



UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

**Remoción, Serviceo e Instalación de los componentes del conjunto de frenos,
en base a las tareas de mantenimiento aplicables a la aeronave Boeing 737-
200/500, perteneciente al Ala de Transportes No. 11 de la Fuerza Aérea
Ecuatoriana.**

Jaya Cortez, Yadira Alexandra

Departamento de Ciencias Espaciales

Carrera de Tecnología en Mecánica

Aeronáutica Mención Aviones

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnóloga en Mecánica

Aeronáutica Mención Aviones

Tlgo. Zurita Caisaguano, Jonathan Raphael

Latacunga

1 de septiembre del 2020



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de monografía, "REMOCIÓN, SERVICIO E INSTALACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL CONJUNTO DE FRENOS, EN BASE A LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO APLICABLES A LA AERONAVE BOEING 737-200/500, PERTENECIENTE AL ALA DE TRANSPORTES NO. 11 DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA" fue realizado por la señorita **Jaya Cortez, Yadira Alexandra** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 01 de Septiembre del 2020

Firma:

Tigo. Zurita Caisaguano, Jonathan Raphael

C. C.: 0506038660




Document Information


Analyzed document	YADIRA JAYA CORTEZ.docx (D78258620)
Submitted	8/28/2020 5:01:00 AM
Submitted by	ZURITA CAISAGUANO JONATHAN RAPHAEL
Submitter email	jzurita1@espe.edu.ec
Similarity	8%
Analysis address	jzurita1.espe@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Tesis Carlos Saquina.docx Document Tesis Carlos Saquina.docx (D43771986) Submitted by: clsaquina@espe.edu.ec Receiver: eszabala.espe@analysis.arkund.com	 6
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Proyecto de Titulación-Corrección Final.docx Document Proyecto de Titulación-Corrección Final.docx (D26261522) Submitted by: ojgracia@espe.edu.ec Receiver: jvalencia2.espe@analysis.arkund.com	 8
SA	ANDY FELIPE, MERA TAIPE .pdf Document ANDY FELIPE, MERA TAIPE .pdf (D63054360)	 3
SA	CAPÍTULO II y III.docx Document CAPÍTULO II y III.docx (D76727576)	 1
W	URL: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/19504/Mem%C3%B2ria.pdf Fetched: 5/10/2020 11:25:17 AM	 8
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / TESIS-ALEXIS ARMENDARIZ.docx Document TESIS-ALEXIS ARMENDARIZ.docx (D25935289) Submitted by: alex_armendariz@hotmail.com.ar Receiver: lmarellano1.espe@analysis.arkund.com	 4



Jonathan Zurita
08/28/2020





DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Jaya Cortez, Yaira Alexandra* declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: *"Remoción, serviceo e instalación de los componentes del conjunto de frenos, en base a las tareas de mantenimiento aplicables a la aeronave Boeing 737-200/500, perteneciente al Ala de Transportes Nro. 11 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana"* es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 01 de Septiembre de 2020

JAYA CORTEZ, YAIRA ALEXANDRA

C.C.: 1726510132



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN

AVIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, *Jaya Cortez, Yadirá Alexandra* autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, publicar la monografía: *"Remoción, servicio e instalación de los componentes del conjunto de frenos, en base a las tareas de mantenimiento aplicables a la aeronave Boeing 737-200/500, perteneciente al Ala de Transportes Nro. 11 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana"* en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 01 de Septiembre de 2020

JAYA CORTEZ, YADIRA ALEXANDRA

C.C.: 1726510132

DEDICATORIA

El presente proyecto de grado se lo dedico en primero a Dios que ha sido mi apoyo incondicional en mis momentos de alegrías y de tristezas, el cual me levanto y bendijo cada día para seguir por el buen camino. Así mismo va dedicado a mi familia que ha sido un pilar fundamental en mi preparación personal y profesional, sin las cuales mis metas no estarían realizadas. También a mis buenos amigos incondicionales y mis maestros los cuales formaron parte de esta gran etapa de aprendizaje y lecciones.

Sin más que decir, a todas las personas que dedico este proyecto de graduación siempre serán mi motor a seguir adelante por este gran camino llamado vida.

JAYA CORTEZ YADIRA ALEXANDRA

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por ser un padre generoso conmigo, por darme la oportunidad de vivir y poner en mi camino personas especiales, oportunidades y momentos prodigiosos, que han dado sentido a mi vida. Doy gracias a mi madre Ambar Cortez, por darme el privilegio de ser su hija y mostrarme que en la vida siempre hay que luchar por lo que uno desea más, siendo una persona humilde y brillar sin apagar la luz de nadie y a mi abuela Piedad Díaz y tío Danilo Cortez las personas que nunca me han dejado caer, siempre aconsejándome y brindándome su amor incondicional para ser mejor cada día, a mis maestros, tutor de tesis Jonathan Zurita, por compartir sus conocimientos para mi preparación académica, profesional y personal. Gracias a mis compañeros y amigos que me brindaron su mano en este gran paso a cumplir una meta por brindarme su amistad incondicional y su gran apoyo por sobre todas las circunstancias.

Gracias de igual manera al personal técnico que conforma el área de mantenimiento del avión Boeing del centro de mantenimiento Ala de Transportes N° 11 quienes fueron parte de este proceso para poder llevar a cabo este proyecto y poder formarme profesionalmente y personal.

JAYA CORTEZ YADIRA ALEXANDRA

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA	1
CERTIFICACIÓN	2
REPORTE DE VERIFICACIÓN.....	3
AUTORÍA RESPONSABILIDAD.....	4
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	5
DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTOS	7
ÍNDICE DE CONTENIDO	8
ÍNDICE DE FIGURAS	11
ÍNDICE DE TABLAS.....	14
RESUMEN	15
ABSTRACT.....	16
 CAPÍTULO I	
 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	
Tema de investigación.....	17
1.1. Antecedentes.....	17
1.2. Planteamiento del problema.....	18
1.3. Justificación.....	18
1.4. Objetivos.....	19
1.4.1. Objetivo general	19
1.4.2. Objetivos específicos	19
1.5. Alcance.....	20

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Estructura del avión.....	21
2.1.1. Fuselaje	21
2.1.2. Alas	22
2.1.3. Estabilizadores.....	26
2.1.4. Mandos de vuelo primarios	27
2.1.5. Mandos de vuelo secundario.....	28
2.1.6. Motor.....	29
2.1.7. Trenes de aterrizaje	31
2.1.8. Esquíes.....	36
2.1.9. Tren de carretón.....	36
2.1.10. Elementos del tren	37
2.1.11. Cinemática de la extensión-retracción del tren.....	39
2.1.12. Dirección de la rueda de proa.....	39
2.1.13. Amortiguadores de bamboleo.....	41
2.1.14. Neumáticos	42
2.1.15. Frenos.....	45
2.2. Reseña histórica del Boeing 737-200.....	53
2.3. Reseña histórica del Boeing 737-200 en la fuerza aérea ecuatoriana.....	56

CAPÍTULO III

3. DESARROLLO DEL TEMA

3.1. Precedentes.....	59
3.2. Recopilación de información técnica del conjunto de frenos de la aeronave Boeing 737-200.....	59

	10
3.3. Recopilación de información técnica del soporte hidráulico para la remoción e instalación del conjunto de frenos.....	60
3.4. Implementación de la herramienta.....	60
3.4.1. Diseño de soporte hidráulico wheel brake dolly.....	60
3.4.2. Materiales y ensamblaje.....	61
3.4.3. Análisis de wheel brake dolly	63
3.4.4. Operación del soporte hidráulico wheel brake dolly.....	70
3.5. Remoción del conjunto de frenos.....	71
3.5.1. Procedimiento	71
3.6. Preparación para instalar el freno.....	79
3.7. Instalación del conjunto de freno.....	81
3.7.1. Procedimiento	81
3.8. Diagrama de flujo sobre el tema analizado.....	87
 CAPÍTULO IV	
 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
4.1. Conclusiones	89
4.2. Recomendaciones.....	90
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
ANEXOS	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Boeing 737-200	21
Figura 2 Fuselajes	22
Figura 3 Tipos de alas	23
Figura 4 Borde de ataque marcado de rojo.....	24
Figura 5 Borde de salida.....	25
Figura 6 Wing Tip Fance.....	25
Figura 7 Estabilizador	26
Figura 8 Mandos de vuelo primario.....	27
Figura 9 Mando de vuelo secundario.....	28
Figura 10 Motor turbo eje.....	29
Figura 11 Tren de aterrizaje.....	31
Figura 12 Tren de aterrizaje principal y auxiliar.....	32
Figura 13 Pata de tren con suspensión telescópica	35
Figura 14 Esquema de operación de los esquís	36
Figura 15 Carretón o bogie	36
Figura 16 Amortiguador	38
Figura 17 Articulación de torsión del tren.....	38
Figura 18 Alojamiento del tren en la unión ala-fuselaje.....	39
Figura 19 Sistema de control mecánico y modo de accionamiento hidráulico.....	41
Figura 20 Amortiguador de bamboleo.....	42
Figura 21 Neumático convencional.....	43
Figura 22 Paquete de freno hidráulico de avión.....	47
Figura 23 Esquema de válvula medidora de presión hidráulica	50
Figura 24 Sistema de antideslizamiento	51
Figura 25 Freno de estacionamiento y de emergencia	52
Figura 26 Boeing 707	53

Figura 27 El panel del ingeniero de vuelo en un 707 es similar a la del 727	54
Figura 28 El panel de techo (overhead panel) de un 737. Lo que antes estaba en el panel del ingeniero de vuelo ahora está condensado en el panel de techo.....	55
Figura 29 Acercamiento de los motores del 737-200	55
Figura 30 Boeing 737-200 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.....	58
Figura 31 Soporte hidráulico – Dolly Change Break.....	63
Figura 32 Señalización de operación.....	70
Figura 33 Remoción de alambre de bloqueo	72
Figura 34 Remoción de anillos de respaldo	72
Figura 35 Usar gata hidráulica para levantar el ensamblaje de la rueda	73
Figura 36 Remoción tapacubos	73
Figura 37 Remoción de anillos de retención de la tuerca.....	74
Figura 38 Remoción de arandelas	74
Figura 39 Instalación de protector de rosca	75
Figura 40 Levantamiento de la rueda.....	75
Figura 41 Remoción de rueda para quitar anillo de retención	76
Figura 42 Remoción de tornillos de montaje del freno	76
Figura 43 Retirar protector de rosca	77
Figura 44 Remoción del conjunto de frenos.....	77
Figura 45 Remoción del conjunto de frenos.....	78
Figura 46 Inspección visual y uso de pie de rey para ver desgaste del testigo del conjunto de frenos.....	78
Figura 47 Empaque de conjunto de frenos removido.....	79
Figura 48 Traslación de conjunto de frenos a bloque de mantenimiento.....	79
Figura 49 Conjunto de frenos nuevo para instalación	82
Figura 50 Remoción de protector de rosca	84
Figura 51 Apretar la tuerca eje	84
Figura 52 Anillos del eje del conjunto de frenos.....	85

Figura 53 Abrir válvula de alivio para remover la gata del eje de ensamblaje de la rueda.....	86
Figura 54 Remoción de gata hidráulica.....	86
Figura 55 Panel de sistema hidráulico A.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Mandos de vuelo primario	28
Tabla 2 Mandos de vuelo secundario.....	29
Tabla 3 Tren de aterrizaje principal y auxiliar	31
Tabla 4 Tipos por número de ruedas	33
Tabla 5 Clasificación de sistemas de dirección de rueda	40
Tabla 6 Comparación de materiales para frenos.....	49
Tabla 7 Características del Boeing 737-200.....	58
Tabla 8 Descripción de materiales para ensamblaje del Dolly change break	61
Tabla 9 Brakes Dolly E-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1	64
Tabla 10 Brakes Dolly E-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1 ...	65
Tabla 11 Brakes Dolly E-Análisis estático 1-Factor de seguridad-Factor de seguridad1	66
Tabla 12 Brakes Dolly E-Análisis estático 2-Tensiones-Tensiones1	67
Tabla 13 Brakes Dolly E-Análisis estático 2-Desplazamientos-Desplazamientos1 ...	68
Tabla 14 Brakes Dolly E-Análisis estático 2-Factor de seguridad-Factor de seguridad1	69

RESUMEN

El propósito de este proyecto de grado es efectuar una inspección programada al conjunto de frenos de la aeronave Boeing 737-200 perteneciente al Centro de Mantenimiento Aeronáutico Ala de Transporte N.11, con la implementación de una herramienta de apoyo adecuada para la tarea de remoción, serviceo e instalación de componentes del conjunto de frenos, la cual se encuentra recomendada en manuales de mantenimiento dispuestos por el fabricante de la aeronave y es aplicable para diferentes aeronaves. Para lo cual se analizó alternativas sobre la herramienta que hace referencia en el manual de mantenimiento tomando en cuenta todas las opciones disponibles comercialmente y eligiendo la más acertada, tomando en cuenta recomendaciones de los técnicos de mantenimiento, porque el manual no recomienda un modelo específico, pero debe cumplir con la finalidad de realizar las tareas de una manera correcta garantizando la ejecución de las mismas como lo indica el manual de empleo técnico, salvaguardando la integridad del personal técnico y la vida útil del conjunto de frenos y sus componentes de la aeronave Boeing 737-200 de la aviación del ejército poniendo en práctica los conocimientos adquiridos durante el tiempo de estudios, abarcando todas las materias recibidas a lo largo de la carrera.

PALABRAS CLAVE:

- **INSPECCIÓN PROGRAMADA**
- **AERONAVE**
- **BOEING 737-200**
- **MANUAL DE MANTENIMIENTO**
- **MANTENIMIENTO**

ABSTRACT

The purpose of this grade project is to perform a scheduled inspection of the brake assembly of the Boeing 737-200 aircraft belonging to the Aeronautical Maintenance Center Transport Wing N.11, with the implementation of a support tool suitable for the task of removal, servicing and installation of components of the brake assembly, which is recommended in maintenance manuals provided by the aircraft manufacturer and is applicable to different aircraft. For this purpose, alternatives to the tool referred to in the maintenance manual were analyzed, taking into account all commercially available options and choosing the most appropriate one, taking into account the recommendations of the maintenance technicians, because the manual does not recommend a specific model, but it must comply with the purpose of performing the tasks in a correct manner guaranteeing the execution of the same as indicated in the technical employment manual, safeguarding the integrity of the technical personnel and the useful life of the brake assembly and its components of the Boeing 737-200 aircraft of the army aviation by putting into practice the knowledge acquired during the time of study, covering all the subjects received throughout the career.

KEYWORDS:

- **SCHEDULED INSPECTION**
- **AIRCRAFT**
- **BOEING 737-200**
- **MAINTENANCE MANUAL**
- **MAINTENANCE**

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Tema de investigación

“REMOCIÓN, SERVICIO E INSTALACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL CONJUNTO DE FRENOS, EN BASE A LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO APLICABLES A LA AERONAVE BOEING 737-200/500, PERTENECIENTE AL ALA DE TRANSPORTES NO. 11 DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA”.

1.1. Antecedentes

Para el cumplimiento de los trabajos de mantenimiento, inspecciones programadas y no programadas, remoción e instalación de componentes principales que tiene una aeronave; se requiere diversos equipos, herramientas y máquinas para realizar dichos trabajos relacionados; todo esto ampliado con todas las normas de seguridad y así no poner en riesgo el componente y el personal técnico de la organización.

El personal de Aerotécnicos de la escuadrilla Boeing, de la especialidad de hidráulica; para el cumplimiento de la misión de la Fuerza Aérea Ecuatoriana deben realizar tareas de mantenimiento y corrección de discrepancias que se presentan durante la operación de la aeronave, por ejemplo, el desmontaje y montaje del conjunto de frenos los cuales deben ser chequeados en conjunto, para lo cual se requieren equipos y herramientas especiales como: soportes, bancos, entre otros; que faciliten dichos trabajos de mantenimiento.

La investigación del presente proyecto en lo que confiere a los antecedentes del mismo, se determina que no existe un proyecto con las mismas características destacando principalmente el propósito que lo encamina a ponerlo en práctica en el desmontaje y montaje del conjunto de

frenos.

1.2. Planteamiento del problema

La Carrera de Mecánica Aeronáutica perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías – ESPE, actualmente oferta las especialidades en mención aviones y motores capaces de realizar mantenimiento a las aeronaves, donde a lo largo de la carrera se imparten conocimientos teórico-prácticos para la correcta aplicación en el ámbito laboral de los estudiantes.

Después de una investigación interna que se efectuó en los talleres de mantenimiento aeronáutico del Grupo Logístico del Ala de Transportes Nro. 11 y en especial en la Escuadrilla de mantenimiento Boeing 737-200, se determinó la necesidad de contar con un soporte hidráulico para el desmontaje y montaje del sistema del conjunto de frenos que se utiliza en las aeronaves Boeing 737-200/500, para el chequeo de los componentes del conjunto de frenos, ya que los técnicos de mantenimiento para realizar estas tareas de mantenimiento, tienen que adquirir este soporte en otra organización aeronáutica como préstamo del equipo, retrasando así los trabajos de mantenimiento y la disponibilidad de la aeronave para el cumplimiento de la misión.

Por esta razón se ha tomado una solución basada en la cual se pueda realizar las tareas de mantenimiento de acuerdo al respectivo manual de la aeronave; para el desmontaje, serviceo y montaje del sistema de los componentes del conjunto de frenos del avión Boeing 737-200/500, en la cual se emplea un equipo especial para la tarea, tal que facilitará el mantenimiento y corrección de discrepancias para la disponibilidad a tiempo y segura de la aeronave.

