de control mecánico, hidráulico y eléctrico.

Mecánico

Los controles de vuelo de tipo mecánico representaron los primeros diseños que lograron alterar la dirección de vuelo de una aeronave de manera segura. Estos controles son conocidos como convencionales y utilizan componentes mecánicos tales como poleas, cables y palancas.

Figura 18

Mandos mecánicos



Nota. Los mandos mecánicos se accionan o son accionados por la fuerza de la tripulación al momento de aplicarlos o efectuarlos. Tomado de (Cumulonimbo, Mandos y controles de vuelo, 2015)

Hidráulico

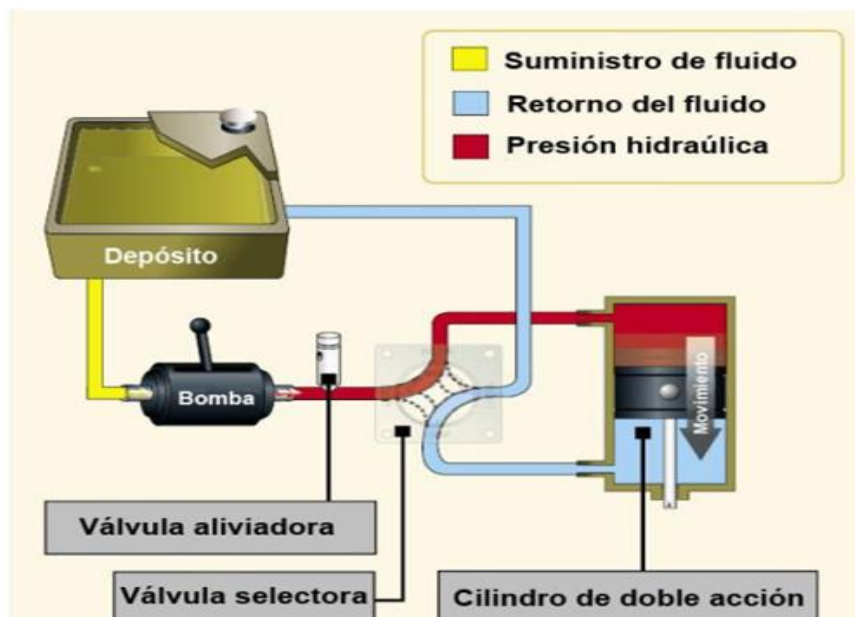
Existen diversas aplicaciones hidráulicas en aeronaves que varían en función de su complejidad. Por ejemplo, en aviones pequeños, se emplea comúnmente el sistema hidráulico para operar los frenos de las ruedas, el tren de aterrizaje retráctil y algunas hélices de velocidad constante.

En aeronaves de mayor tamaño, el sistema hidráulico se utiliza para controlar las superficies de vuelo, los flaps, los spoilers y otros sistemas.

Un sistema hidráulico básico se compone de un depósito, una bomba que puede ser impulsada manualmente, eléctricamente o por el motor, un filtro para mantener el fluido limpio, una válvula selectora para gestionar el flujo en diferentes direcciones, una válvula de alivio para liberar presión excesiva y un actuador.

Figura 19

Sistema hidráulico básico del avión



Nota. Diagrama de bloque de los componentes principales de un sistema hidráulico.

Tomado de (Administration, ASOC. PASIÓN POR VOLAR, 2016)

Eléctrico

Conforme las aeronaves evolucionaron en complejidad, las superficies de control comenzaron a ser operadas mediante motores eléctricos, sistemas computarizados digitales o cables de fibra óptica. Denominado como "fly-by-wire", este sistema de control de vuelo reemplaza la conexión física entre los mandos del piloto y las superficies de control con una interfaz eléctrica. Asimismo, en algunas aeronaves grandes y de alta velocidad, los controles son activados por sistemas hidráulicos o eléctricos. Tanto en los sistemas "fly-by-wire" como en los sistemas tradicionales reforzados, la sensación de la respuesta de control se transmite al piloto mediante simulaciones. (Aviación, 2023)

Cables de control

El cable de mando de los alerones se divide en tres secciones distintas. Una parte del cable comprende los dos conjuntos de ruedas de control del piloto o copiloto, dispuestos respectivamente en los sectores correspondientes del eje auxiliar situado debajo de la cámara neumática y la cámara de radio. Otra porción del sistema de control está conformada por el cable del eje auxiliar y el sector medio en el ala izquierda, mientras que finalmente la tercera parte del cable se extiende entre el sector medio en el panel exterior del ala y cada sector de transmisión.

