



**ESPE**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE TECNÓLOGA EN MECÁNICA AERONÁUTICA  
MENCION AVIONES**

**TEMA:**

**“DESMONTAJE, INSPECCIÓN Y MONTAJE DEL  
CONJUNTO DE FRENOS DEL TREN PRINCIPAL RH Y LH DEL  
AVIÓN FAIRCHILD FH-227 PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN  
DE TECNOLOGÍAS ESPE”**

**AUTOR: GRACIA BRAVO OSCAR JOSIAS**

**DIRECTOR: TLGO. JOHNATAN VALENCIA**

**LATACUNGA**

**2017**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA  
DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo **“DESMONTAJE, INSPECCIÓN Y MONTAJE DEL CONJUNTO DE FRENOS DEL TREN PRINCIPAL RH Y LH DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-227 PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS ESPE”**, realizado por el señor **OSCAR JOSIAS GRACIA BRAVO**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a la señor **OSCAR JOSIAS GRACIA BRAVO** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 24 febrero del 2017

---

**Tlgo. Johnatan Valencia**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **GRACIA BRAVO OSCAR JOSIAS**, con cédula de identidad N° 0503451544 declaro que este trabajo de “**DESMONTAJE, INSPECCIÓN Y MONTAJE DEL CONJUNTO DE FRENS DEL TREN PRINCIPAL RH Y LH DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-227 PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS ESPE**”, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico de trabajo de grado en mención.

Latacunga, 24 febrero del 2017

---

Oscar Josias Gracia Bravo

C.I: 0503451544



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **GRACIA BRAVO OSCAR JOSIAS**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**DESMONTAJE, INSPECCIÓN Y MONTAJE DEL CONJUNTO DE FRENO DEL TREN PRINCIPAL RH Y LH DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-227 PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS ESPE**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 24 febrero del 2017

---

Gracia Bravo Oscar Josias

C.I: 0503451544

## DEDICATORIA

A mi Dios y Señor Jesucristo por el entusiasmo con que me alentaba y dictaba cada línea. Por haber iluminado mi camino y guiado a través de la vida hasta llegar a este punto: quien ha sido un soporte fundamental espiritual y emocional en mi vida.

A mis padres por su dedicación y paciencia incondicional en mi tiempo como estudiante; quienes me apoyaron en los momentos más duros y complicados, ya que fueron un baluarte moral y ético en el que el cual refugiarme.

A mis seres queridos quienes me guiaron por el camino del bien y me apoyaron para alcanzar una meta.

Oscar Josias Gracia Bravo

## AGRADECIMIENTO

Mi eterno agradecimiento a Dios por sustentarme con amor y por darme la oportunidad de cumplir una meta más, por haber estado siempre a mi lado y brindarme su presencia.

A mis padres y hermanos por la confianza inalterable, por creer en mí más allá de mis propias capacidades; y sin duda, por darme la libertad de elegir mi propio destino en este largo caminar al encuentro con Dios.

Mi agradecimiento a mis amigos, compañeros y maestros que a lo largo de mi carrera me apoyaron y fueron testigo de mis triunfos y derrotas, y sin embargo estuvieron ayudándome a levantarme. A quienes me inculcaron no solamente conocimientos sino también valores que seguiré practicando en mi vida, y las enseñanzas personales que me motivaron.

Por último, mi agradecimiento a la institución por abrirme sus puertas, permitiéndome capacitarme y llegar a ser un profesional. Llevaré en mi mente y corazón todos los recuerdos como un regalo de por vida.