1.3. Justificación

Con el presente proyecto se favorece al Ala de Transportes No. 11 y a la Escuadrilla de mantenimiento del avión Boeing, especialmente a sus técnicos de

mantenimiento hidráulico, porque ayudará a ejecutar las tareas de mantenimiento tanto programadas como no programadas. Al implementar este tipo de herramienta dentro de la organización será de gran ayuda para realizar trabajos de mantenimiento de una forma segura y rápida.

La implementación de este soporte hidráulico en la Escuadrilla de Mantenimiento Boeing permitirá realizar el desmontaje y montaje del sistema del conjunto de frenos, donde los técnicos encargados de estos trabajos puedan realizarlo de forma ordenada y segura de acuerdo a los manuales técnicos del fabricante.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Remover, servir e instalar los componentes del conjunto de frenos, en base a las tareas de mantenimiento aplicables a la Aeronave Boeing 737-200/500, perteneciente al Ala de transportes No. 11 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

1.4.2. Objetivos específicos

- Recopilar información técnica correspondiente a las tareas de mantenimiento y de herramientas asignadas para el conjunto de frenos de la Aeronave Boeing 737-200/500.
- Realizar las tareas de mantenimiento respectivas a la remoción, servicio e instalación del conjunto de frenos de la aeronave implementando un soporte hidráulico.
- Aplicar medidas de seguridad que establece el manual de la aeronave y de la herramienta para mantener la integridad del técnico, aeronave y lugar de trabajo.

1.5. Alcance

Con el desarrollo e implementación del presente proyecto se pretende conseguir que los técnicos del Ala de Transporte No. 11 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, que realizan tareas de mantenimiento en los componentes del conjunto de frenos, lo ejecuten de forma segura, precisa y con la herramienta/equipo de apoyo respectiva de acuerdo a los procedimientos establecidos en los manuales técnicos de la aeronave.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

Avión

Aerodino también llamado aeroplano propulsado por un motor que debe su sustentación en vuelo principalmente a reacciones aerodinámicas ejercidas sobre superficies que permanecen fijas en determinadas circunstancias de vuelo. (DIRECCION GENERAL DE AVIACION CIVIL, 2010)

Figura 1

Boeing 737-200



Nota. Aeronave Boeing 737 bajando los trenes de aterrizaje para aterrizar. **Tomado de:** *Ecuador Aviation Photography* (Rota, 2018)

2.1. Estructura del avión

2.1.1. Fuselaje

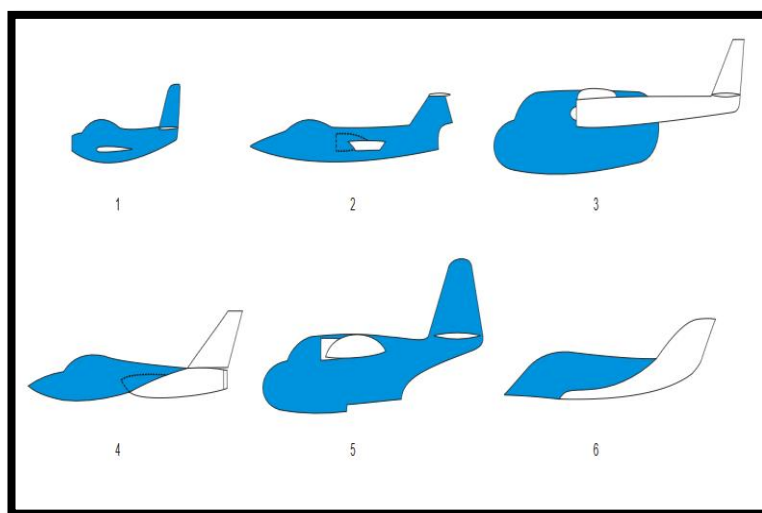
Es el cuerpo del avión, es la parte de mayor volumen, eso hace que sea la principal fuente de resistencia. Es en el fuselaje donde se transporta la carga, donde se instalan los controles, accesorios y equipos. (Mayo, 2011)

La cabina de mandos está situada en la parte de proa del fuselaje y es donde van los mandos de los motores, de comunicaciones, de

instrumentos y mandos de vuelo (sencillos o dobles). Los mandos de vuelo dobles constan cada uno de ellos de una columna y volante para profundidad y alabeo, y pedales para el timón de dirección. El fuselaje se construye normalmente en dos o más partes. Aerodinámicamente tiene una distribución de presiones que genera un momento de cabeceo de morro alto, por lo tanto, constituye una parte desestabilizadora tanto longitudinalmente como lateralmente. (Oñate, 1999)

Figura 2

Fuselajes



Nota. En esta imagen se representa los diferentes tipos de fuselajes que existen.

Tomado de: *Aeronáutica* (Mayo, 2011)

2.1.2. Alas

Representan el elemento fundamental del avión para conseguir la sustentación. Básicamente un ala se divide en las siguientes partes:

Figura 3

Tipos de alas



Nota. La imagen representa los diferentes tipos de alas dependiendo del tamaño de fuselaje. Tomado de: *Aeronáutica* (Mayo, 2011)

a. cajón central

Que a su vez puede estar constituido por costillas (RIB), que pueden ser mecanizadas, es decir hechas de un bloque de material, de chapa y de celosía, que son las que están sometidas a menos tensión. (Oñate, 1999)

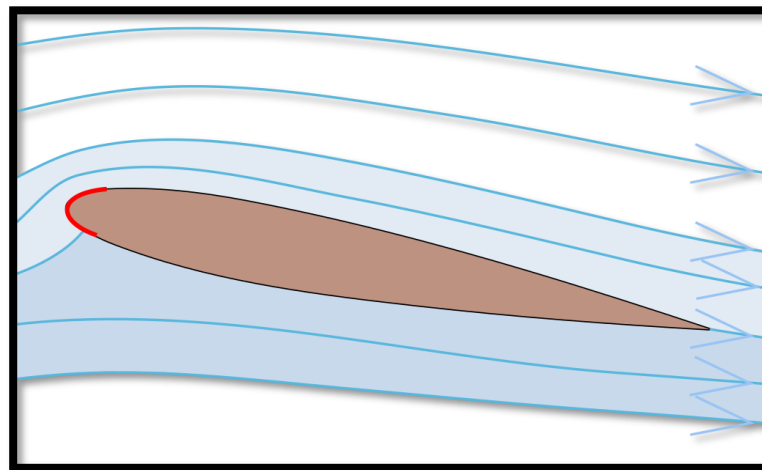
El larguero anterior (FRONT SPAR), es una pieza alargada que va situada a todo lo largo de la parte anterior del cajón, es una pieza mecanizada. El larguero posterior (REAR SPAR) es una pieza alargada que va situada a todo lo largo de la parte posterior del cajón. El revestimiento (SKINNING), el superior o extradós (upper skin) y el inferior o intradós (lower skin), que pueden ser mecanizados o de chapa. (Oñate, 1999)

b. Borde de ataque

Es la parte anterior del ala y es con la que el ala combate el aire. Está formada por un revestimiento y varias costillas. Dependiendo de lo larga que sea el ala tendremos varios trozos de borde de ataque (por lo general es desmontable). (Oñate, 1999)

Figura 4

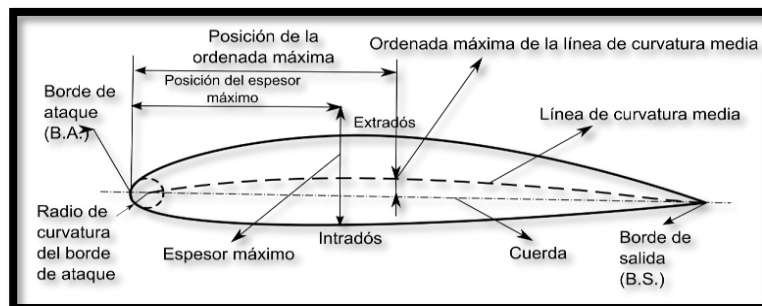
Borde de ataque marcado de rojo



Nota. En esta imagen se muestra en flujo de aire que fluye por el borde de ataque. Tomado de: *Streamlines around a NACA* (Belishe, 2010)

c. Borde de salida

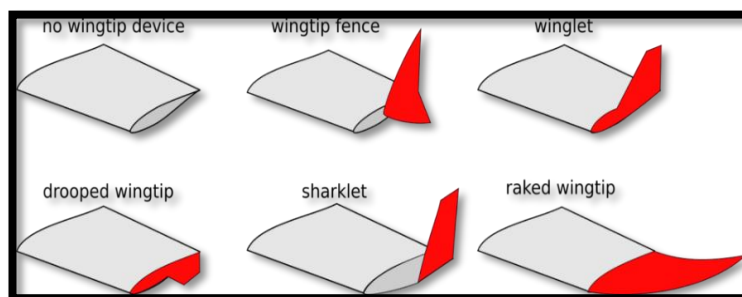
Es la parte fija de la estructura del ala que une aerodinámicamente el cajón central con los flaps. Va unido al cajón central mediante costillas. Pueden ser de dos tipos: fijos o desmontables, ya que a través de ellos se debe tener acceso a las distintas instalaciones que pasan por dicha zona. (Oñate, 1999)

Figura 5*Borde de salida*

Nota. La imagen muestra todas las partes de borde de salida. **Tomado de:** *Perfil Alar* (Kadellar, 2009)

d. Dispositivo de punta alar o Wing Tip Fence

Se encuentra en el extremo exterior del ala. Su misión es incrementar la sustentación generada en la punta alar y disminuir la resistencia aerodinámica causada por los torbellinos de punta de ala. (Apetrei, 2017)

Figura 6*Wing Tip Fence*

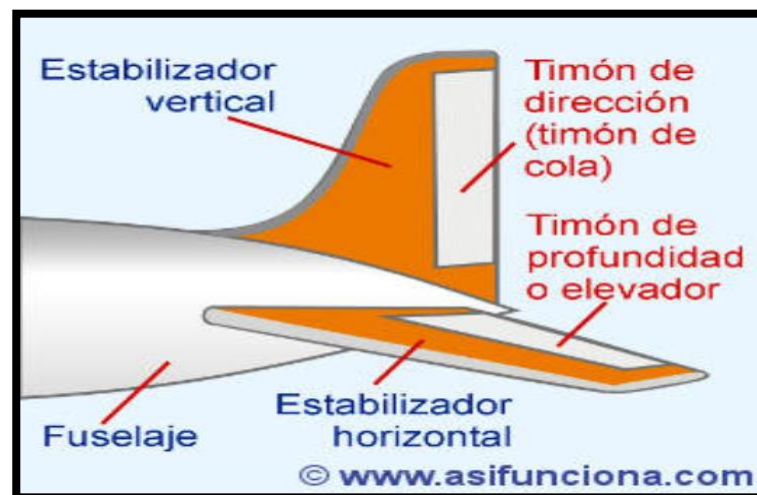
Nota. La siguiente imagen muestra los tipos de wing tip fence que son usados para incrementar la sustentación en las aeronaves. **Tomado de:** *Razvan Apetrei* (Apetrei, 2017)

2.1.3. Estabilizadores

Su construcción es muy similar a la usada en las alas, mediante el uso de largueros, costillas, larguerillos y revestimientos. Las cargas en los estabilizadores son soportadas y transmitidas de la misma manera que en un ala. Flexión, torsión y cortadura, creadas por las cargas aerodinámicas, pasan de un miembro estructural a otro. Cada miembro absorbe parte de la carga y transfiere el resto a los otros miembros. Al final, las cargas llegan a los largueros, que la transmiten a la estructura del fuselaje. (Alvarez, 2016)

Figura 7

Estabilizador



Nota. La imagen muestra el estabilizador horizontal y vertical de la aeronave. **Tomado de:** ASI FUNCIONA (Alvarez, 2016)

a. Estabilizador horizontal

El estabilizador horizontal contribuye en gran medida a la estabilidad longitudinal del avión. Generalmente se trata de una superficie aerodinámica simétrica, ya que debe tener posibilidad de generar cargas verticales.

Algunos aviones van provistos de colas en "T". Son exactamente iguales que

una cola convencional, excepto que el estabilizador horizontal está unido a la parte superior del vertical en lugar de estar unido a la parte lateral del fuselaje. Es un recurso para evitar el efecto del chorro de aire de la hélice y las sacudidas que el aire turbulento produce detrás de la onda de choque en la cola convencional.

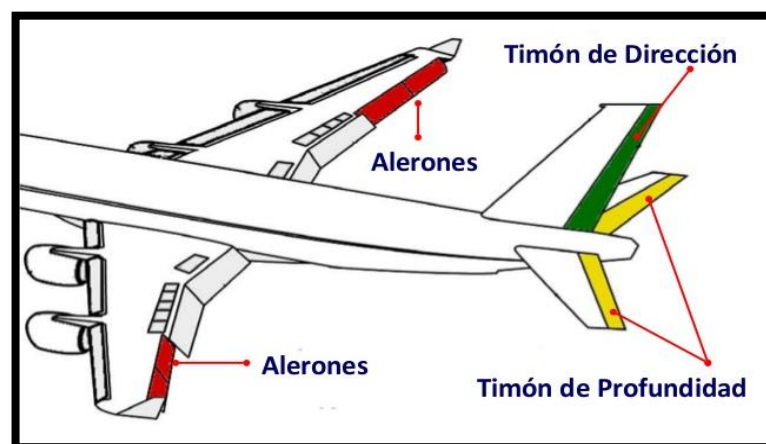
a. Estabilizador vertical

El estabilizador vertical contribuye en gran medida a la estabilidad direccional del avión. Generalmente se trata de una superficie aerodinámica simétrica, ya que debe tener posibilidad de generar cargas horizontales. Con objeto de mejorar la estabilidad direccional sin tener que aumentar el tamaño del estabilizador vertical se suele añadir una aleta dorsal que no aumenta tanto la resistencia parásita como lo haría el hecho de agrandar el estabilizador. (Gutierrez, 2013)

2.1.4. Mandos de vuelo primarios

Figura 8

Mandos de vuelo primario



Nota. La imagen se muestra los mandos de vuelo primarios de la aeronave en general.

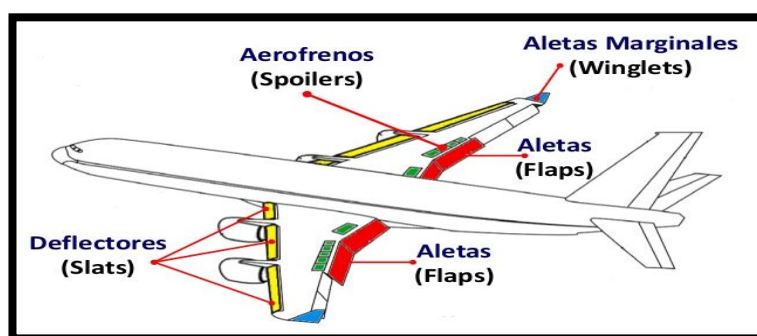
Tomado de: *Slidshare* (Gutierrez, 2013)

Tabla 1*Mandos de vuelo primario*

Alerón	Están situados en los extremos de las alas, en las zonas del borde de salida y controlan el movimiento de alabeo alrededor del eje longitudinal.
Timón de profundidad	El timón de profundidad proporciona el control longitudinal o cabeceo alrededor del eje lateral o transversal. Van instalados en la parte posterior del estabilizador horizontal y están conectados a la columna de mando para su movimiento hacia arriba y abajo.
Timón de dirección	El timón de dirección proporciona el control direccional del avión alrededor del eje vertical.

Nota. La siguiente tabla muestra la clasificación de los mandos de vuelo primario más importantes de la aeronave. **Tomado de:** *Conocimiento del Avión* (Oñate, 1999)

2.1.5. Mandos de vuelo secundario

Figura 9*Mando de vuelo secundario*

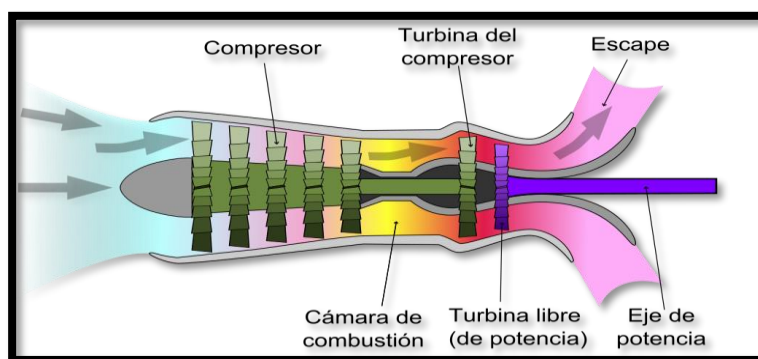
Nota. En la figura se muestra los mandos de vuelo primario de la aeronave con sus nombres en español e inglés. **Tomado de:** *Slidshare* (Gutierrez, 2013)

Tabla 2**Mandos de vuelo secundario**

Flaps	Los flaps sirven para incrementar la curvatura del ala en las maniobras de despegue y aterrizaje aumentando la sustentación y la resistencia con la consiguiente pérdida de velocidad.
Slats	Son otros dispositivos que sirven para aumentar la sustentación del ala. Son unos perfiles auxiliares móviles unidos al borde de ataque del ala, su objetivo es mejorar las condiciones de la corriente de aire a grandes ángulos de ataque.
Compensadores	Sirven para mantener las superficies de mando de vuelo en posiciones específicamente desplazadas para compensar condiciones de inestabilidad continuada o momentánea (sobre todo por diferencia de peso o corrientes de aire).
Spoilers	También llamados aerofrenos, sirven para frenar el avión en las maniobras de despegue y aterrizaje.

Nota. La siguiente tabla muestra la clasificación de los mandos de vuelo secundarios de la aeronave. **Tomado de:** *Conocimiento de Avión* (Oñate, 1999)

2.1.6. Motor

Figura 10*Motor turbo eje*

Nota. La figura muestra un motor turbo eje en el cual muestra las diferentes etapas que tiene. **Obtenido de:** *Turboshaft operation* (Emoscopes, 2005).