Componentes del cable

De acuerdo a las directrices de las especificaciones militares MIL-W-83420, MIL-C-18375 y MIL-W-87161, se establecen los conjuntos de cables siguientes.

- **Núcleo de alambre central:** El centro de todos los filamentos consistirá en un solo alambre y se identificará como el núcleo del cable.
- **Hebra central o núcleo:** El hilo o núcleo central es una serie lineal única de cables prefabricados, similar a los otros hilos que componen el cable, en términos de disposición y cantidad de cables.
- **Cuerda de cable con núcleo independiente (IWRC) de 7x7:** El cable de acero especificado de 7x7 con núcleo independiente debe constar de seis cables de acero o alambres en cada grupo de siete hebras, y el alambre central o núcleo, compuesto por siete hebras, debe enrollarse o torcerse.

Tensiómetros

Los tensiómetros son dispositivos capaces de aplicar fuerza mecánica para generar presión o compresión. La magnitud de esta fuerza se basa en la respuesta de la celda de carga a la que se transmite la señal eléctrica, y se convierte en un valor utilizable mediante un software de adquisición de datos. Para su medición, se emplean unidades de fuerza como Newton o Libras.

Figura 20

Imagen de datos de tensión de los cables

Tensión Lbs.	CALIBRACIÓN						
	1 1/16	1 3/32	1 1/8	2C 5/32	2C 3/16	3 7/32	3 1/4
5	4	5	6				
10	6	8	9				
15	9	11	12	10	14		
20	11	14	15	13	17		
25	14	17	19	15	19	28	21
30	17	20	23	17	22	25	24
35	19	23	26	19	24	22	26
40	21	26	29	21	27	24	29
45	23	28	32	23	29	26	31
50	25	30	35	26	32	29	33
60	29	35	41	29	34	32	34
70	33	40	46	33	39	35	42
80	38	45	52	36	44	37	49
90	42	50	57	40	48	41	53
100	46	55	63	43	51	44	57
110				46	55	47	61
120				48	59	50	64
130				51	62	52	66
140				54	64	54	68
150				57	69	58	71

Nota. En esta tabla se detallan las diversas calibraciones disponibles para el tensiómetro.

Tomado de (Diaz, 2004)

Capítulo III

Desarrollo del tema

Introducción

Este capítulo describe el procedimiento para llevar a cabo el ajuste de los controles primarios de la aeronave utilizando el manual de mantenimiento y la información técnica específica para el avión Cessna 150M. Se consideran tanto los aspectos de seguridad como las operaciones en un entorno de trabajo. Para lograr esto, se emplea el equipo necesario en el proceso de mantenimiento y se busca identificar cualquier anomalía en los cables de control de vuelo y sus respectivas guías.

Precauciones de seguridad para labores en la aeronave.

Para llevar a cabo esta actividad de mantenimiento, se implementaron diversas medidas de seguridad con el propósito de prevenir posibles incidentes o accidentes que pudieran afectar a los miembros del equipo o a la propia aeronave. El entorno de trabajo donde se llevará a cabo el mantenimiento está equipado con las herramientas necesarias para realizar las tareas de mantenimiento de manera eficaz y con un alto nivel de seguridad operativa. Esto asegura la integridad de todos los involucrados en la tarea de mantenimiento.

Figura 21

Equipo de protección individual



Nota. Es fundamental tener este equipo contigo en todo momento mientras te encuentres en las instalaciones de un hangar.

Herramientas

Antes de iniciar la labor de mantenimiento, se prepara el entorno de trabajo junto con las herramientas necesarias para llevar a cabo la tarea de manera eficiente, con el propósito de prevenir contratiempos innecesarios y garantizar un orden adecuado de las herramientas en el lugar de trabajo para su utilización posterior.