Oscar Josias Gracia Bravo

## ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN .....	II
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	III
AUTORIZACIÓN .....	IV
DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVII
RESUMEN .....	XVIII
ABSTRACT .....	XIX

### CAPÍTULO I

1.1	ANTECEDENTES.....	1
1.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.3	JUSTIFICACIÓN .....	2
1.4	OBJETIVOS.....	3
1.4.1	OBJETIVO GENERAL .....	3
1.4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
1.5	ALCANCE .....	3

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1	INTRODUCCIÓN.....	4
2.2	LAS AERONAVES .....	4
2.3	TREN DE ATERRIZAJE.....	5
2.4	FUNCIÓN DE LOS TRENES DE ATERRIZAJE .....	5
2.5	CLASIFICACIÓN DE LOS TRENES DE ATERRIZAJE .....	6
2.5.1	TIPOS POR EL NÚMERO DE RUEDAS .....	6
2.5.1.1	TREN TRICICLO .....	6
2.5.1.2	TREN BICICLO .....	9
2.5.1.3	TREN CUADRICICLO .....	9

2.5.1.4	TREN TRICICLO DOBLE.....	10
2.5.1.5	TREN MULTICICLO.....	10
2.5.1.6	TREN TRICICLO EN LÍNEA DE TRES.....	11
2.5.2	TIPOS POR CARACTERÍSTICAS DE ARTICULACIÓN.....	11
2.5.3	TIPOS POR SISTEMA DE SUSPENSIÓN .....	12
2.5.3.1	TREN BALLESTA .....	12
2.5.3.2	TREN DE CORDONES ELÁSTICOS .....	13
2.5.3.3	TREN DE AMORTIGUADOR OLEONEUMÁTICO.....	13
2.5.3.4	TREN DE AMORTIGUADOR LÍQUIDO.....	14
2.5.4	TIPOS POR GEOMETRÍA DE SUSPENSIÓN.....	15
2.5.4.1	TREN DE SUSPENSIÓN TELESCÓPICA .....	15
2.5.4.2	TREN DE SUSPENSIÓN ARTICULADA .....	16
2.5.5	TIPOS POR SISTEMA DE EXTENSIÓN Y RETRACCIÓN DEL TREN.....	17
2.5.5.1	SISTEMA DE ACCIONAMIENTO HIDRÁULICO .....	17
2.5.5.2	SISTEMA DE ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO .....	17
2.5.5.3	SISTEMA DE ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO .....	18
2.6	ELEMENTOS DEL TREN DE ATERRIZAJE .....	18
2.6.1	CONFORMACIÓN Y OPERACIÓN DE LOS AMORTIGUADORES.....	18
2.6.2	ARTICULACIÓN DE TORSIÓN (COMPAS).....	20
2.7	RUEDAS.....	21
2.8	NEUMÁTICOS.....	24
2.8.1	CLASIFICACIÓN DE LOS NEUMÁTICOS .....	25
2.8.1.1	NEUMÁTICO CONVENCIONAL O TUBULAR .....	25
2.8.1.2	NEUMÁTICO RADIAL .....	25
2.8.2	ELEMENTOS DE LOS NEUMÁTICOS .....	26
2.8.2.1	TALÓN .....	26
2.8.2.2	CARCASA.....	27
2.8.2.3	BANDA DE RODADURA .....	29
2.8.2.4	FLANCOS .....	30
2.8.3	FRENOS.....	31
2.8.4	CLASIFICACIÓN DE LOS FRENOS .....	32
2.8.4.1	FRENOS MONODISCO .....	32
2.8.4.1.1	INDIVIDUAL .....	32
2.8.4.1.2	DISCO DE FLOTACIÓN .....	33