Excepto los planeadores, el resto de los aviones necesitan de uno o varios motores que lo impulsen para poder volar. De acuerdo con su tamaño, los aviones pueden tener la siguiente

cantidad de motores:

- Uno (monomotor)
- Dos (bimotor)
- Tres (trimotor)
- Cuatro (cuatrimotor o tetramotor)
- Seis (hexamotor).

Los aviones monomotores son, generalmente, de pequeño tamaño, llevan el motor colocado en el morro o nariz. Como excepción se puede encontrar algún modelo monomotor que lo lleve invertido y colocado detrás de la cabina del piloto con la hélice enfrentada al borde del estabilizador vertical de cola. (Oñate, 1999)

Los dos tipos de motores que podemos encontrar en los aviones son los siguientes:

- De émbolo o pistón (explosión)
- De reacción (turbina)

Los motores de reacción se dividen, a su vez, en tres categorías:

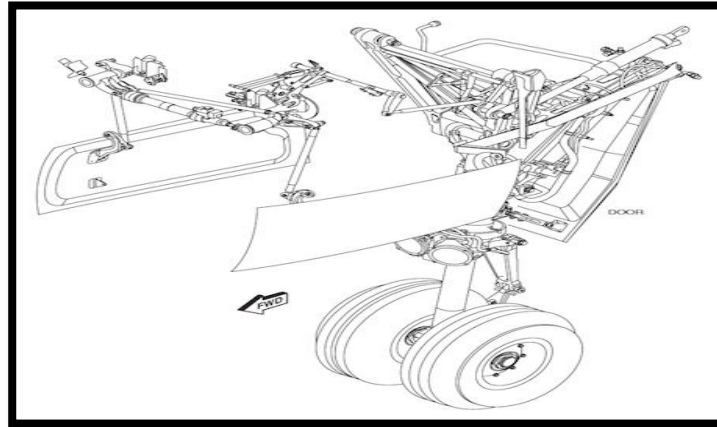
- Turborreactor o turbojet
- Turbofan o turboventilador
- Turbohélice o turbopropela

Los motores de émbolo o pistón pueden tener los cilindros colocados en forma radial, lineal, opuestos o también en "V" y utilizar hélices de dos, tres o cuatro aspas fijas o de paso variable. Los turborreactores y los turbofan no utilizan hélice, mientras los turbohélices, como su nombre lo indica, son motores de turbina con hélice acoplada a un reductor de velocidad. (Garcia, 2016)

2.1.7. Trenes de aterrizaje

Figura 11

Tren de aterrizaje



Nota. La siguiente figura representa un conjunto de frenos en general de una aeronave. **Tomado de:** *Pinterest* (Maria, 2015)

- a. Función y tipos

Tabla 3

Tren de aterrizaje principal y auxiliar

Tren de aterrizaje principal	Tren de aterrizaje auxiliar
Soporta la mayor parte del peso del avión en tierra.	Consiste en un conjunto de una o más ruedas
Está constituido por dos conjuntos de una o más ruedas, cada uno a un lado del eje longitudinal del avión.	Situadas en la proa o en la zona de cola del avión, que completa la función de trípode.

Nota. En la siguiente tabla se demuestra la clasificación y características del tren de aterrizaje. **Tomado de:** *Conocimientos del avión*. (Oñate, 1999)

- b. Configuración

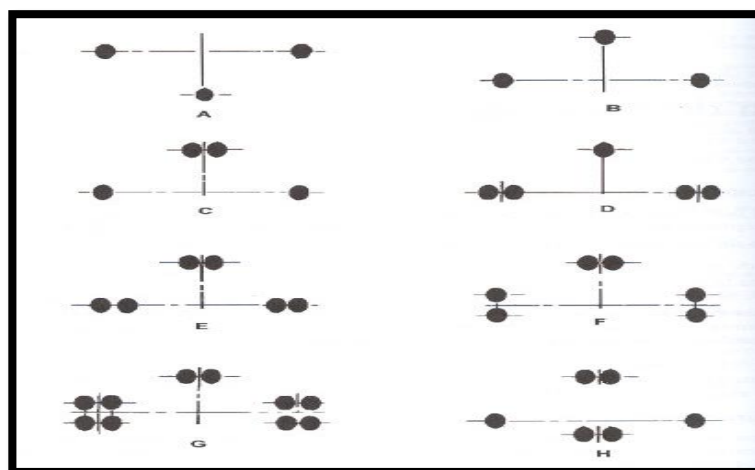
Los trenes de aterrizaje se clasifican por el número y disposición de

ruedas, por sus características de articulación, por el sistema de suspensión, y por la geometría del sistema de suspensión. (Oñate, 1999)

- Tipos por número de ruedas

Figura 12

Tren de aterrizaje principal y auxiliar



Nota. Esta imagen muestra un conjunto de trenes con sus diferentes configuraciones por su número de ruedas. **Obtenido de:** *Conocimientos del avión* (Oñate, 1999)

Es la clasificación estándar. La tipología se establece por el número de ruedas que tiene el tren y por la geometría de su posición. El número de ruedas depende del peso del avión y de la consistencia del pavimento de las pistas que tiene previsto utilizar. (Oñate, 1999)

La geometría de posición de las ruedas más comunes se sitúa dentro de estos grupos:

Tabla 4*Tipos por número de ruedas*

Tren triciclo	Se aplica a configuración de tres patas, una situada al frente (proa) y dos principales detrás.
Tren biciclo	Configuración de dos patas, con una o más ruedas colocadas en tándem, con patas exteriores para mantener la estabilidad para mantener la estabilidad en tierra.
Tren cuadríciclo	Configuración con cuatro patas, cada una en un cuadrante del avión, que se completa casi siempre con dos patas exteriores para estabilidad en tierra.
Tren triciclo doble	Configuración de tren con doble rueda y doble tándem.
Tren multiciclo	Configuración que da respuesta a las necesidades de flotación de los aviones de gran capacidad y peso. Este ejemplo se compone de doble rueda de proa, dobles principales tándem, más una doble principal en el eje longitudinal del avión.

Nota. La tabla mostrada representa la configuración por número de ruedas y sus características. **Tomado de:** *Conocimientos del avión*, (Oñate, 1999)

- Tipos por características de articulación

Los trenes de aterrizaje se clasifican en retractiles y fijos, en atención a las características de articulación de sus componentes. Los trenes retractiles cuentan con la posibilidad de repliegue y alojamiento del tren en compartimientos internos del avión.

Los aviones pequeños tienen el tren de aterrizaje fijo. Es un tipo de construcción que ofrece mayor resistencia aerodinámica al avance. Los aviones de características de vuelo moderadas o avanzadas emplean el tren de aterrizaje retráctil ya que su resistencia al avance del tren fijo resulta excesiva. (Oñate, 1999)

- Tipos por sistema de suspensión

Conforme al sistema de suspensión se clasifican de esta forma:

Tren de ballesta: Se emplea como tren principal de aterrizaje de algunos aviones. Consiste en un tubo flexible de acero, llamado ballesta, cuya parte superior se atornilla al fuselaje de la aeronave. La parte inferior termina en un eje en el cual se monta la rueda.

Tren de cordones elásticos: Es un tipo de suspensión que se emplea también en aeronaves ligeras. Es común en aviones antiguos dedicados al tratamiento de cosechas (aviones agrícolas).

Tren de amortiguador líquido: Son verdaderos “resortes líquidos”, que se basan en la compresibilidad de los líquidos a altas presiones. El amortiguador consta de dos cámaras, superior e inferior, que están separadas por un pistón. (Oñate, 1999)

- Tipos por geometría de suspensión

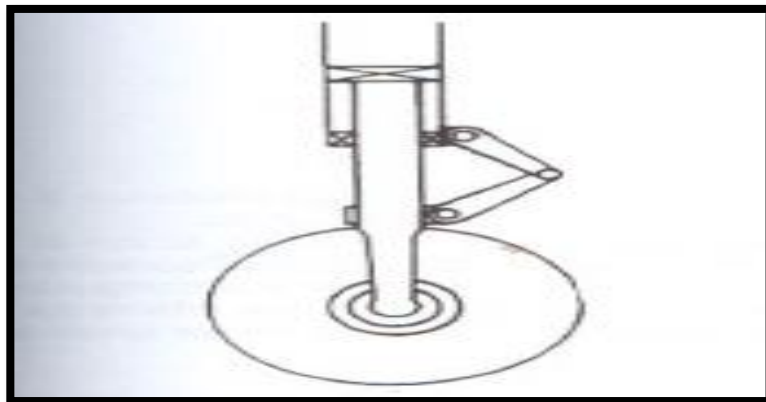
Según la geometría de la suspensión e tren de aterrizaje se clasifica de esta forma:

Tren de suspensión articulado: El eje de la rueda del tren de aterrizaje está detrás del soporte o pata principal estructural del tren. También el brazo de la rueda se une al soporte principal del tren mediante una articulación a través de la cual puede girar libremente.

Tren de suspensión telescópica: La suspensión telescópica es cuando la rueda está en prolongación del soporte o pata principal estructural del tren, y no menos importante suele ser la opción más económica. (Oñate, 1999)

Figura 13

Pata de tren con suspensión telescópica



Nota. La siguiente imagen muestra el tren con suspensión telescópica la cual es usada por su economía. **Obtenido de:** *Conocimientos del avión* (Oñate, 1999)

Tipos por suspensión de extensión y retracción del tren

Sistema de accionamiento hidráulico en extensión y retracción: la configuración general. Los movimientos de extensión y de retracción del tren de aterrizaje y sus conjuntos auxiliares se efectúan mediante martinetes o actuadores hidráulicos.

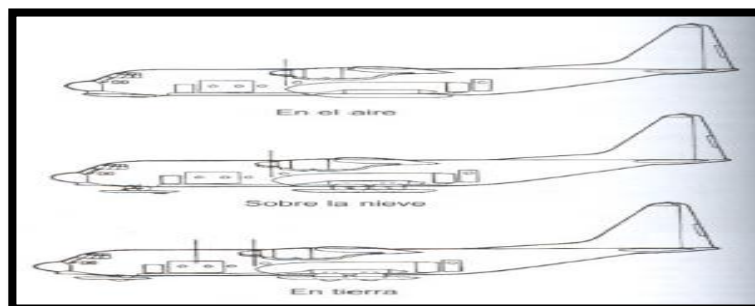
Sistema de accionamiento neumático en extensión y retracción: Similar al interior, en muchos aspectos. No obstante, la fuente de potencia es un sistema de aire de alta presión en lugar de un fluido hidráulico.

Sistema de accionamiento eléctrico en extensión y retracción: Se emplea con ventaja en aviones ligeros que no necesitan potencia excepcional para la extensión y retracción del tren de aterrizaje. Se elimina de este modo la presencia de un sistema hidráulico o neumático de alta presión con el coste, peso y mantenimiento que ello implica. (Oñate, 1999)

2.1.8. Esquí

Figura 14

Esquema de operación de los esquís



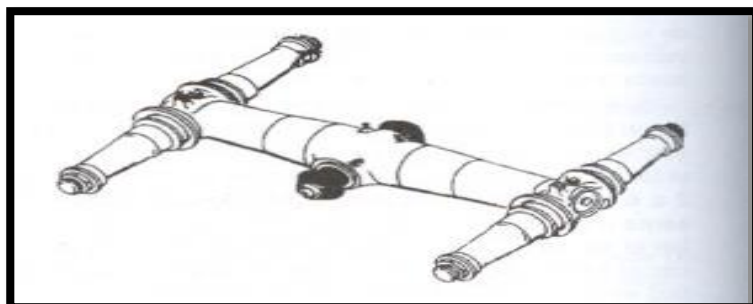
Nota. La imagen muestra los esquís de una aeronave en diferentes medios como en aire, suelo y sobre nieve. **Obtenido de:** *Conocimientos del avión* (Oñate, 1999)

Los esquís constituyen un tipo no convencional de tren de aterrizaje que se utiliza para despegar y aterrizar sobre la nieve. Si se compara con el tren de ruedas convencional hay diferencias operativas.

2.1.9. Tren de carretón

Figura 15

Carretón o bogie



Nota. Esta imagen muestra un componente de la aeronave llamado carretón de diferente configuración dependiendo del número de ruedas. **Obtenido de:** *Conocimientos del avión* (Oñate, 1999)

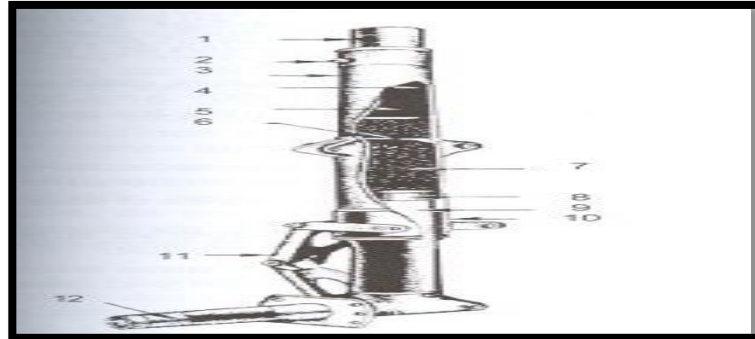
No es una nueva modalidad de tren, distinta al telescópico o al de palanca, sino una organización de ruedas diferentes. Cuando el peso de la aeronave aumenta es necesario distribuir correctamente las cargas sobre el pavimento por medio de un número mayor de ruedas. El carretón está constituido por una viga con dos o más ejes, según el número de ruedas. (Oñate, 1999)

2.1.10. Elementos del tren

Los componentes fundamentales del tren de aterrizaje son: amortiguadores, articulaciones de torsión, ruedas y frenos.

a. Constitución y operación de amortiguadores

El amortiguador soporta el peso de la aeronave en tierra (carga estática) y absorbe en gran parte de las cargas de aterrizaje y de rodadura (cargas dinámicas). La estructura del aeroplano recibe una mínima parte de esas aceleraciones, debidas al contacto del avión con el pavimento o rodaje por ella. (Oñate, 1999)

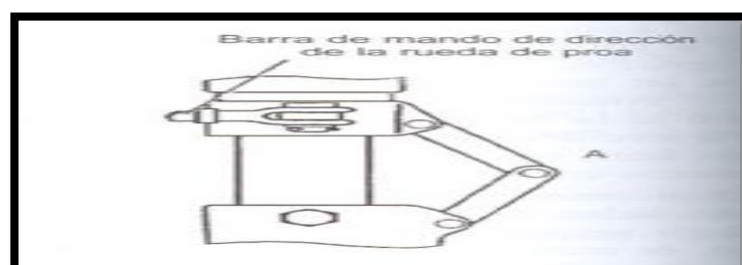
Figura 16*Amortiguador*

Nota. La imagen muestra un amortiguador el cual cumple una función muy importante de soportar el peso de la aeronave. **Obtenido de:** *Conocimientos del avión* (Oñate, 1999)

b. Articulación de torsión

La función de la articulación de torsión del tren de aterrizaje es mantener la rueda derecha, en un plano normal de rotación respecto a la superficie en la que se encuentra. (Oñate, 1999)

c. Ruedas

*Figura 17***Articulación de torsión del tren**

Nota. La siguiente imagen muestra la articulación de torsión del tren de aterrizaje de proa. **Obtenido de:** *Conocimientos del avión* (Oñate, 1999)

La rueda es el soporte circular sobre el que asienta el neumático. Las ruedas

que se montan en las aeronaves deben cumplir cinco requisitos básicos indispensables:

- Resistencia a las cargas estática y de remolque máximas del aeroplano.
- Dimensiones adecuadas para acomodar el neumático preciso.
- Volumen interno suficiente para acomodar el sistema de frenos del tren de aterrizaje principal o auxiliar.
- Peso mínimo.
- Facilitar el cambio de neumáticos. (Oñate, 1999)

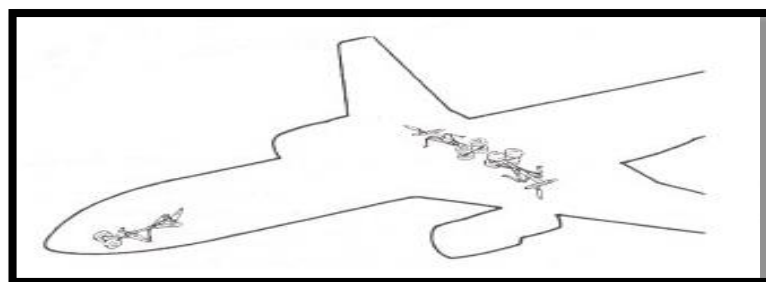
2.1.11. Cinemática de la extensión-retracción del tren

Se llama geometría de la extensión-retracción el movimiento de extensión y de retracción del tren de aterrizaje desde el punto de vista geométrico que está establecido de acuerdo a cada aeronave. (Oñate, 1999)

2.1.12. Dirección de la rueda de proa

Figura 18

Alojamiento del tren en la unión ala-fuselaje



Nota. La imagen muestra el alojamiento del tren de aterrizaje principal y auxiliar de la aeronave que se encuentran en la parte inferior. **Obtenido de:** *Conocimientos del avión* (Oñate, 1999)