Las herramientas utilizadas son:

- Tensiómetro
- Inclinómetro
- Destornillador
- Escalera
- Pinzas de presión
- Entorchador
- Cortador

Reglaje del Rudder

Preparación exterior de la aeronave

Para iniciar el ajuste de uno de los dispositivos de control aéreo, en este caso el timón de dirección, se procede removiendo las cubiertas 340AL y 340AR. Luego, en colaboración con un colega, después, a asegurar la parte trasera de la aeronave en el suelo. Esto permitirá elevar el tren delantero y liberar la rueda delantera, es necesario asegurarse de que el soporte esté completamente desplegado y la rueda se encuentre en posición recta.

Figura 22

Rudder de la aeronave Cessna 150M



Nota. Se puede observar el Rudder de la aeronave Cessna que se encuentra en la institución.

Preparación del interior de la aeronave.

Dentro de la aeronave, se comienza por conveniencia removiendo en primer lugar los asientos del piloto y copiloto. Utilizando un trozo de madera, mordazas y una cuerda, se fijan los pedales del timón en una posición neutral. Una vez asegurados los pedales en esta

posición, se procede a retirar los clips de seguridad que sujetan los tensores del cable del timón.

Figura 23

Preparación de la aeronave internamente



Nota. En la imagen se puede observar cómo se ajustan los pedales que controlan el Rudder de la aeronave.

Tensión de los cables

Utilizando pinzas de presión que se deben situar en ambos extremos de los tensores, con dos puntas insertadas en los mismos, se procede a ajustar simultáneamente los tensores para tensar el cable. El ajuste apropiado de la tensión de los cables del timón es de 30 libras, con una tolerancia de +10 o -10 libras, a una temperatura de 70 °F (21 °C), con el timón desplazado un grado hacia la derecha. Dado que la ubicación operativa promedio de la aeronave tiene una temperatura de alrededor de 20 grados Celsius, si se encuentra en otro lugar operando, se debe hacer referencia al manual de mantenimiento de la aeronave para ajustar conforme a las indicaciones correspondientes.

Figura 24*Inspección del sistema de control*

Nota. En la imagen se puede observar los diferentes sistemas de control y transmisión de la aeronave.

Para verificar la adecuada tensión del cable, se emplea el medidor de tensión previamente ajustado para medir el diámetro del cable. Se coloca el medidor de tensión al retirar la cubierta de inspección 310AR. En este punto, se evalúa si la tensión está en el intervalo correcto, si está por encima o por debajo. De acuerdo con la indicación del medidor de tensión, se afloja o ajusta el tensor correspondiente.

Verificación del timón de dirección.

Una vez completada la tensión de los cables, se procede a liberar la sujeción de los pedales para permitir su movimiento. Luego, se debe ajustar los pernos de tope del timón para lograr un desplazamiento de 24 grados, con una variación de ± 1 grado, hacia ambos lados, medido en paralelo a la línea de flotación. Alternativamente, se ajustará a 27 grados y 13 minutos, con una tolerancia de ± 1 grado, desplazamiento a izquierda y derecha, medido en un ángulo perpendicular a la línea de bisagra. Para evitar interferencias con la lectura, se debe asegurar el inclinómetro utilizando cinta adhesiva.

Montaje

Después de verificar la tensión de los cables y lograr el desplazamiento del timón de 24 grados tanto hacia la izquierda como hacia la derecha, se procede a asegurar los tensores utilizando los métodos de envoltura, ya sea en espiral simple o doble.

Se coloca los carenados 340AL y 340AR en la aeronave, luego se desciende la rueda del tren delantero al suelo, adoptando las precauciones necesarias para evitar cualquier daño a la aeronave. Posteriormente, se realiza una revisión del sistema del timón para evaluar la fluidez del movimiento y asegurarnos de que pueda alcanzar su recorrido completo.

Figura 25

Verificación del Rudder ya instalado



Nota. Se puede observar en la imagen que la tarea se realizó con éxito.

Reglaje del alerón

Previo al inicio del ajuste del alerón, se procede a retirar todas las cubiertas de inspección en ambas alas, realizando una revisión exhaustiva de los cables y los elementos que constituyen este sistema. El objetivo es asegurarnos de que no haya ninguna irregularidad o anomalía presente.