2.8.4.1.3	DE DISCO FIJO .....	34
2.8.4.2	FRENO MULTIDISCO .....	36
2.8.4.2.1	FRENOS DOBLES.....	36
2.8.4.2.2	FRENOS CON DISCOS MÚLTIPLES .....	36
2.8.4.2.3	FRENO DE DISCO MÚLTIPLE SEGMENTADO .....	37
2.8.5	CLASIFICACIÓN DE LOS FRENOS POR LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN ..	38
2.8.6	REQUISITOS DE LOS FRENOS .....	39
2.8.7	ESQUEMA DEL SISTEMA DE FRENOS .....	39
2.8.7.1	VÁLVULA MEDIDORA DE PRESIÓN HIDRÁULICA.....	40
2.8.7.2	SISTEMA ANTIDESLIZAMIENTO .....	41
2.8.7.3	COMPONENTES DEL SISTEMA ANTIDESLIZAMIENTO .....	42
2.8.7.3.1	TRANSDUCTOR DE VELOCIDAD .....	42
2.8.7.3.2	UNIDAD DE CONTROL.....	42
2.8.7.3.3	VÁLVULA ANTIDESLIZAMIENTO.....	42
2.8.7.3.4	OPERACIÓN DEL SISTEMA ANTIDESLIZAMIENTO .....	44
2.9	CARACTERÍSTICAS DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-227 .....	45
2.10	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-27 .....	46
2.11	PESOS DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-27 .....	46
2.12	TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-27 .....	47
2.12.1	COMPONENTES DEL TREN DE ATERRIZAJE DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-27 ..	47
2.12.1.1	RUEDAS DEL TREN PRINCIPAL .....	47
2.12.1.2	SISTEMA DE FRENOS.....	48
2.12.1.3	MECANISMO DE OPERACIÓN DE FRENOS .....	49
2.12.1.4	VÁLVULA DE FRENO.....	49
2.12.1.5	VÁLVULA DE ESCAPE RÁPIDA.....	49
2.12.1.6	UNIDAD MECÁNICA ANTIDESLIZAMIENTO .....	50
2.12.1.7	CONJUNTO DE FRENOS .....	50
2.12.1.8	BOTELLA DE FRENO.....	50
2.12.1.9	MANÓMETRO DEL FRENO.....	51
2.12.1.10	VÁLVULA DEL FRENO DE EMERGENCIA.....	51
2.12.1.11	FRENO DE PARQUEO .....	51
2.13	SISTEMA NEUMÁTICO DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-227 .....	51
2.13.1	SISTEMA NEUMÁTICO PRIMARIO.....	52
2.13.2	SISTEMA NEUMÁTICO DE EMERGENCIA .....	52

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

3.1	DESCRIPCIÓN DE PROCEDIMIENTOS.....	53
3.1.1	EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y MATERIALES A UTILIZAR.....	53
3.1.2	DESMONTAJE .....	55
3.1.2.1	TREN PRINCIPAL .....	55
3.1.2.2	CONJUNTO DE FRENOS.....	57
3.1.3	INSPECCIÓN .....	63
3.1.3.1	PLACA DE FRENO .....	63
3.1.3.2	ALMOHADILLAS DE FRICCIÓN.....	64
3.1.3.3	PLACA DE TORSIÓN Y BLOQUE DE ACCIONAMIENTO .....	65
3.1.3.4	PLACA DE EMPUJE.....	66
3.1.3.5	GENERAL.....	67
3.1.3.6	PLACA DE PRESIÓN .....	69
3.1.3.7	PLACA DE EMPUJE.....	70
3.1.3.8	AJUSTADORES DE FRENO AUTOMÁTICO .....	71
3.1.3.9	CONJUNTO ESTATOR.....	71
3.1.3.10	CONJUNTO DEL ROTOR .....	73
3.1.4	MONTAJE .....	75
3.1.4.1	LUBRICANTES DE MONTAJE .....	75
3.1.4.2	PROCEDIMIENTOS DE MONTAJE .....	76
3.1.5	MONTAJE DEL CONJUNTO DE FRENOS Y NEUMÁTICO .....	83