- a. Clasificación de los sistemas de dirección de rueda de proa

Tabla 5**Clasificación de sistemas de dirección de rueda**

<p>Sistema de control mecánico</p>	<p>Los sistemas de control mecánico se clasifican a su vez en dos grupos:</p> <p>Accionamiento manual se emplean en aeronaves ligeras y sencillas, fiables e independientes lógicamente de cualquier sistema de potencia del avión. Los mecanismos de control mecánico y de accionamiento hidráulico emplean servo mecanismo para posicionar la rueda de proa de la aeronave. (Oñate, 1999)</p>
<p>Sistema de control eléctrico</p>	<p>Los sistemas de control eléctrico se dividen en dos grupos: accionamiento eléctrico e hidráulico.</p> <p>En primer lugar son sistemas eléctricos puros, que solo se emplean para funciones secundarias de dirección, como rodaje a baja velocidad.</p> <p>Y segundo, de control eléctrico y de accionamiento hidráulico, han sido en el pasado menos fiable que su contrapartida de control mecánico, pero ganan terreno progresivo debido a la mayor capacidad de la electrónica de a bordo para detectar fallos y el control de tareas de seguimiento de los mecanismos (detectores de proximidad). (Oñate, 1999)</p>

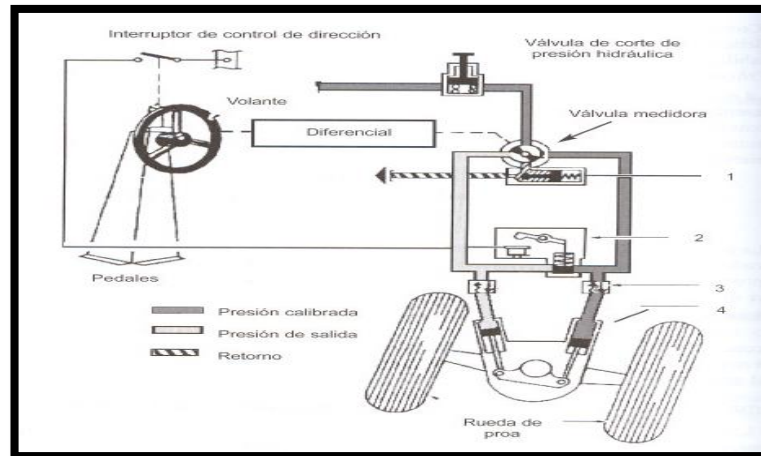
Nota. La siguiente tabla muestra la división de clasificación de proa en la cual describe sus características más importantes. **Tomado de:** *Conocimientos del avión*. (Oñate, 1999)

b. Sistema de control mecánico y modo de accionamiento hidráulico

Los sistemas de control mecánico y de accionamiento hidráulico se ocupan servo mecanismos para posicionar la rueda de proa se emplean en aviones comerciales y en aviación general. Son los más usados. (Oñate, 1999)

Figura 19

Sistema de control mecánico y modo de accionamiento hidráulico



Nota. Esta imagen muestra un diagrama en el cual el tren de aterrizaje muestra el control mecánico y modo de accionamiento hidráulico. **Obtenido de:** *Conocimientos del avión* (Oñate, 1999)

2.1.13. Amortiguadores de bamboleo

Los amortiguadores de bamboleo se clasifican en dos grandes grupos importantes:

a. Amortiguador en el sistema de dirección

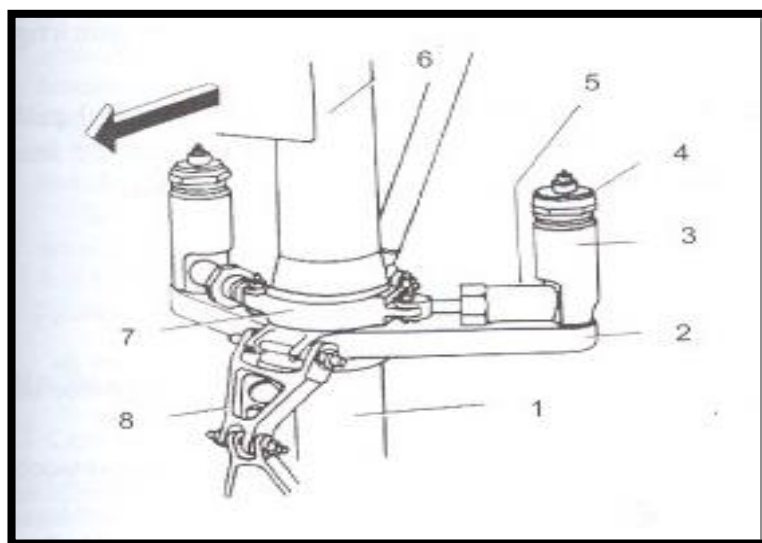
La posición de las válvulas anti-retorno de orificio en el sistema de dirección, situadas en cada línea de los martinets hidráulicos de orientación de la rueda. Si la rueda oscila, el líquido hidráulico del martinete del lado de la oscilación es impulsado por su embolo y se desplaza aguas arriba. No obstante, solo un pequeño caudal de líquido puede pasar a través del orificio de la válvula. Es el efecto amortiguador de bamboleo. (Oñate, 1999)

b. Amortiguador externo

El amortiguador es sumamente independiente del propio sistema de dirección, como sucede en la mayoría de aeronaves ligeras. Existe dos tipos en uso: amortiguador de paletas ligeras y tipo lineal. (Oñate, 1999)

Figura 20

Amortiguador de bamboleo



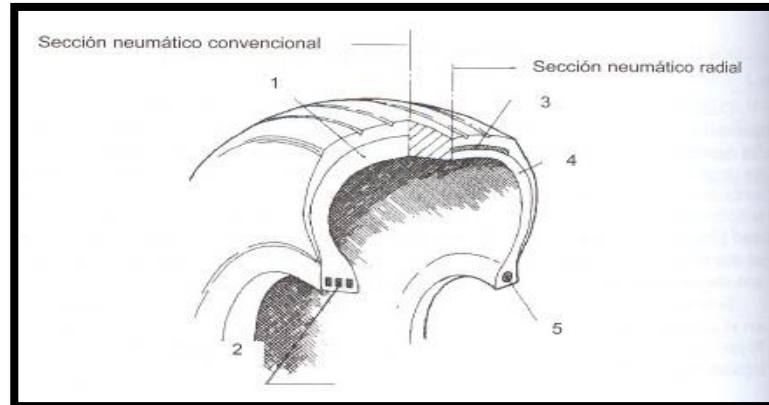
Nota. La siguiente imagen muestra el amortiguador de bamboleo del tren de aterrizaje de la aeronave. **Obtenido de:** *Conocimientos del avión* (Oñate, 1999)

2.1.14. Neumáticos

Los neumáticos usados en la aeronáutica pueden ser convencionales y radiales. Su estructura interna es distinta, pero están compuestos por cuatro elementos fundamentales: talón, carcasa, flancos y banda de rodadura. (Oñate, 1999)

Figura 21

Neumático convencional



Nota. Esta imagen muestra los elementos fundamentales de la estructura de la cual está compuesta un neumático. **Tomado de:** Conocimientos del avión (Oñate, 1999)

a. Construcción

- Talón

Parte interior del neumático que se ajusta a las llantas, está compuesto por alambres de acero de alta tecnología formando un cable trenzado y circular, esto facilita el ajuste del neumático y las llantas evitando que patine en ella. (euromaster, 2020)

- Carcasa

La carcasa está formada por capas sucesivas de nylon revestidas de caucho. Dichas capas reciben el nombre de "lonas", en atención a los antiguos procedimientos de fabricación. Las lonas en el neumático convencional se cortan en trozos y se orientan al bias, de tal modo que las cuerdas de nylon de cada capa están orientadas a distintos ángulos. Esta orientación de las capas de la carcasa es, unas de las diferencias fundamentales entre el neumático convencional y el radial. Hay neumáticos con cámara y sin ella ("tubeless"). La superficie interior de estos últimos es

caucho natural, material menos permeable que la mezcla empleada en los neumáticos con cámara. De todas formas una muy pequeña parte del aire del neumático se disuelve en el caucho, puede separar las lonas y se prevén pequeños orificios para escape del aire e impedir la formación de ampollas. (Oñate, 1999)

- Banda de rodadura

La banda de rodadura está elaborado en caucho y es la zona del neumático en relación con el pavimento. La banda de rodadura sufre el agotamiento por rozamiento. La superficie de la banda esta provista de ranuras circunferenciales. Las ranuras forman el dibujo típico del neumático para aviación, luego que se han abandonado otros tipos. El dibujo de ranuras circunferenciales ha dado los mejores resultados desde el punto de vista de tracción, desgaste y características de dirección. (Oñate, 1999)

- Flancos

Flancos son las partes laterales de caucho del neumático, que se despliegan desde la banda de rodadura hasta el talón. Las grandes deformaciones elásticas de los neumáticos de aviación se producen en los flancos. El aplastamiento del flanco es uno de los mecanismos más importantes de producción de calor en el neumático. (Oñate, 1999)

b. Identificación de los neumáticos

United States Tire and Rim Association ha establecido la clasificación de los neumáticos para aviones en nueve Tipos, de los cuales solo tres están vigentes; Tipos III, VII y Three Part Number. (Oñate, 1999)

Los neumáticos Tipo III son los conocidos de baja presión para aeronaves con motor de embolo. Sus secciones oscilan desde 5 pulgadas (neumático 5.00-4) a 20 pulgadas (neumático 20.00-20); en unidades métricas secciones de 12,7 cm a 50,8 cm. Los neumáticos de Tipo III se identifican por el ancho de la sección W y el

diámetro del asiento del talón en la llanta. (Oñate, 1999)

Los neumáticos Tipo VII se usan en la aviación comercial, trabajan a mayores presiones y, a igualdad de otras condiciones, son de tamaño más reducido. Sus secciones oscilan desde 16 a 50 pulgadas. Se conocen por su diámetro y ancho de sección, p.e. 49 x 17. (Oñate, 1999)

Los neumáticos Three Part Number tienen diámetros exteriores desde 18 a 52 pulgadas. Se emplean en aviación comercial y están trazados para operar a velocidades de rodadura que superan los 200 nudos. La identificación de estos neumáticos incluye el diámetro exterior. Así, el neumático 37x13.0-16, tiene un diámetro exterior, nuevo e inflado, de 37 pulgadas, una sección de 13 y un diámetro de llanta en talón de 16 pulgadas. Si el neumático es radial incluye la letra R (v.g. 46x17 R 20). (Oñate, 1999)

c. Neumáticos convencionales y radiales

El neumático convencional tiene el trenzado de lonas de la carcasa al bias, con orientaciones distintas. El neumático radial se caracteriza porque la carcasa esta trenzada con cuerdas radiales, formando una especie de herradura, desde un talón hasta el opuesto. Tiene también una lámina de refuerzo de la banda de rodadura, que suministra gran rigidez al neumático. Esta banda es la responsable de las excelentes características direccionales de los neumáticos radiales. (Oñate, 1999)

2.1.15. Frenos

Los frenos son los mecanismos fundamentales para frenar la aeronave, sobre todo al momento del aterrizaje de baja de velocidad. Sobre el valor absoluto μ el piloto poco puede hacer por aumentarlo. Sin embargo dentro de su competencia reside el mantenerlo tan alto como sea posible, evitando el deslizamiento del neumático por la pista. (Oñate, 1999)

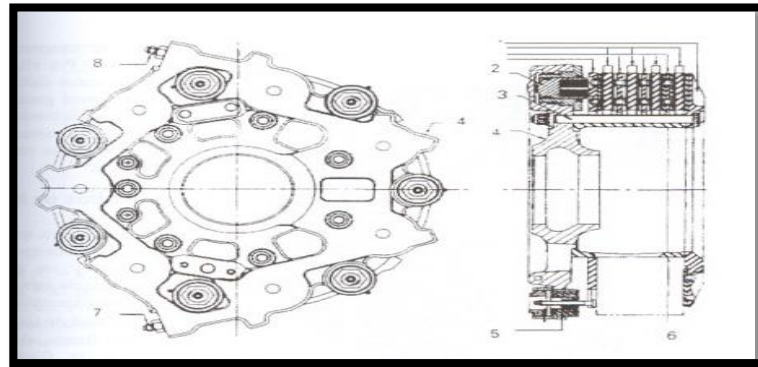
La técnica de contacto con la pista de aterrizaje si influye, por el contrario, en la carga vertical sobre las ruedas. Tras el contacto inicial apenas hay carga vertical en las ruedas. Si la intención es frenar la aeronave lo antes posible debe facilitarse que el peso del aeroplano actúe prontamente sobre las ruedas, cuanto antes y cuanto más mejor. Bajar el morro del avión de forma suave y progresiva es muy agradable para los pasajeros, pero no favorece la operación de frenada. (Oñate, 1999)

Para la aeronave comercial en la carrera de aterrizaje en pista seca y alta velocidad, aproximadamente el 45 por cien de la fuerza retardatriz corresponde a la inversión de empuje y a la resistencia aerodinámica, el resto a los frenos. La situación se invierte a baja velocidad donde los frenos aportan entre el 80% y el 95% de la fuerza de parada. En pistas mojadas el inversor de empuje y los spoilers de tierra como aerofrenos, deben aportar hasta un 80 por ciento de la fuerza total de parada en la carrera de alta velocidad debido a la pérdida de eficacia de los frenos. (Oñate, 1999)

a. Clasificación de los sistemas de frenos

Los frenos antiguos eran de zapata y otros tipos elementales, los modernos son frenos de discos, bien monodisco o multidisco. El freno monodisco se emplea en aviones ligeros, donde no es necesario disipar gran cantidad de energía cinética durante la frenada. Todos ellos actúan por presión hidráulica, salvo en aeronaves ligeros donde se aplican de forma mecánica. (Oñate, 1999)

b. Construcción

Figura 22*Paquete de freno hidráulico de avión*

Nota. La imagen muestra un componente de la aeronave que es el paquete de freno hidráulico de la aeronave. **Tomado de:** *Conocimientos del avión* (Oñate, 1999)

El conjunto de frenos multidisco típico radica en una serie de discos móviles, que forman un conjunto llamado rotor, y otro conjunto igual, fijo, llamado estator (hay 4 discos de rotor y 3 de estatores). Todo este conjunto de discos está situado entre dos placas, llamadas placas de retención y de presión. (Oñate, 1999)

La placa de presión recibe directamente la presión de los pistones hidráulicos, colocados en el alojamiento de los frenos. Los discos del rotor están unidos a la rueda de manera que participan de su rotación. Por el contrario los discos del estator son estacionarios y se unen a un anillo de torsión fijo a la pata del tren. (Oñate, 1999)

La fuerza de rozamiento se anuncia a la rueda donde va montado al paquete de frenos. El nivel de frenada depende de la superficie de contacto y de la fricción entre los discos, y por tanto del número de ellos. La ventaja fundamental de los frenos multidisco es que permite el aumento de la superficie de rozamiento en un espacio relativamente pequeño. (Oñate, 1999)

La presión que los pistones hidráulicos ejercen sobre los discos, y por

tanto el rozamiento entre las superficies móviles y estacionarias, está regulada por la válvula medidora de presión hidráulica. La presión hidráulica que la válvula envía a los pistones de los frenos es proporcional a la presión que se ejerce sobre los pedales. (Oñate, 1999)

c. Frenos de acero, de berilio y de carbono

Admitido en aeronáutica de forma general el freno multidisco, es más habitual en la actualidad clasificar los frenos por el material de fabricación de los discos. De este modo se dice que hay frenos de acero, berilio y de carbono. Los frenos de acero han sido el estándar en la aviación comercial hasta la llegada de los modernos frenos de carbono. La tabla adjunta compara las propiedades de los tres materiales desde el punto de vista de su capacidad para absorber la energía calorífica puesta en juego durante una frenada. (Oñate, 1999)

El calor específico del carbono es más alto que el del acero (no tan bueno como el del berilio) lo que se traduce en un menor peso de paquete de freno. El calor específico del berilio es excepcional en este sentido y se aplica en el C-5A Galaxy para disminuir en cerca de 800 kg el peso de los frenos en sus 24 ruedas, en comparación con los de acero. (Oñate, 1999)

La desventaja del berilio es que tiene un óxido muy tóxico, de modo que es un tipo de freno obsoleto. Enfatiza también en la tabla la alta conductividad térmica del carbono, lo que favorece la velocidad de la transmisión del calor desde el paquete de frenos al exterior. Además, el carbono retiene buenas propiedades de resistencia mecánica a alta temperatura. (Oñate, 1999)

Los frenos de carbono han hecho una entrada imparable en el campo de la aeronáutica comercial, pero no siempre se han cubierto todas las posibilidades. La predicción de vida, situada en 2.000 y 3.000 ciclos, no se ha cumplido por regla general, debido al desgaste durante los rodajes (lo opuesto a los frenos de acero cuyo desgaste -el 80%- se produce en los aterrizajes). No obstante, los frenos de

carbono actuales de la 3ª generación tiene menor desgaste cuanto más alta es su temperatura de trabajo. Por ello es usual en estos sistemas aplicar mayor grado de frenada automática, pues aunque parece un contrasentido es menor el desgaste. (Oñate, 1999)

Tabla 6

Comparación de materiales para frenos

Tabla de comparación de materiales para frenos (valores relativos al acero)

	Deseable	Acero	Berilio	Carbono
Peso específico	Bajo	1	0,23	0,21
Calor específico	Alto	1	6,9	2,4
Conductividad térmica	Alta	1	3,1	4,2
Dilatación térmica	Baja	1	0,76	0,17
Resistencia al choque térmico	Alto	1	0,49	0,02
Temperatura límite	Alta	1	0,80	1,90

Nota. La tabla mostrada presenta la comparación de materiales para frenos de las aeronaves en general. **Tomado de:** *Conocimientos del avión* (Oñate, 1999)

d. Requisitos de los frenos

La normativa, que es amplia en el campo de frenos y sus sistemas, se orienta a tres objetivos fundamentales:

- Fiabilidad de los sistemas de frenos, al amparo de la filosofía "fail safe".
- La normativa presta atención al freno de estacionamiento.
- Reglas sobre capacidad energética de frenada del avión. (Oñate, 1999)

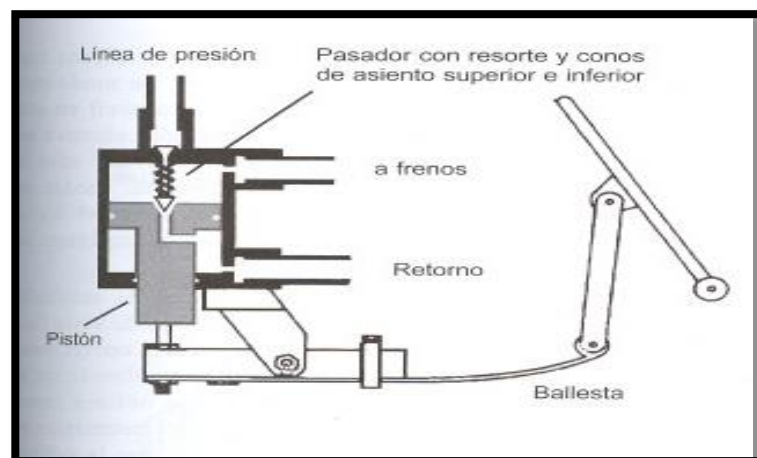
e. Esquema de frenos

El sistema esquemático se puede adaptar a configuraciones de ruedas y frenos más profundos, con adición de nuevos componentes.