Se desprenden los clips de seguridad de los tensores en ambas alas y se afloja la tensión del cable en las poleas a lo largo de las cuales el cable se guía en las alas. A continuación, se desconecta las barras de empuje que están asociadas a los alerones.

Se efectúa la adecuación de la tensión del cable a 40 libras, con un margen de +10 o -10 libras, a una temperatura de 70 °F (21 °C). Dado que el entorno de operación habitual de la aeronave mantiene una temperatura promedio de alrededor de 20 grados Celsius, los cables se ajustarán con una fuerza de 30 libras. En el caso de operaciones en diferentes ubicaciones, se siguen las indicaciones proporcionadas en el manual de mantenimiento de la aeronave.

Figura 26

Procedimiento de inspección



Nota. Se realiza el retiro de los cobertores de inspección ubicados en el ala de la aeronave.

Se adecua las varillas de empuje y tracción en cada alerón hasta lograr que estos se encuentren en una posición neutral con respecto al borde trasero de los alerones. Durante este proceso de ajuste, también se verifica que los flaps de las alas se encuentren completamente en la posición elevada.

Se coloca un inclinómetro en el extremo posterior de ambos alerones mientras se encuentran en una posición neutral, y se calibra para que marque 0 grados.

Se debe adecuar los pernos de tope de los alerones para lograr el desplazamiento adecuado de los mismos, que es de 21 grados hacia arriba, con una variación de +2 o -2 grados, y 14 grados y 30 minutos hacia abajo, con una variación de +2 o -2 grados.

Por último, se confirma la correcta sujeción de los tensores mediante los métodos de envoltura simple o doble en espiral, y se inspecciona de que todos los cables y protecciones de cables estén instalados de manera apropiada.

Figura 27

Aeronave lista y preparada



Nota. Los alerones quedaron operativos cumpliendo los requerimientos del fabricante.

Reglaje de elevador

Siguiendo las indicaciones del manual, se crea una herramienta que será de utilidad para llevar a cabo el ajuste del elevador. Para construir esta herramienta, se emplearán una variedad de materiales y herramientas. Esta herramienta será confeccionada a partir de acero con un grosor de 0,125 pulgadas. Contendrá dos orificios, uno de 0,209 pulgadas de diámetro y otro de 0,250 pulgadas de diámetro. No obstante, la compañía dispone de una herramienta específica destinada a este tipo de labores de mantenimiento, lo que simplifica y agiliza el proceso.

Se debe quitar la cubierta de inspección 310BB junto con los paneles protectores 340AL y 340AR, con el propósito de iniciar el ajuste del elevador.

Después de retirar las cubiertas, se procede a montar la herramienta destinada a facilitar el ajuste, que se empleará para bloquear el control del elevador en posición neutral.

Manteniendo los elevadores en su posición neutral, se procede a ajustar los tensores empleando pinzas de presión y una punta, de forma equitativa, hasta obtener una tensión del cable de 30 libras, con una tolerancia de +10 o -10 libras, a una temperatura de 70 °F (21 °C). Esto se debe a que el lugar habitual de operación de la aeronave mantiene una temperatura promedio de aproximadamente 20 grados Celsius. En el caso de operaciones en otros lugares, se debe guiarnos por las indicaciones del manual de mantenimiento de la aeronave.

Luego, se coloca un inclinómetro en el elevador y, manteniendo constante la posición del elevador con el estabilizador, se debe ajustar el inclinómetro para que muestre 0 grados.

Luego, se retira la herramienta de ajuste que mantenía el elevador en posición neutral y se comienza a ajustar el elevador hacia arriba con el objetivo de lograr un recorrido de 21 grados, con una variación de +1 o -1 grado. Luego, se debe repetir el proceso

ajustando el elevador hacia abajo para alcanzar un recorrido de 17 grados, con una variación de +1 o -1 grado.

Finalmente, se procede a instalar las cubiertas de inspección 310BB y los paneles protectores 340AL y 340AR.

Figura 28

Ilustración del elevador



Nota. La aeronave cumplió exitosamente la tarea de mantenimiento programada.