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1.1	CONCLUSIONES.....	87
4.2.1	RECOMENDACIONES .....	88
	BIBLIOGRAFÍA.....	89
	GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	90
	ANEXOS .....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tren triciclo con rueda en proa.....	7
Figura 2 Tren triciclo con rueda en cola.....	7
Figura 3 Tren triciclo con doble rueda en proa.....	7
Figura 4 Tren triciclo con dos en cada pata principal.....	8
Figura 5 Tren triciclo con doble rueda en proa y en las patas principales....	8
Figura 6 Tren triciclo con ruedas dobles principales en tándem.....	8
Figura 7 Tren bicicleta.....	9
Figura 8 Tren cuadríciclo.....	9
Figura 9 Tren de triciclo doble .....	10
Figura 10 Tren multiciclo .....	10
Figura 11 Tren triciclo en línea de tres.....	11
Figura 12 Tren fijo .....	12
Figura 13 Tren retráctil.....	12
Figura 14 Tren de Ballesta y batalla y vía del tren de aterrizaje.....	12
Figura 15 Tren tipo spring en las tres condiciones de trabajo.....	13
Figura 16 Vista Interna del Amortiguador Oleoneumático.....	13
Figura 17 Tren de amortiguador líquido.....	14
Figura 18 Pata de tren con suspensión telescópica.....	15
Figura 19 Ejemplo de tren con suspensión telescópica.....	15
Figura 20 Trenes compuestos, triangular y cuadrangular.....	16
Figura 21 Esquema de trenes de palanca.....	17
Figura 22 Articulación del amortiguador.....	17

Figura 23 Esquema del sistema de eléctrico .....	18
Figura 24 Partes del amortiguador .....	19
Figura 25 Vista de cilindro y cámaras del amortiguado.....	20
Figura 26 Articulaciones de torsión del tren.....	21
Figura 27 Rueda de base plana .....	22
Figura 28 Rueda de dos piezas.....	22
Figura 29 Características una rueda de dos piezas.....	23
Figura 30 Fusible térmico de rueda.....	24
Figura 31 Detalle de la válvula de seguridad de presión de la rueda.....	24
Figura 32 Neumático convencional o tubular.....	25
Figura 33 Nomenclatura de un neumático radial.....	26
Figura 34 Neumático radial a 30 y 60 grados.....	26
Figura 35 Neumático radial a 90 grados.....	26
Figura 36 Talón del neumático.....	27
Figura 37 Capas de envoltura.....	28
Figura 38 Capas de refuerzo en neumáticos diagonales.....	28
Figura 39 Capas estabilizadoras en neumáticos radiales.....	28
Figura 40 Clasificación de neumáticos utilizados en aviación.....	29
Figura 41 Marcas de ubicación para orificios de ventilación.....	31
Figura 42 Freno de disco de flotación .....	33
Figura 43 Despiece de un freno de disco de flotación .....	34
Figura 44 Freno Cleveland-Disco de freno fijo sobre aeronaves ligeras.....	34
Figura 45 Vista en despiece de un freno Cleveland de doble pistón.....	35

Figura 46 Despiece de un freno de disco doble.....	35
Figura 47 Sistema de frenos múltiples del tren de un avión MD-80.....	36
Figura 48 Sistema de frenos del avión Boeing 777.....	37
Figura 49 Vista detallada de un freno de disco múltiple segmentado.....	37
Figura 50 Esquema Simplificado del Sistema de Freno.....	38
Figura 51 Esquema de frenos a presión hidráulica.....	40
Figura 52 Componentes básicos del sistema antideslizamiento.....	41
Figura 53 Tres componentes del sistema anti-skid.....	43
Figura 54 Funcionamiento de las dos etapas de la válvula anti-skid.....	43
Figura 55 Interruptores del anti-skid en la cabina.....	44
Figura 56 Vista lateral del avión Fairchild.....	45
Figura 56 Vista lateral del avión Fairchild.....	45
Figura 57 Vistas frontal, superior y lateral del avión Fairchild FH-27.....	45
Figura 58 Ruedas del tren principal .....	47
Figura 59 Frenos del avión Fairchild FH-227.....	48
Figura 60 Mecanismo de operación del tren.....	48
Figura 61 Botella y líneas neumáticas en el compartimiento del tren.....	52
Figura 62 Herramienta especial.....	53
Figura 63 Juego de llaves hexagonales.....	53
Figura 64 Pinza de presión.....	54
Figura 65 Llaves de boca.....	54
Figura 66 Gata y acople.....	54
Figura 67 Accesorio de alineamiento del freno.....	54