- Redundancia, que se obtiene por la doble disposición de unidades: si falla el sistema de frenada de ruedas exteriores está disponible la de interiores.
 - Freno de estacionamiento con capacidad de emergencia.
 - Medios de frenada alternativa. (Oñate, 1999)
- f. Válvula medidora de presión hidráulica

Figura 23

Esquema de válvula medidora de presión hidráulica



Nota. Esta imagen representa el esquema de la válvula medidora de presión hidráulica usada para el tren de aterrizaje. **Tomado de:** *Conocimientos del avión* (Oñate, 1999)

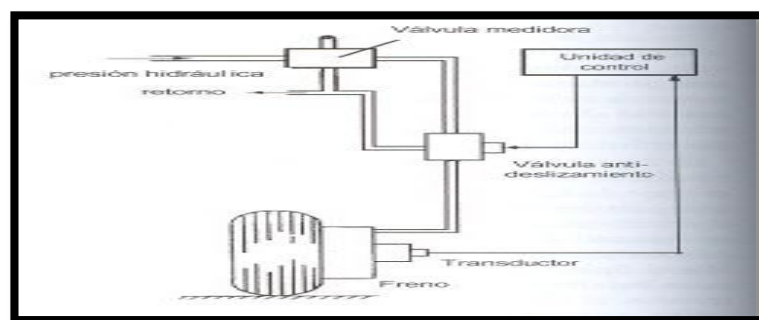
Se dice que el sistema de frenos de aeronaves comerciales es de tipo integral porque la presión hidráulica de servicio de frenos deriva del sistema hidráulico general del avión, es decir, no existe un circuito hidráulico presurizado independiente. En la práctica hay aplicaciones donde la presión hidráulica del circuito de frenos debe ser ampliada, otra veces es conducida directamente a este circuito, como sucede en algunos aviones de combate. No obstante, en aeronaves comerciales la presión de servicio (típicamente 3.000 psi) debe ser regulada en una válvula medidora de presión hidráulica. (Oñate, 1999)

La función de esta válvula es regular la presión hidráulica que se envía al sistema de frenos, en respuesta a la señal de mando que hace el piloto sobre pedales. La válvula se denomina también válvula de control de frenos. (Oñate, 1999)

g. Sistema antideslizamiento

Figura 24

Sistema de antideslizamiento



Nota. La imagen muestra un esquema que se observa cómo actúa presión hidráulica, la unidad de control y el conjunto de freno. **Tomado de:** *Conocimientos del avión* (Oñate, 1999)

El sistema antideslizamiento es el conjunto de mecanismos que manejan la presión hidráulica de los frenos con el fin de:

Los sistemas de antideslizamiento se dividen en: sistemas "On-Off" y sistemas proporcionales.

- Prevenir el deslizamiento excesivo de las ruedas por la pista y lo consiguiente pérdida de rozamiento entre los neumáticos y el pavimento.
- Aumentar la vida de servicio de los neumáticos. (Oñate, 1999)

h. Frenos automáticos

Los frenos automáticos se usan en muchas aeronaves comerciales y de aviación general debido a las mejoras en seguridad y confort que

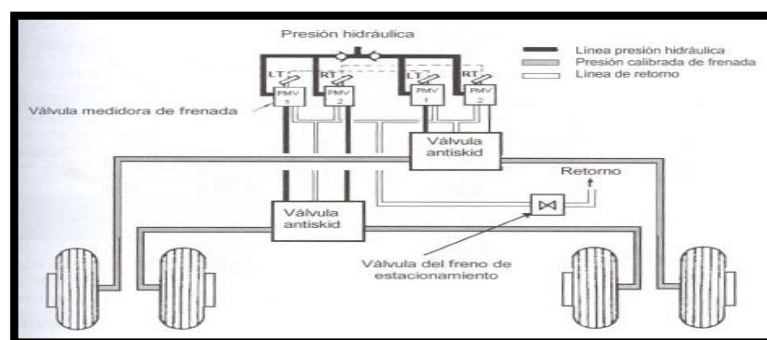
proporcionan para el pasajero. El objetivo técnico fundamental de los frenos automáticos es disminuir la velocidad de aterrizaje. (Oñate, 1999)

Los frenos automáticos facultan la aplicación de presión hidráulica a los discos de frenos con intensidad predeterminada, en un modo de manejo alternativo al propio que puede ejecutar el piloto. El sistema de frenos automáticos esta junto al de antideslizamiento, con el que comparte unidades y forma una unidad integral. (Oñate, 1999)

i. Frenos de estacionamiento

Figura 25

Freno de estacionamiento y de emergencia



Nota. La imagen muestra un esquema sobre el freno de estacionamiento y de emergencia. **Tomado de:** *Conocimientos del avión* (Oñate, 1999)

El freno de estacionamiento en el avión comercial realiza tres funciones:

- Primero, es una exigencia legal, la de aplicar el freno de estacionamiento durante la evacuación de emergencia para permitir un tiempo mínimo de detención del avión de 5 minutos, condición de protección básica para pistas contaminadas (barro, hielo,...), pequeños taludes, etc. (Oñate, 1999)
- Estacionamiento del avión sin obligación de calzos. Los operadores aprecian los medios de mantener el avión en esta situación por un periodo largo de tiempo. (Oñate, 1999)

- Precisamente, mantener el avión en posición mientras se calza. (Oñate, 1999)

2.2. Reseña histórica del Boeing 737-200

En los 50s estaba en auge lo que se conoció como la “Jet Age” o la edad de los aviones jet, pues el De Havilland DH 106 “Comet” fue el primer jet comercial del mundo y se introdujo en 1952. Ante esto, a lo largo de esta época varios fabricantes fueron evolucionando aviones comerciales a reacción, y fue Boeing que fabrico el avión ícono de la “Jet age”, el Boeing 707. (Rota, 2018)

Figura 26

Boeing 707



Nota. Esta imagen muestra una aeronave Boeing 707 arribando. **Tomado de:** *Ecuador Aviation Photography* (Rota, 2018)

El 707 era un avión cuádrimotor turbojet (es decir, avión de 4 motores, 2 bajo cada ala) con cabina presurizada y capacidad para hasta 194 pasajeros. La forma y tamaño de su fuselaje fue lo novedoso ya que permitía volar más rápido y más alto que otros aviones, y llevar a varios pasajeros en la configuración de un pasillo en el medio y 3 asientos en cada lado. (Rota, 2018)

El 707 fue pensado para volar largas distancias, pero se lo estaba usando para cortas. Por eso, Boeing decidió producir aviones de menor capacidad y para menores distancias. De ahí nacieron el Boeing 727,

trimotor con cola en “T”, y posteriormente el 737, un 707 pequeño con 2 motores. Ambos aviones usan un fuselaje similar al del 707, pero modificado el largo y otros detalles. Es por esto que la sección delantera del 707, 727, y 737 es muy similar si se la ve desde afuera. (rota, 2017)

Una de las grandes diferencias en el 737 con respecto a sus predecesores fue la simplificación de su cabina de mando. El 707 y 727 ambos contaban con una cabina para 3 tripulantes: Piloto, copiloto e ingeniero de vuelo. El 737 condensó y mudó muchos controles que estaban en el puesto del ingeniero de vuelo al panel del techo (overhead panel). (Rota, 2018)

Figura 27

El panel del ingeniero de vuelo en un 707 es similar a la del 727



Nota. La imagen muestra un panel de la aeronave Boeing 707 el cual es similar al diseño del panel de la aeronave Boeing 727. **Tomado de:** *Ecuador Aviation Photography* (Rota, 2018)

Figura 28

El panel de techo (overhead panel) de un 737. Lo que antes estaba en el panel del ingeniero de vuelo ahora está condensado en el panel de techo.



Nota. La siguiente figura muestra un panel de control el cual está ubicado sobre la cabeza de un Boeing 737. **Tomado de:** *Ecuador Aviation Photography* (Rota, 2018)

El primer 737 fue la serie 100, y entró en servicio en 1968 con la Lufthansa de Alemania. El 737-100 medía 28.65 metros de largo y tenía capacidad máxima para 118 pasajeros. De este modelo solo se produjeron 30 ejemplares. (rota, 2017)

Figura 29

Acercamiento de los motores del 737-200



Nota. La siguiente figura hace énfasis en la demostración del diseño de la aeronave Boeing 737-200. **Tomado de:** *Ecuador Aviation Photography* (Rota, 2018)

Ese mismo año se produjo el segundo modelo del 737, el 737-200. El fuselaje del 737-200 mide 30.53 metros, aumentando la capacidad de pasajeros a 130. Ambos 737s, el -100 y -200 volaban con 2 motores turbojet Pratt & Whitney JT8D, los cuales eran largos, delgados, y con una propulsión máxima de 14,000 – 16,400 libras. Del 737-200 se produjeron más de 2000 ejemplares. (rota, 2017)

2.3. Reseña histórica del Boeing 737-200 en la fuerza aérea ecuatoriana

El nacimiento del recién adquirido B 737-200 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana se remonta al 18 de abril de 1980 en las instalaciones de Boeing Company en el estado de Washington en EE.UU., cuando se realiza su primer vuelo; posteriormente el 30 de abril del mismo año es entregado a British Airways su primer operador con matrícula G-BGDI. El 16 de junio de 1998 pasa a manos de Pacific Aviation Holding Company (PAHC) con matrícula N922PG; y, posteriormente el 10 de diciembre de 1998 es rentado a Aerolíneas Argentinas con matrícula LV-ZIE hasta el 15 de junio del 2007, fecha a partir de la cual pasa a ser manejada por el gigante mundial de Leasing Aeronáutico AWAS con matriz en Dublin (Irlanda) y sedes en Nueva York, Miami y Singapur, manteniendo a Aerolíneas Argentinas como arrendatario hasta el mes de septiembre del año 2007, cuando pasa nuevamente a manos de su propietario y luego de un vuelo en tránsito por Guayaquil, se mantiene estacionado en esta ciudad por presentar problemas legales con las autoridades ecuatorianas. (Armas, 2014)

Luego de permanecer en la plataforma civil del aeropuerto José Joaquín de Olmedo de Guayaquil por casi 5 años, el 23 de agosto del 2012 es trasladado hasta la plataforma militar del Ala de Combate No. 22 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, en las inmediaciones del mismo aeródromo de Guayaquil; allí permanece por 4 meses a la espera de la entrega oficial a la Fuerza Aérea hasta el 10 de diciembre del mismo año, cuando finalmente mediante un vuelo ferry es trasladado hasta las

instalaciones de la Dirección de Industria Aeronáutica de la Fuerza Aérea (DIAF) en la Base Aérea Cotopaxi, ubicada en las inmediaciones del Aeropuerto de Latacunga. (Armas, 2014)

A partir de esta fecha, la aeronave fue sometida a una inspección mayor de todos los sistemas de estructura y planta motriz en este centro de mantenimiento certificado de alto nivel, cuya misión fue alcanzar la disponibilidad plena de la aeronave para ponerla al servicio de la sociedad ecuatoriana. (Armas, 2014)

Finalmente luego de casi un año en los hangares de mantenimiento, el 6 de noviembre del año 2013 el flamante Boeing 737-200 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana realiza su primer vuelo en el Aeropuerto de Latacunga. A partir de allí se inicia la fase alistamiento operativo para el empleo de la aeronave dentro de la misión de la FAE. (Armas, 2014)

La aeronave fue asignada al Ala de Transporte No. 11, bajo el mando del Escuadrón de Transporte Pesado 1111 compartiendo misiones con los C-130 y Boeing 727. A este nuevo equipo de vuelo fueron asignados 6 oficiales de diferentes bases operativas de la Fuerza Aérea; y, para la instrucción de los nuevos pilotos y copilotos seleccionados se contrató un instructor experimentado de nacionalidad mexicana, el Comandante José Jorge Luz Campos, quien registra un total de 13.300 horas totales de vuelo de las cuales específicamente de Boeing 737/200-300 son 2.705 horas. (Armas, 2014)

La aeronave utiliza 2 motores Pratt & Withney JT8D-17A y su cabina de pasajeros tiene una configuración de 99 asientos convencionales y 8 asientos VIP. La aeronave actualmente realiza vuelos en apoyo a la comunidad ecuatoriana transportando pasajeros civiles, militares y carga de acuerdo a los requerimientos del estado ecuatoriano a nivel nacional e

internacional. (Armas, 2014)

Tabla 7

Características del Boeing 737-200

Características del Boeing 737-200 del Ala de Transporte N.11

Techo de servicio	37.000 pies
Máxima altura despegue y aterrizaje	8.300 pies
Velocidad de turbulencia	280 KIAS
Peso vacío	95.000lb
Peso máximo de despegue	117.000 lb
Peso máximo de aterrizaje	105.000 lb

Nota. La siguiente tabla muestra las características de la aeronave Boeing perteneciente al Ala de Transportes Nro. 11. **Tomado de:** AeroMundo Megazine (Armas, 2014)

Figura 30

Boeing 737-200 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana



Nota. La figura muestra a la aeronave Boeing 737-200 de la fuerza aérea ecuatoriana.

Tomado de: Ecuador Aviation Photography (Rota, 2018)

CAPÍTULO III

3. DESARROLLO DEL TEMA

En el presente trabajo de titulación se realizará la tarea de remoción, serviceo e instalación de los componentes del conjunto de frenos, en base a las tareas de mantenimiento aplicables a la aeronave Boeing 737-200/500, perteneciente al ala de transportes no. 11 de la fuerza aérea ecuatoriana y con la implementación de un soporte hidráulico (Dolly Equipment Brake Assy) elaborado para cumplir con la tarea de mantenimiento.

3.1. Precedentes

La elaboración de este trabajo de titulación es efectuada en la Provincia de Cotopaxi ciudad Latacunga, en los hangares del centro de mantenimiento del Ala de transporte N.11 que se encuentra ubicada en el Aeropuerto Internación Cotopaxi en la Avenida Miguel Iturrale, donde cumplen la labor de mantenimiento de aeronaves de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

El trabajo de titulación se elaboró en horario laboral dentro de los hangares y bloques del centro de mantenimiento del Ala de transporte No. 11 en los cuales se realizó la tarea técnica, con todas las medidas de seguridad tanto para el personal técnico y la aeronave.

3.2. Recopilación de información técnica del conjunto de frenos de la aeronave Boeing 737-200

Para comenzar con la tarea de remoción, serviceo e instalación de los componentes del conjunto de frenos de la aeronave Boeing 737-200/500, se procedió a buscar información que contenga procedimientos, herramientas, materiales, precauciones a tomar en cuenta, entre otras; para efectuar el trabajo de titulación adecuadamente cumpliendo todas las normas técnicas.

3.3. Recopilación de información técnica del soporte hidráulico para la remoción e instalación del conjunto de frenos

En la efectucción de la tarea es necesario la implementación de un soporte hidráulico para el apoyo del conjunto de frenos al momento de su remoción e instalación, la cual esta especificada en la orden técnica MAIN GAER WHEEL BRAKE - REMOVAL/INSTALLATION en el manual de mantenimiento de la aeronave 32-41-41 page 401-407.

El soporte hidráulico especificado en equipos y material WHEEL CHANGE DOLLY en el AMM 32-41-41 no se encuentra en el manual ITEL, por lo cual se implementó un diseño disponible comercialmente.

3.4. Implementación de la herramienta

Con la ayuda de los técnicos de mantenimiento de la escuadrilla de la aeronave Boeing del centro de mantenimiento Ala No.11 se pudo implementar la herramienta necesaria para la tarea de remoción e instalación del conjunto de frenos, por medio del ensamblaje del equipo, siguiendo planos diseñados en base a equipos comerciales aptos por la compañía Boeing, la cual fue aprobada por el grupo logístico, técnicos de mantenimiento y el departamento de calidad por la cual se cumplieron con todas las normas de seguridad respectivas tanto para la ergonomía de la persona que manipule el equipo y para mantener segura la aeronave.

3.4.1. Diseño de soporte hidráulico wheel brake dolly

Para el diseño del soporte hidráulico se reunió información acerca de los modelos aprobados y recomendados por la compañía de la Boeing, también la recomendación de los técnicos de mantenimiento para que el soporte cumpla correctamente con los estándares para que sea factible y segura para realizar la tarea.

La búsqueda se realizó en internet para tener claro cómo sería más práctica y

segura el soporte hidráulico al momento de llegar a ejecutar los diseños y proceder con el ensamblaje sin tener percance sobre la manipulación con la aeronave y los técnicos.