Presupuesto del proyecto de titulación

Tabla 1

Costos Primarios

Materiales usados	Cant.	C/U	Valor total
Tubos cuadrados de monel	2	100.00	200.00
Bloques de aluminio	4	90.00	360.00
Barillas de acero inoxidable	3	60.00	180.00
Transporte	1	20.00	20.00

Soporte técnico	1	200.00	200.00
		Total	\$960.00

Nota. Estos precios fueron realizados en una investigación de campo

Tabla 2

Costos secundarios

Materiales usados	Cant.	C/U	Valor total
Herramientas	Juego de llaves	40.00	40.00
Asesoría en software Solid Word	2	20.00	40.00
Imprevistos	--	8	400.00
		Total	\$480.00

Nota. Investigación de campo

Tabla 3

Costo total del proyecto de titulación

Valor total de costos primarios	\$960.00
Valor total de costos secundarios	\$480.00
TOTAL	\$1440.00

Nota. Investigación de campo. Este proyecto tiene un costo de \$1440.00 dólares americano

Capítulo IV

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- La calibración de los mandos principales de vuelo del avión Cessna 150 M se completó utilizando los datos y la documentación obtenida del manual de mantenimiento específico de la aeronave.
- Se llevaron a cabo los pasos requeridos para este procedimiento de mantenimiento de acuerdo con las indicaciones establecidas en el manual de mantenimiento del avión.
- Se aplicó el método adecuado para llevar a cabo las pruebas de funcionamiento de los mandos de vuelo, que involucraron una verificación práctica mediante un vuelo de prueba.

Recomendaciones

- La documentación y datos técnicos deben contar con certificación y estar actualizados. Es crucial que el técnico tenga una comprensión precisa y una interpretación adecuada de dicha documentación.
- Las herramientas empleadas para medir la tensión o los ángulos deben estar calibradas con precisión y contar con certificación de calibración emitida por una entidad autorizada para realizar esta tarea, cumpliendo con los estándares de calidad necesarios para un mantenimiento adecuado.
- Es esencial llevar a cabo una evaluación exhaustiva de los cables que controlan el vuelo antes de proceder con la calibración, ya que podrían existir anomalías en alguno de ellos. De la misma manera, es importante realizar una evaluación de los demás componentes que conforman el sistema de control de vuelo.

Abreviaturas

A

AMM: Manual de mantenimiento de la aeronave.

AD: Directiva de aeronavegabilidad.

B

Base Principal: Si el operador tiene un centro de operaciones donde normalmente se asignan los miembros de la tripulación.

C

CCM: Manual de Mantenimiento de Componentes.

CDL: Lista de desviaciones respecto a la configuración

CFR: Código federal de regulaciones

D

DGAC: Dirección General de Aviación Civil.

F

FAA: Administración Federal de Aviación.

FAR: Regulaciones Federales de Aviación.

FT: Tarts

G

GAL: Un galón.

H

HRS: Temporizador.

HP: Caballo de fuerza.

I

ICAO: Organización de Aviación Civil Internacional.

IFR: Reglas de Vuelo por Instrumentos.

INCH: Pulgadas.

K

KT: Nudos.

R

RDAC: Regulaciones de Aviación Civil.

Glosario

A

Aeronave: Cualquier máquina capaz de ser sostenida en la atmósfera por la respuesta del aire que no sea la respuesta del aire en la superficie de la tierra.

Aeronavegabilidad: La aeronave debe ser técnica y legalmente capaz de volar en condiciones seguras de operación.

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

C

Certificado de Aeronavegabilidad: Es un documento público emitido por la Administración de Aviación Civil de China que certifica que la aeronave amparada por el certificado puede operar con seguridad a la fecha de emisión.

Certificado de tipo: El certificado de diseño básico del diseño de la aeronave, el motor y la hélice que define el diseño de tipo.

Probar: Probar un componente o sistema.

E

Equipo: Un grupo o conjunto de partes funcionalmente relacionadas que se utilizan como un todo para realizar una función específica.