Los diseños se basaron en modelos encontrados en internet en páginas de distribuidores aeronáuticos certificados y calificados para ensamblar equipos seguros para diferentes compañías aeronáuticas, y se tomó referencia de un equipo similar que los técnicos del Ala de transporte No. 11 usaban que pertenece a la Dirección de la industria aeronáutica del Ecuador-DIAF, organismo que se encuentra cercano a los hangares del Ala de transporte No.11.

3.4.2. Materiales y ensamblaje

Para considerar los materiales que serán base en el ensamblaje del equipo hidráulico se tomó en cuenta el peso que resistirá, tensiones, las condiciones en las cuales se manipulara, en lugar en el cual se manipulara, y así realizar un equipo óptimo y seguro.

Los materiales usados son:

Tabla 8

Descripción de materiales para ensamblaje del Dolly change break

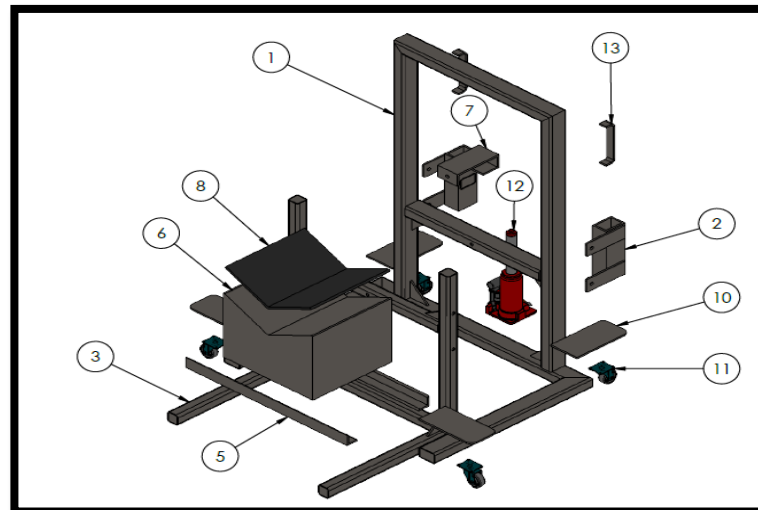
QTY PER ASSY/INST	PART No.	PART NAME	MATL/VEND	ASPEC.
1	1	Marco principal	Steel	ASTM A500
2	2	Guias	Steel	ASTM A36

QTY PER ASSY/INST	PART No.	PART NAME	MATL/VEND	ASPEC.
1	3	Marco móvil	Steel	ASTM A500
1	4	Marco guía	Steel	ASTM A500
2	5	Soportes	Steel	ASTM A36
1	6	Base	Steel	ASTM A36
1	7	Unión superior	Steel	ASTM A36
1	8	Aislante	Steel	-
4	10	Base ruedas	Steel	ASTM A36
4	11	Ruedas	Steel	-
1	12	Gato hidráulica	Steel	-
2	13	Agarraderas	Steel	ASTM A36

Nota. La tabla mostrada a continuación muestra los componentes para el ensamblaje del equipo de cambio de frenos. *Elaboración propia*

Figura 31

Soporte hidráulico – Dolly Change Break



Nota. Esta figura muestra el diseño de la aeronave en partes para captar de mejor manera para realizar el ensamblaje. **Obtenido de:** *Planos de Dolly Change Break* (Jaya, 2019)

3.4.3. Análisis de wheel brake dolly

Los análisis del soporte hidráulico WHEEL BRAKE DOLLY se realizó con el peso mínimo que sería el mismo peso del conjunto de frenos de la aeronave Boeing 737-200 de 205 lb y con un peso máximo de 600 lb.

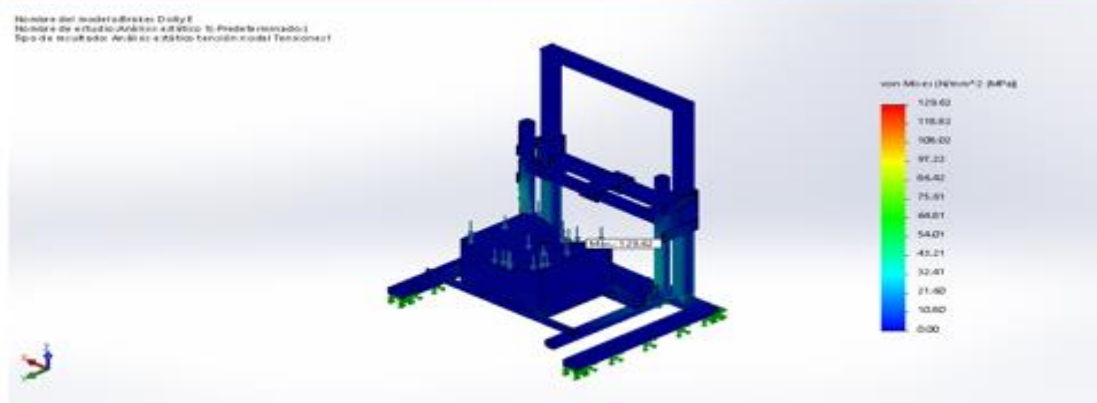
- a. Peso mínimo 250 lb
 - Brakes dolly e-análisis estático 1 - tensiones

Como se puede observar en el gráfico producido en SolidWorks esta lanza resultados que permiten saber sobre las tensiones que afecten a la estructura con un peso mínimo, dando datos mínimos y máximos de desplazamientos los cuales deben estar dentro de los rangos permisibles.

Tabla 9

Brakes Dolly E-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0.00 N/mm ² (MPa) Nodo: 46543	129.62 N/mm ² (MPa) Nodo: 55076



Nota. La siguiente tabla muestra datos realizados por medio del programa SolidWorks acerca de Brakes Dolly E-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1. *Elaboración propia.*

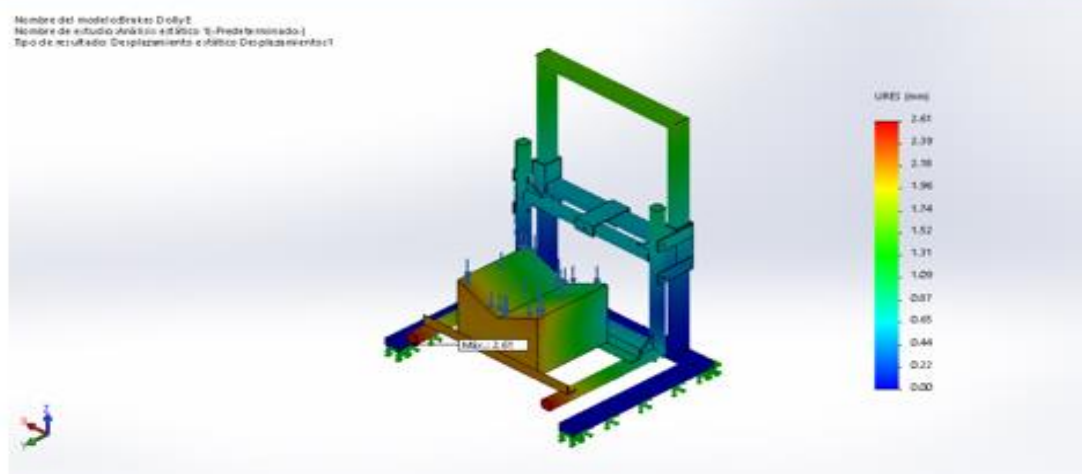
- Brakes dolly e-análisis estático 1 – desplazamientos

Como se puede observar en el gráfico producido en SolidWorks esta lanza resultados que permiten saber si el equipo tendrá desplazamientos que afecten a la estructura con un peso mínimo, dando datos mínimos y máximos de desplazamientos los cuales deben estar dentro de los rangos permisibles.

Tabla 10

Brakes Dolly E-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.00 mm	2.61 mm
		Nodo: 41674	Nodo: 29688



Nota. La siguiente tabla muestra datos realizados por medio del programa SolidWorks acerca de Brakes Dolly E-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1.

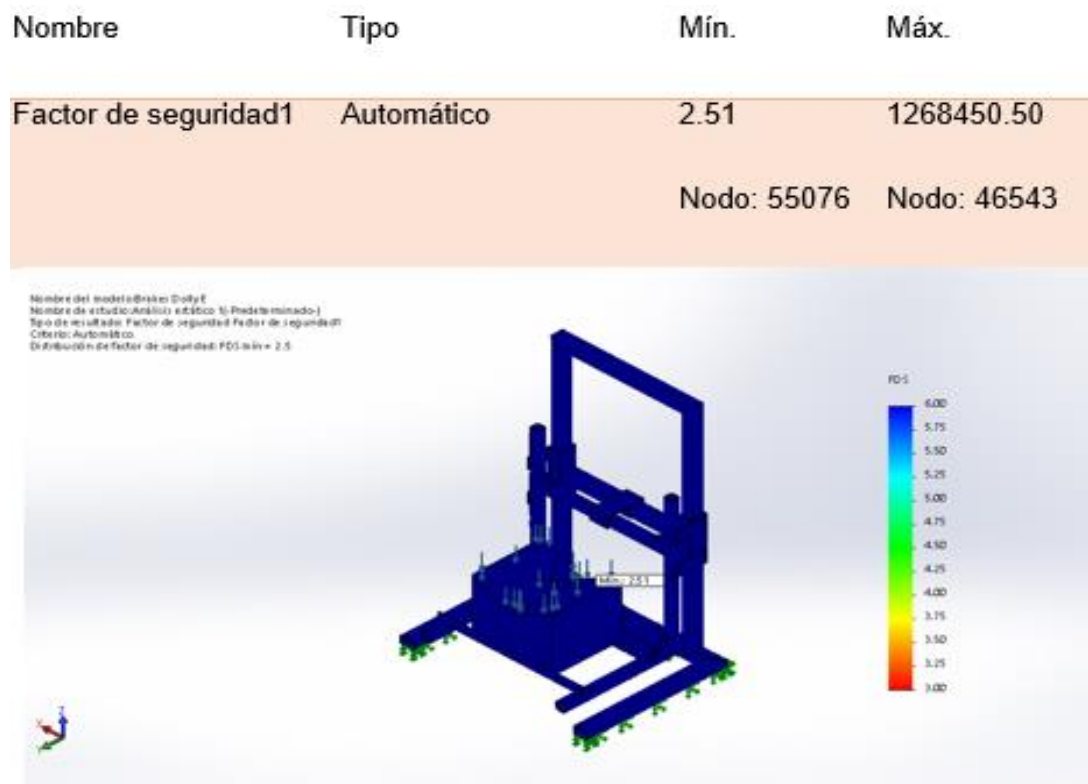
Elaboracion propia.

- Brakes dolly e-análisis estático 1 - factor de seguridad

Como se puede observar en el gráfico producido en SolidWorks esta lanza resultados que permiten saber el factor de seguridad sobre la estructura con un peso mínimo, dando datos mínimos y máximos de desplazamientos los cuales deben estar dentro de los rangos permisibles.

Tabla 11

Brakes Dolly E-Análisis estático 1-Factor de seguridad-Factor de seguridad1



Nota. La siguiente tabla muestra datos realizados por medio del programa SolidWorks acerca de Brakes Dolly E-Análisis estático 1-Factor de seguridad-Factor de seguridad1. *Elaboracion propia.*

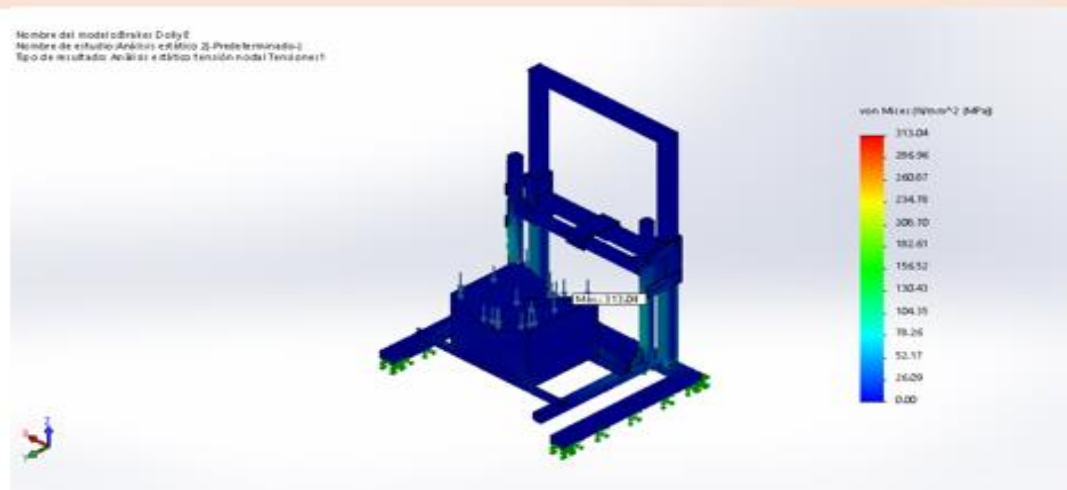
- b. Peso máximo 600lb
 - Brakes dolly e-análisis estático 2

Como se puede observar en el gráfico producido en SolidWorks esta lanza resultados que permiten saber sobre las tensiones que afecten a la estructura con un peso máximo, dando datos mínimos y máximos de desplazamientos los cuales deben estar dentro de los rangos permisibles.

Tabla 12

Brakes Dolly E-Análisis estático 2-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0.00 N/mm ² (MPa)	313.04 N/mm ² (MPa)
		Nodo: 46543	Nodo: 55076



Nota. La siguiente tabla muestra datos realizados por medio del programa SolidWorks acerca de Brakes Dolly E-Análisis estático 2-Tensiones-Tensiones1. *Elaboración propia.*

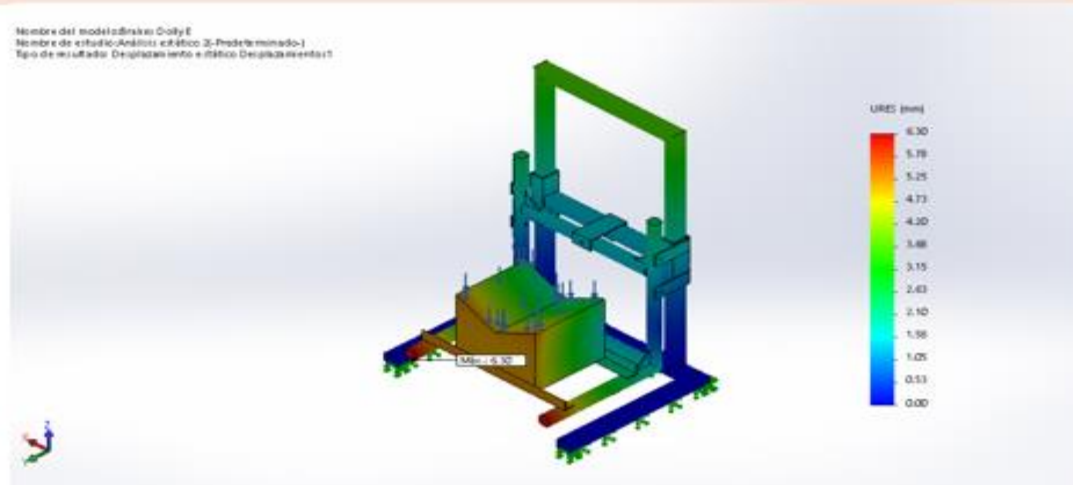
- Brakes dolly e-análisis estático 2 – desplazamientos

Como se puede observar en el gráfico producido en SolidWorks esta lanza resultados que permiten saber si el equipo tendrá desplazamientos que afecten a la estructura con un peso máximo, dando datos mínimos y máximos de desplazamientos los cuales deben estar dentro de los rangos permisibles.

Tabla 13

Brakes Dolly E-Análisis estático 2-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.00 mm	6.30 mm
		Nodo: 41674	Nodo: 29688



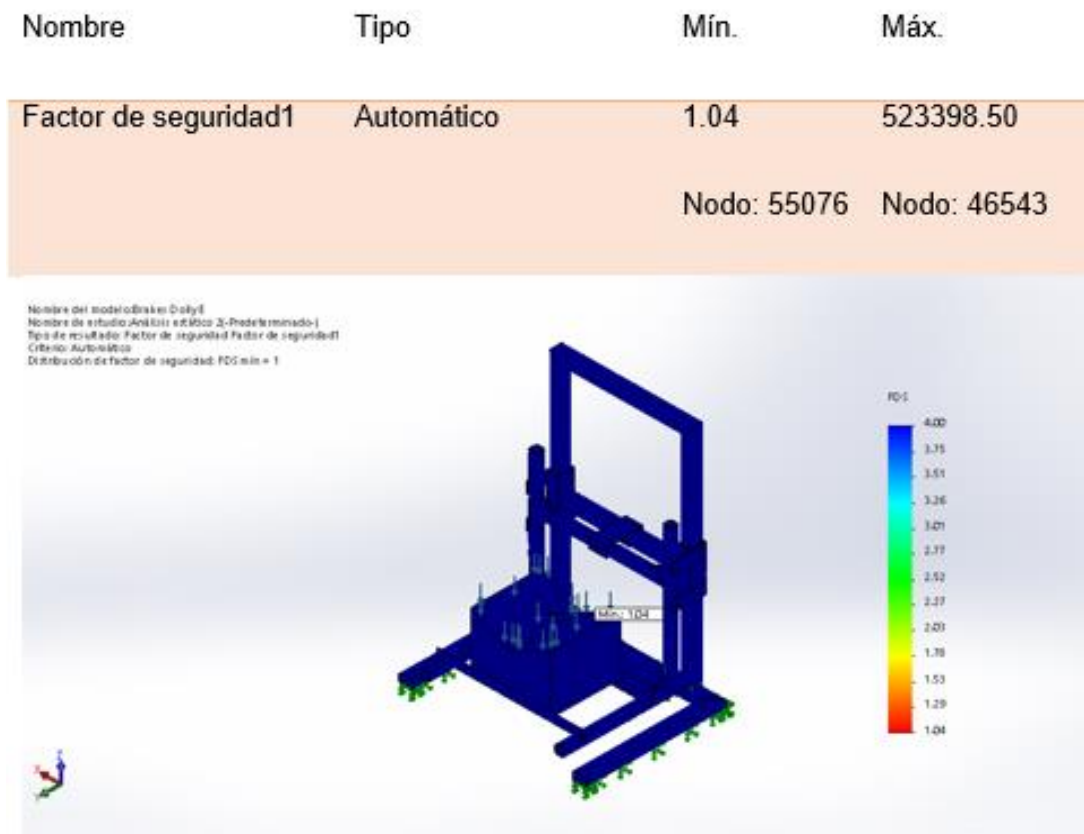
Nota. La siguiente tabla muestra datos realizados por medio del programa SolidWorks acerca de Brakes Dolly E-Análisis estático 2-Desplazamientos-Desplazamientos1. Elaboración propia.

- Brakes dolly e-análisis estático 2-factor de seguridad

Como se puede observar en el gráfico producido en SolidWorks esta lanza resultados que permiten saber el factor de seguridad sobre la estructura con un peso máximo, dando datos mínimos y máximos de desplazamientos los cuales deben estar dentro de los rangos permisibles.

Tabla 14

Brakes Dolly E-Análisis estático 2-Factor de seguridad-Factor de seguridad1



Nota. La siguiente tabla muestra datos realizados por medio del programa SoliWork acerca de Brakes Dolly E-Análisis estático 2-Factor de seguridad-Factor de seguridad1. *Elaboracion propia.*

3.4.4. Operación del soporte hidráulico wheel brake dolly

Figura 32

Señalización de operación



Nota. En la figura se puede observar la señalética implementada en el equipo de soporte para cambio de conjunto de frenos. *Elaboración propia.*

- a. Medida de seguridad
 - Revisar la tarjeta de condición (tarjeta servible)
 - Revise el equipo, tratando de detectar daños, fugas de fluidos entre otras deformaciones.
 - No use el equipo en terrenos irregulares.
 - Usar equipo de protección personal.
 - Mantener pies y manos fuera de las ruedas.
 - Mantener una postura correcta al momento de manipular el equipo y la gata hidráulica.
- b. Para desmontaje el conjunto de frenos
 - Cierre correctamente la válvula de alivio de la gata hidráulica.
 - Procede a bombear la gata hidráulica asegurándose que, realice un buen contacto con el conjunto de frenos de la aeronave.
 - Eleve el equipo hasta el conjunto de frenos.

- Ubique el equipo en posición adecuada y firme, bajo el punto del conjunto de frenos ya una vez removido el neumático, para ayudarse con el soporte, la remoción del conjunto de frenos.
- c. Para montaje del conjunto de frenos
- Asegúrese que bajo la aeronave, y los trenes de aterrizaje, la aérea se encuentre libre y despejada de obstáculos.
 - Asegurar la válvula de alivio y bombear la gata hidráulica hasta que el conjunto llegue a su punto de encaje con el eje del neumático del tren de aterrizaje.
 - Desmontar el conjunto de frenos.
 - Retirar el soporte hidráulico con precaución de no tocar u ocasionar algún golpe a la aeronave.
 - Deje el equipo limpio y ordenado en el lugar asignado.

Nota: En caso de algún fallo del equipo comunicar al personal de HYD BOEING.

3.5. Remoción del conjunto de frenos

3.5.1. Procedimiento

1. Se debe verificar que el tren de aterrizaje esté abajo y bloqueado y que los ensambles de bloqueo estén instalados.
2. Se despresuriza el sistema hidráulico A y / o B.

Nota: Los frenos internos están en el sistema hidráulico A; frenos externos en sistema B.

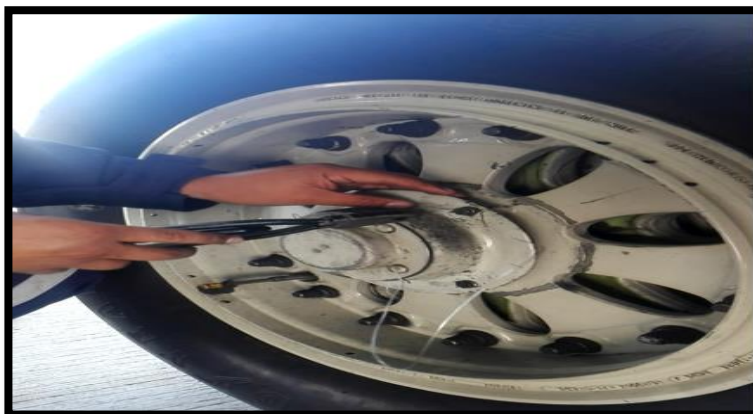
3. Calce las ruedas y soltar el freno de estacionamiento.

Nota: Inspeccione visualmente la manguera flexible hidráulica para desconectar el acoplamiento para la división del manguito exterior de abrasión. Si encuentra algún daño, reemplace la manguera. Revise la trenza de refuerzo para ver si hay evidencia de rozaduras / hilos de alambre rotos.

4. Se debe romper el alambre frenado, remover los tres pernos de fijación y el cuerpo externo de la válvula de desconexión del freno, quedando la desconexión interna restante en el puerto de presión del freno.

Figura 33

Remoción de alambre de bloqueo



Nota. Remoción de frenado de los pernos de sujeción del tapacubos del conjunto de frenos. *Elaboración propia.*

Figura 34

Remoción de anillos de respaldo



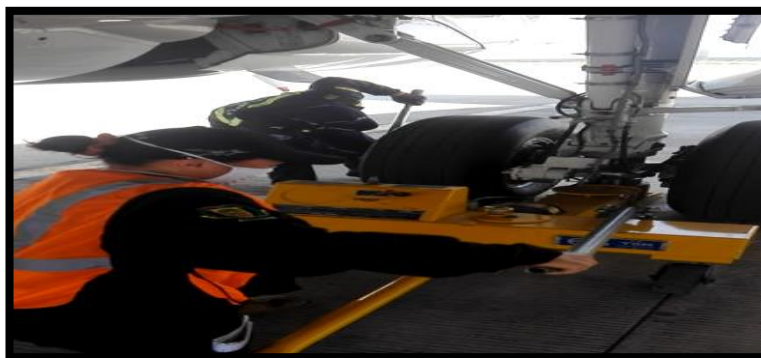
Nota. En la imagen se puede observar la remoción de pernos con una racha después de remover el frenado. *Elaboración propia.*

Nota: Para evitar la fuga de fluido hidráulico y la entrada de suciedad, no rompa la conexión de la manguera.

5. El eje de la gata hidráulica para alzar en ensamble de la rueda y neumático deben removerse.

Figura 35

Usar gata hidráulica para levantar el ensamble de la rueda



Nota. La imagen muestra la colocación de la gata hidráulica para levantar el tren de aterrizaje y remover el neumático. *Elaboración propia.*

6. Desinflar el neumático del tren de aterrizaje.
7. Girar los ocho sujetadores Camloc y retirar el carenado del tapacubos.

Figura 36

Remoción tapacubos



Nota. La imagen presenta la remoción del tapacubos con la herramienta adecuada. *Elaboración propia.*

8. Remover los anillos de retención de la tuerca del eje y la tuerca del eje.

Figura 37

Remoción de anillos de retención de la tuerca



Nota. Esta figura muestra la remoción de los anillos de retención después de sacar el tapacubos. *Elaboración propia.*

9. Retirar la arandela y el cojinete de la rueda exterior.

Figura 38

Remoción de arandelas



Nota. La imagen muestra la remoción de los anillos y arandelas para poder remover y realizar el siguiente paso. *Elaboración propia.*

10. Instalar el protector de la rosca del eje del tren de aterrizaje.

Figura 39

Instalación de protector de rosca



Nota. La siguiente figura muestra la instalación del protector de rosca en el eje del conjunto de frenos. *Elaboración propia.*

11. Posicionar el Dolly change de la rueda, levante la rueda y retírela.

Figura 40

Levantamiento de la rueda

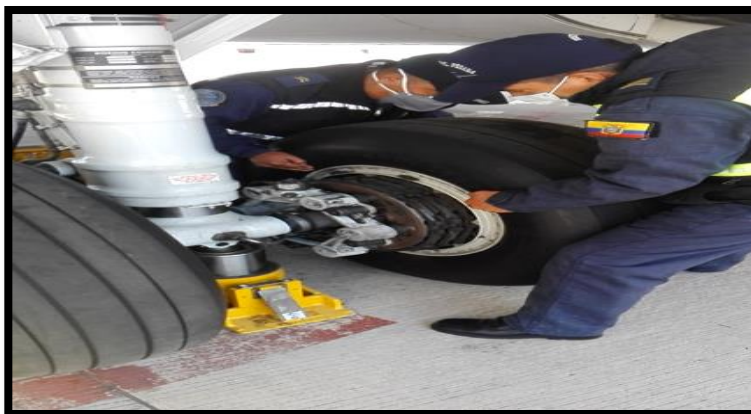


Nota. En esta imagen se puede observar el soporte adecuado para remover el neumático con facilidad. *Elaboración propia.*

12. Remover el anillo de retención, la junta y el cojinete de la rueda interior del conjunto de frenos del tren de aterrizaje.

Figura 41

Remoción de rueda para quitar anillo de retención

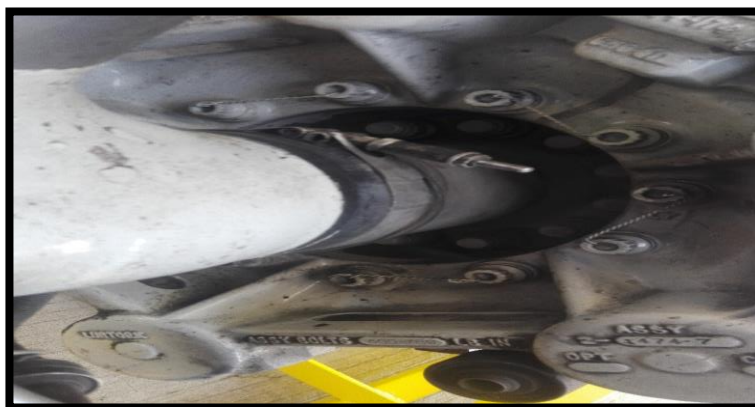


Nota. La imagen presenta el trabajo en equipo de los técnicos para poder ubicar el neumático en el soporte para remover el neumático y mantenerlo seguro. *Elaboración propia.*

13. Retirar los tornillos de montaje del freno.

Figura 42

Remoción de tornillos de montaje del freno



Nota. La imagen presenta el frenado interno de los componentes del conjunto de frenos que debe ser removido para continuar con la tarea. *Elaboración propia.*

14. instalar el protector de la rosca del eje funda protectora.

Figura 43

Retirar protector de rosca



Nota. La figura presenta la remoción del protector de rosca del eje para remover el conjunto de frenos. *Elaboración propia.*

15. remover cuidadosamente el freno y, si está en malas condiciones, retire la junta de la brida de montaje del eje del conjunto de frenos.

Figura 44

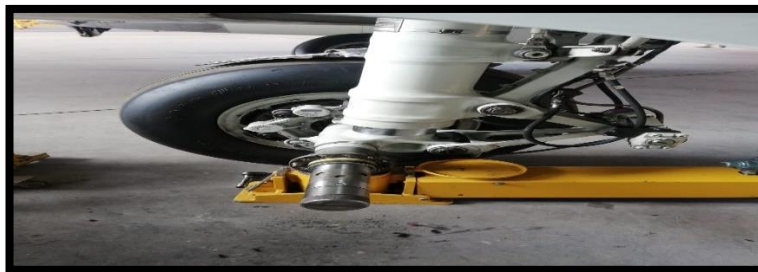
Remoción del conjunto de frenos



Nota. En la imagen se puede observar el soporte hidráulico implementado para la remoción del conjunto de frenos. *Elaboración propia.*

Figura 45

Remoción del conjunto de frenos



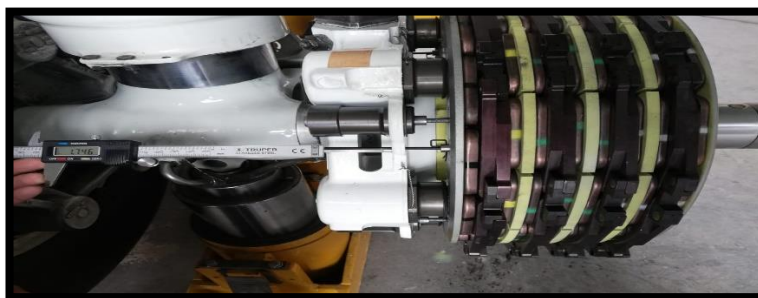
Nota. La imagen muestra al eje del conjunto de frenos ya sin ningún componente después de seguir todos los pasos de la tarea correctamente. *Elaboración propia.*

16. Inspeccionar visualmente la brida del accesorio de freno para detectar posibles grietas. Si se encuentran grietas, o desgaste retire el amortiguador y repare el eje.

17. Inspeccionar visualmente el cuadrante inferior del eje del engranaje principal entre las bridas de montaje del freno para ver si hay grietas. Si se encuentran grietas, el puntal de choque del engranaje principal debe reemplazarse el componente.

Figura 46

Inspección visual y uso de pie de rey para ver desgaste del testigo del conjunto de frenos



Nota. La figura presenta una Inspección visual del testigo con un pie de rey para verificar la vida útil que tendrá el mismo. *Elaboración propia.*

Figura 47

Empaque de conjunto de frenos removido



Nota. En la imagen se muestra el empaque del conjunto de frenos removido que ya cumplió su vida útil. *Elaboración propia.*

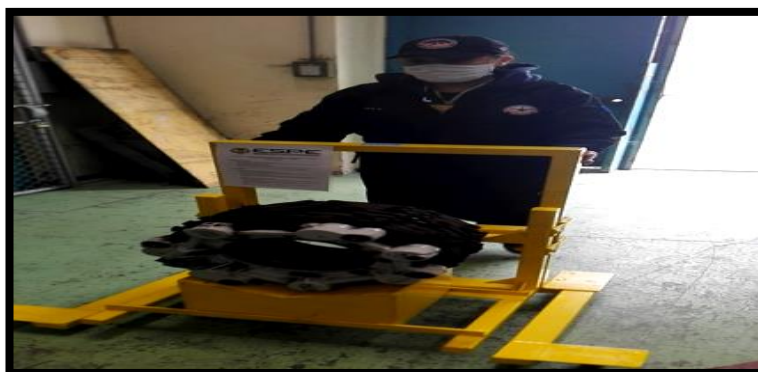
3.6. Preparación para instalar el freno

1. Coloque el freno en el banco:

Nota: No es necesario purgar el nuevo conjunto de reemplazo si se ha recibido con la válvula de desconexión interna del freno (conexión de desconexión rápida) ya instalada, ya que esto se habría llevado a cabo en el taller. Sin embargo, todavía existe un requisito para purgar la instalación.

Figura 48

Traslación de conjunto de frenos a bloque de mantenimiento



Nota. En la imagen se puede observar la traslación del conjunto de frenos hacia el bloque de componentes designado para almacenarlo. *Elaboración propia.*

- a. Con cuidado, transferir la válvula de desconexión interna del freno que no se puede reparar al freno que está a la espera de la instalación desatornillando el cuerpo (aproximadamente 5 vueltas) y tirando suavemente hacia arriba.
 - b. Retirar el tornillo de purga del puerto de purga a presión en la parte inferior del freno y tornillo de purga del tapón que es parte de la válvula de purga en la parte superior de freno.
2. Instalar una nueva junta tórica en el tapón de purga que se retiró del puerto de purga a presión.
 3. Conectar la manguera de purga al tapón de purga en la parte superior del freno.
 4. Abra la válvula de purga aflojando el tapón de purga y rellene el freno a través de la manguera de purga con fluido hidráulico para desbordar.
 5. Instalar el tapón de purga, con la nueva junta tórica, atornillando solo unas pocas roscas en el puerto de purga de presión en la parte inferior del freno.
 6. Purgue el freno aplicando fluido hidráulico a baja presión a través de la manguera de purga en la válvula de purga y permita que el fluido fluya desde el orificio de purga de 1/16 pulgadas de diámetro en la purga inversa o el tapón de drenaje hasta que el líquido no tenga burbujas de aire.
 7. Debe apretar la purga inversa o el tapón de drenaje y cierre la válvula de purga al mismo tiempo.
 8. Remover la manguera de purga de la válvula de purga e instale el tornillo de purga y arandela de bloqueo. Apretar la válvula de purga a un valor de torsión de 40 a 10 libras-pulgada. Asegurar la válvula de purga con un cable de bloqueo.
 - a. Si es necesario reemplazar la junta de montaje del freno, siga los pasos que siguen:

NOTA: Puede usar el adhesivo BAC5010 (Tipo 94) para sujetar la junta a la brida de freno. Aplicar el adhesivo en 3 a 5 lugares entre los agujeros.

b. Para aviones con una junta de metal, reemplace la junta de la siguiente manera:

- Limpiar las superficies de contacto y ponga la junta contra el freno brida.
- Instalar los dos pernos de corte a través de la junta y en los orificios de la brida del freno en las posiciones de las 3 en punto y las 9 en punto (la posición de las 12 en punto está hacia arriba con el engranaje hacia abajo y bloqueado).