F

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

G

Tren motriz: Un dispositivo que consta de uno o más motores eléctricos y auxiliares que juntos se requieren para producir empuje independientemente de cualquier otro tren motriz o funcionamiento continuo del tren motriz, pero excluyendo el equipo de tracción transitorio.

I

Instrumento: Un componente que usa mecanismos internos para indicar visual o audiblemente la posición, altitud y operación de una aeronave o parte de una aeronave.

Inspección: Revisar, evaluar mediante la vista o equipo.

L

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

M

Material compuesto: Un material que combina dos o más materiales para lograr una combinación de propiedades que no se pueden obtener del material original.

Mantenimiento: Trabajo necesario para asegurar la aeronavegabilidad continua de una aeronave, incluyendo una o más de las siguientes tareas: renovación, reparación, inspección, reemplazo, modificación o reparación de defectos.

O

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

P

Preservar: Proteger de algún daño un componente.

Procedimiento: Conjunto de acciones para cumplir la tarea.

R

Reparación: Restitución de un componente o aeronave.

T

Transporte Aéreo: Transporte de personas o cosas efectuado por medio de aeronaves

Bibliografía

Administración, F. A. (2016). ASOC. PASIÓN POR VOLAR. Obtenido de

<https://www.pasionporvolar.com/estructura-del-avion-cap-2/>

Administración, F. A. (2020). Pasión por volar. Obtenido de

<https://www.pasionporvolar.com/controles-de-vuelo-de-alta-velocidad/#:~:text=Los%20controles%20de%20vuelo%20secundarios,fuga%2C%20spoilers%2C%20y%20slats.&text=para%20reducir%20la%20velocidad.>

Anónimo. (noviembre de 2018). Estructura aeronáutica. Obtenido de

http://estructuras10.blogspot.com/2018/11/analisis-de-estructuras-semi-monocasco_8.html

Aviación, T. (2023). TMAS Aviación. Obtenido de <https://www.tmas.es/blog/mecanica-de-aviones/fuselaje-la-estructura-primaria-del-avion/>

Cumulonimbo, O. d. (23 de enero de 2015). Mandos y controles de vuelo. Obtenido de

<https://greatbustardsflight.blogspot.com/2015/01/mandos-y-controles-de-vuelo.html#:~:text=Los%20controles%20de%20vuelo%20mec%C3%A1nicos,%2C%20cables%2C%20palancas%2C%20etc.>

Cumulonimbo, O. d. (2020). El vuelo de la gran avutarca. Obtenido de

<https://greatbustardsflight.blogspot.com/2020/04/el-area-del-ala-y-el-yehudi.html>

Díaz, E. (2004). BARFIEL.INC.

Estartit, A. (2019). Todo sobre aviones. Obtenido de <https://www.ultraligeros.net/diferentes-tipos-de-alas/>

FAA. (29 de MARZO de 2000). FEDERATION ADMINISTRATION AERONAUTIC. Obtenido de

https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/faa-h-8083-21.pdf

FAA. (9/08/1998). AC 43 13 1B. ADVISORY CIRCULAR.

Itaerea. (22 de febrero de 2023). Aeronautical business school. Obtenido de <https://www.itaerea.es/escuela-gestion-aeronautica>

lavionnaire. (2010). LAS ALAS. Obtenido de <https://www.lavionnaire.fr/EspAlas.php>

Navarro, M. A. (2022). Manual de vuelo. Obtenido de https://manualvuelo.es/1pbav/14_avion.html

ROTEC, S. (20 de Febrero de 2021). Schenck-worldwide.

School, A. B. (5 de febrero de 2023). Itaerea. Obtenido de <https://www.itaerea.es/mantenimientoaeronautico#:~:text=Consisten%20en%20una%20inspecci%C3%B3n%20r%C3%A1pida,de%20alg%C3%BAn%20da%C3%B1o%20estructural%20etc.>

solutions, A. (2022). Aircooltech solutions. Obtenido de Personal protective equipment guidelines: <https://www.aircooltechsolutions.com/2019/12/personal-protective-equipment-guidelines.html>

ZKREATIONS. (2021). aprendamos-aviacion. Obtenido de <https://www.aprendanos-aviacion.com/2021/08/controles-vuelo-avion.html>

Anexos