9. inspeccionar si hay evidencia de daño por calor en las bridas del freno del eje. Si se observa daño por calor, repare el eje del engranaje principal de acuerdo con 32-11-111 AR.

3.7. Instalación del conjunto de freno

3.7.1. Procedimiento

1. Colocar el freno de modo que el puerto de purga esté en la parte superior e instale los pernos de montaje del freno de la siguiente manera:

Precaución: comprobar que el agujero del perno para asegurar que las tuercas no se convierten en rosca. Debe que la longitud de perno del perno exceda al máximo construido de las piezas, instale una arandela de acero antistante y resistente al cres adicional an960c916 o an960c916l bajo la tuerca. Asegúrese de que la tuerca esté en seguridad y las arandelas existentes 69-60078-3 están en contra de la brida del eje (no las arandelas cres adicionales).

Figura 49

Conjunto de frenos nuevo para instalación



Nota. En esta figura se observa el conjunto de frenos nuevo para la instalación del conjunto de frenos para la aeronave. *Elaboración propia.*

Nota: Comprobar que los pernos de montaje del freno estén instalados con cabezas en el lado del freno de la brida de montaje. Lado avellanado de la arandela debe apuntar hacia la cabeza del perno.

Nota: El lado interior de la brida de montaje del freno tiene contra bases para alojar los pernos / s de ubicación de la brida del eje. BA A / C solo utiliza un perno de ubicación, por lo tanto, los once contadores restantes son redundantes.

a. Apriete los pernos de montaje del freno en los dos pasos siguientes:

- Apriete los pernos a 60-70 libras-pie en un patrón cruzado. Nota: apriete los pernos, no las tuercas.
- Apriete los pernos al último par de torsión de 125-135 libras-pie en un patrón circular.

2. Lubricar el nuevo sello preformado y los dos anillos de respaldo con líquido hidráulico limpio e instale el sello y los anillos de respaldo en la ranura del cuerpo exterior de la válvula de desconexión del freno.

3. Enganchar el cuerpo exterior de la válvula de desconexión del freno con la parte interior instalada en el puerto de presión del portador del freno.

Colocar el cuerpo exterior de la válvula de desconexión con tres orificios alineados y conectando la manguera hidráulica apuntando hacia adelante. Instale tres juegos de pernos y arandelas y asegúrelos con alambre de bloqueo.

Nota: Solo se usan tres de los cuatro orificios roscados en el saliente del puerto de presión del portador del freno para desconectar el accesorio de la válvula.

4. Verificar la migración externa del manguito del eje. Manguito de impulsión interior, si es necesario, tocando con un bloque suave de aluminio para asegurarse de que la funda esté asentada contra el espaciador interior de la rueda antes de instalar la rueda.
5. Lubricar bien el cojinete de la rueda interior y el sello de grasa con grasa e instale el cojinete de la rueda interior, el sello de la grasa y el anillo de retención en el lado interior de la rueda.
6. Retirar el protector de rosca del eje y el manguito de protección del eje. Instale el protector de la rosca del eje.
7. Limpie a fondo el eje y aplique una película ligera de grasa.
8. Colocar el conjunto de la rueda en la plataforma y alinéelo con el eje. Alinee las llaves de transmisión del rotor de la rueda con las ranuras del rotor en el freno y deslice la rueda sobre el freno y el eje.

Nota: compruebe que la lavadora esté instalada con un diámetro exterior que se estrecha hacia el exterior del cojinete de la rueda con llave de bloqueo en el lado exterior de lavadora.
9. Remover el protector de rosca o también llamado de hilos, del eje del conjunto de frenos.

Figura 50

Remoción de protector de rosca



Nota. En la figura se muestra la remoción del protector de roscas o de hilos, después de colocar todo correctamente. *Elaboración propia.*

10. Lubricar las roscas con grasa que recomiende el manual e instale la tuerca del eje.

- a. Mientras gira la rueda, apriete la tuerca del eje a 300 libras-pie, apriete a
a
Asiente correctamente los cojinetes.

Figura 51

Apretar la tuerca eje



Nota. En esta imagen se muestra como se apriétala tuerca mientras se gira la rueda para poder ajustar el neumático correctamente. *Elaboración propia.*

- b. Aflojar la tuerca a cero torque.
- c. Mientras gira la rueda, volver a apretarla a 150 libras-pie en una rotación continua de la tuerca del eje. Este método evitará una lectura incorrecta del par de arranque resultante de la parada y el inicio de la rotación de la tuerca. Compruebe la alineación de los orificios de bloqueo.
- d. Si los orificios de bloqueo no están alineados, continúe apretando a la primera agujero de bloqueo.

11. Instalar el anillo de retención de la tuerca del eje.

12. Instalar el tapacubos usando tres juegos de pernos y arandelas. En las ruedas externas, alinee el orificio en el tapacubos con la extensión de la válvula neumática del neumático antes de instalar los pernos. Instalar el cable de bloqueo en todos los pernos correctamente.

Nota: Antes de la instalación de la tapa del cubo, compruebe que el cable de seguridad del adaptador del transductor al anillo de bloqueo esté intacto y seguro.

13. Colocar el carenado del tapacubos en el tapacubos y asegúrelo girando ocho sujetadores Camloc (solo ruedas externas).

Figura 52

Anillos del eje del conjunto de frenos



Nota. La figura presenta los anillos del conjunto de frenos removidos para desinstalar el conjunto de frenos, ahora serán instalados. *Elaboración propia.*

14. Inflar el neumático a la presión recomendada.

15. Bajar y remover el gato del eje.

Figura 53

Abrir válvula de alivio para remover la gata del eje de ensamblaje de la rueda



Nota. Como se puede observar en la imagen una vez terminado la instalación del conjunto de frenos y el neumático se debe abrir la válvula de alivio para remover la gata hidráulica del tren de aterrizaje. *Elaboración propia.*

Figura 54

Remoción de gata hidráulica



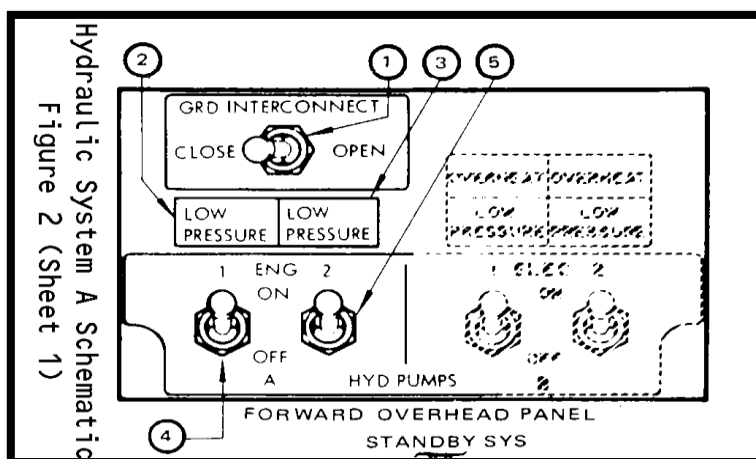
Nota. En la imagen se muestra finalmente después de abrir la válvula de alivio y hacer descender el tren de aterrizaje, que se remueve la gata hidráulica del tren de aterrizaje.

Elaboración propia.

16. Presurizar el sistema hidráulico B.

Figura 55

Panel de sistema hidráulico A



Nota. En la imagen se observa el panel de control del sistema hidráulico A de la aeronave Boeing 737-200. **Obtenido de:** *Manual de mantenimiento de la aeronave ATA 29* (BOEING, 2015)

Nota: Sistema A para freno interno; Sistema B para freno externo.

Purgar el sistema de frenos al presionar el freno del capitán o del primer oficial

Pedales completa y lentamente durante seis veces.

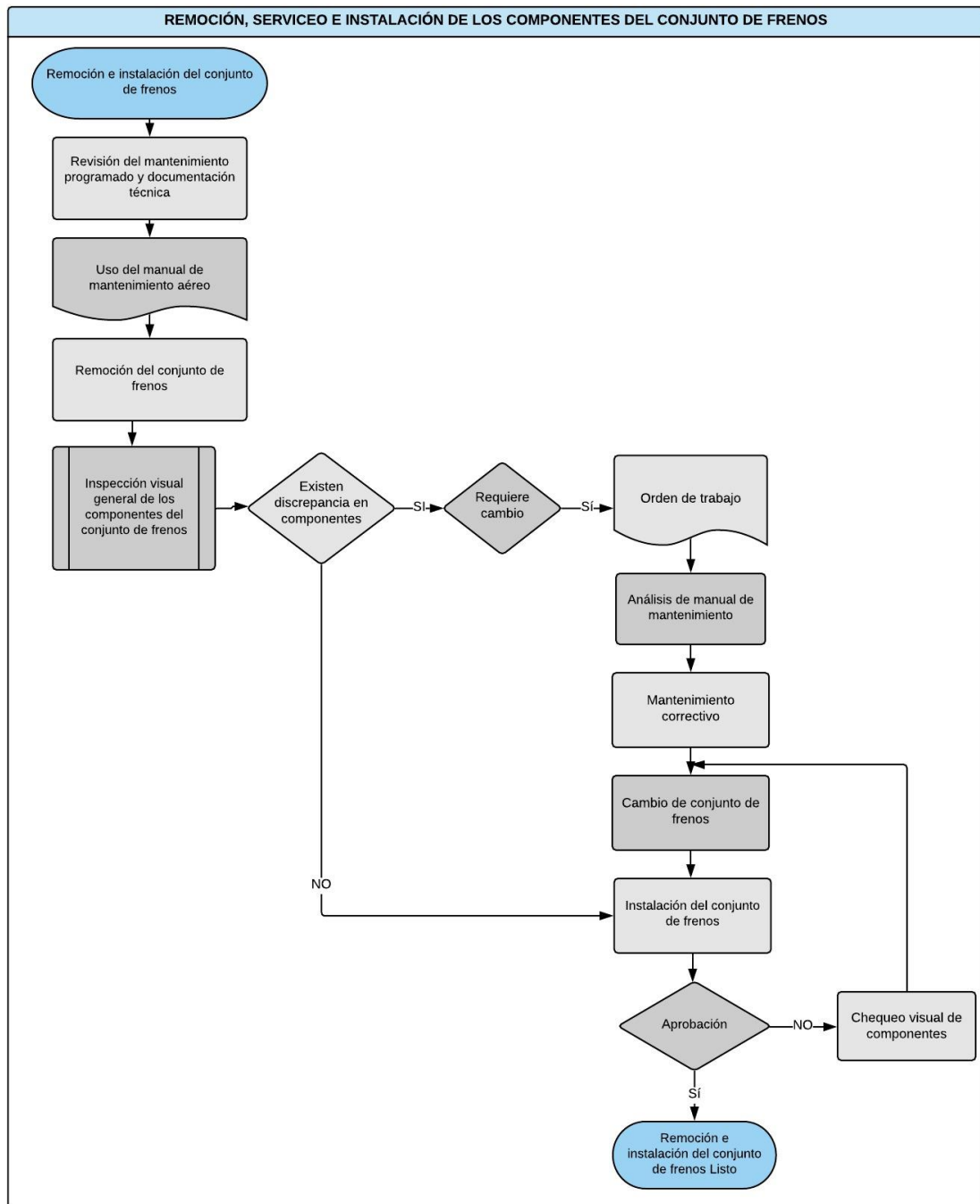
Nota: Verificar que la placa de presión del freno tenga tendencia a colgarse o pegarse durante la aplicación del freno.

17. Ponga los frenos de estacionamiento.

3.8. Diagrama de flujo sobre el tema analizado

Un diagrama de flujo es la representación gráfica de flujo de un algoritmo o de una secuencia de acciones rutinarias. Se basan en la utilización de diversos símbolos para representar operaciones específicas. Se les llama diagramas de flujo porque los símbolos utilizados se conectan por

medio de flechas para indicar la secuencia de la operación. (Ortega, 2009)



CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- El conjunto de frenos es una parte importante de la aeronave la cual debe ser inspeccionada de acuerdo a el manual de mantenimiento emitido por la compañía aeronáutica a la cual pertenece la aeronave, y también acuerdo a su documentación técnica para que sus componentes mantenga la aeronavegabilidad y la aeronave no presente fallas.
- Comenzando por la necesidad de un soporte de apoyo para la remoción, serviceo e instalación de los componentes del conjunto de frenos, se realizó la implementación de un equipo manejable y ergonómico, el cual permite transportar el conjunto de frenos de una manera fácil y segura, comprendiendo todas las medidas necesarias para que dicho soporte efectúe su trabajo como es requerido por el manual de mantenimiento.
- En conclusión, la ejecución de la tarea dispuesta en el manual de mantenimiento de la aeronave Boeing 737-200, se realizó correctamente previo a una inspección visual en la cual un componente, el testigo del conjunto de frenos se encontró fuera de límites, por lo cual se procedió al cambio de conjunto de frenos aplicando todos los procedimientos recomendados por el fabricante.

4.2. Recomendaciones

- Se debe tener en cuenta antes de realizar cualquier tarea de mantenimiento, tener siempre información veraz y certificada del fabricante de la aeronave y también registros anteriores a dichas tareas, para poder ejecutar de manera correcta y sin imprevistos las tareas que se requieren para mantener aeronavegable la aeronave.
- Para realizar de una manera correcta la ejecución de la tarea de mantenimiento se debe optar siempre por usar las herramientas y equipos adecuados que sean requeridos en las especificaciones que dicta el manual de mantenimiento de la aeronave, para mantener la integridad tanto del personal técnico como de la aeronave.
- Se recomienda que para cumplir con las tareas de mantenimiento de la aeronave se debe usar el equipo de protección personal para así evitar accidentes o incidentes que perjudiquen al personal técnico de mantenimiento y estudiantes de mecánica aeronáutica, y mantener su integridad física por es de vital importancia el uso del equipo de protección.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarez, J. A. (febrero de 2016). *ASI FUNCIONA*. Recuperado el 20 de marzo de 2020, de http://www.asifunciona.com/aviacion/af_avion/af_avion12.htm

Apetrei, R. (17 de mayo de 2017). *Razvan Apetrei*. Recuperado el 4 de junio de 2020, de <https://www.razvanapetrei.com/reasons-behind-the-shape-of-aircraft-wings/>

Armas, L. (31 de 01 de 2014). *AeroMundo Magazine*. Recuperado el 3 de abril de 2020, de <https://www.aeromundomagazine.com/2014/01/31/el-boeing-737-200-fae-630-de-la-fuerza-aerea-ecuatoriana/>

Belishe, M. (14 de june de 2010). *ILA-boy*. Recuperado el 5 de julio de 2020, de [ILA-boy/gallery](#)

BOEING. (2015). *Manual de Mantenimiento ATA 29*. Latacunga: Boeing.

DIRECCION GENERAL DE AVIACION CIVIL. (23 de 03 de 2010). *RDAC PARTE 001*. Obtenido de <https://www.aviacioncivil.gob.ec/biblioteca/>

Emoscopes. (14 de diciembre de 2005). *Turboshaft operation*. Recuperado el 20 de junio de 2020, de [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turboshaft_operation_\(multilanguage\).svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turboshaft_operation_(multilanguage).svg)

euromaster, c. (2020). *EUROMASTER*. Recuperado el 21 de junio de 2020, de <https://www.euromaster-neumaticos.es/neumaticos/informacion/partes-de-un-neumatico>

Garcia, J. A. (10 de Febrero de 2016). *ASÍ FUNCIONA*. Recuperado el 25 de junio de 2020, de http://www.asifunciona.com/aviacion/af_avion/af_avion4.htm

Gutierrez, M. (13 de abril de 2013). *Slidshare*. Recuperado el 25 de junio de 2020, de <https://es.slideshare.net/martinboliva/dp-02-familiarizacin-con-las-aeronaves-18755183>

Jaya, y. (21 de agosto de 2019). WHEEL/BRAKE DOLLY ASSY. quito, pichincha, Ecuador. Recuperado el 1 de agosto de 2020

Kadellar. (2 de marzo de 2009). *Perfil alar*. Recuperado el 3 de julio de 2020, de https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Perfil_alar_1.svg

Maria, J. (febrero de 2015). *Pinterest*. Recuperado el 5 de julio de 2020, de <https://br.pinterest.com/pin/553168766721476947/>

Mayo, A. H. (septiembre de 2011). *AERONAUTICA*. Recuperado el 7 de julio de 2020, de <http://jaduqui1996.blogspot.com/2011/09/fuselaje-del-avion.html>

Onate, A. E. (1999). *CONOCIMIENTOS DEL AVION*. Madrid: S.A. EDICIONES PARANINFO. Recuperado el 15 de septiembre de 2019

Ortega, J. (julio de 2009). *Guía para la Elaboración de diagramas de flujo*. Recuperado el 20 de julio de 2020, de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj8gcL-4rTrAhVASTABHZKyCsgQFjAAegQIBRAB&url=http%3A%2F%2Fevalperu.org%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fresources%2Ffile%2F3.%2520MPNGE%2520guia%2520diagramas-flujo-2009.pdf&usg=AOvVaw1Efl>

rota, S. (10 de 04 de 2017). *Ecuador Aviation Photography*. Recuperado el 25 de julio de 2020, de <http://ecuadoraviationphotography.blogspot.com/2017/04/el-737-cumple-50-anos.html>

Rota, S. (octubre de 2018). *Ecuadorian Aviation Photography*. Recuperado el 2 de agosto de 2020, de

<http://ecuadoraviationphotography.blogspot.com/>
 Tronair. (16 de enero de 2020). *Aircraft Servicing Equipment: A Guide to*

Keeping Your Airfield Running Smoothly | Tronair | Tronair - Aircraft Ground

Support Equipment. Recuperado el 2 de enero de 2020, de

<https://www.tronair.com/resources/aircraft-servicing-equipment-guide/>

ANEXOS