Figura 68 Racha y copa 9/16.....	54
Figura 69 Torquímetro.....	54
Figura 70 Gafas protectoras.....	55
Figura 71 Guantes.....	55
Figura 72 Colocación de la gata.....	56
Figura 73 Tornillo de alivio de presión.....	56
Figura 74 Tornillo de retención de la rueda.....	56
Figura 75 Desacople del tornillo de retención.....	57
Figura 76 Retirada del neumático.....	57
Figura 77 Llave hexagonal.....	58
Figura 78 Llave de boca.....	58
Figura 79 Pernos de la placa de torsión unidos al eje del tren.....	58
Figura 80 Accesorio de alineamiento del freno montado en el eje.....	59
Figura 81 Desacople de la tubería del transductor.....	59
Figura 82 Desacople de la tubería de la placa de torsión.....	60
Figura 83 Retirada del conjunto de la pata del tren.....	60
Figura 84 Conjunto de freno sobre la mesa de trabajo.....	61
Figura 85 Retirada de las tuercas de sujeción.....	61
Figura 86 Pernos de sujeción del conjunto de frenos.....	61
Figura 87 Liberación de los bujes.....	62
Figura 88 Ubicación original al levantar la placa de torsión mayor.....	62
Figura 89 Ubicación original de los anillos.....	63
Figura 90 Placa de freno.....	63

Figura 91 Vástagos de las almohadillas de freno.....	64
Figura 92 Rebabas en las ranuras de las almohadillas.....	64
Figura 93 Placa de presión.....	64
Figura 94 Revisión del espesor de la placa de presión.....	65
Figura 95 Placa de torsión parte interior.....	65
Figura 96 Placa de torsión parte exterior.....	66
Figura 97 Placa de empuje.....	66
Figura 98 Brecha entre almohadillas.....	66
Figura 99 Arandelas de los tornillos.....	67
Figura 100 Anillo de seguridad.....	67
Figura 101 Anillo de apoyo.....	68
Figura 102 Anillo del pistón .....	68
Figura 103 Cubierta guardapolvos.....	68
Figura 104 Pasadores de retracción.....	69
Figura 105 Pernos de la placa de freno.....	69
Figura 106 Pernos de sujeción del conjunto de frenos.....	69
Figura 107 Placa de presión lado reverso.....	70
Figura 108 Placa de presión lado anverso.....	70
Figura 109 Placa de empuje.....	70
Figura 110 Resorte y ajustador.....	71
Figura 111 Alojamiento del ajustador.....	71
Figura 112 Espesor de la placa estora.....	71
Figura 113 Superficie de la placa estatora (1).....	72

Figura 114 Superficie de la placa estatora (2).....	72
Figura 115 Ranura del vástago.....	72
Figura 116 Holgura del agujero.....	73
Figura 117 Cara lateral con corrosión en el borde interior.....	73
Figura 118 Remoción de material adherido.....	74
Figura 119 Inspección visual de la placa del rotor.....	74
Figura 120 Descamación en los bordes del agujero de la espiga.....	74
Figura 121 Grietas en el área central de la placa rotativa.....	75
Figura 122 Grietas mayores en la placa rotativa.....	75
Figura 123 Placa de empuje sobre el accesorio de alineación.....	76
Figura 124 Colocación de las placas en forma secuencial (1).....	76
Figura 125 Colocación de las placas en forma secuencial (2).....	76
Figura 126 Ubicación de los pasadores de retracción de bujes.....	77
Figura 127 Pasador de retracción en la ranura respectiva.....	77
Figura 128 Alineación de los elementos de la placa de torsión.....	77
Figura 129 Alineamiento en la posición original.....	78
Figura 130 Colocación de la placa de torsión mayor.....	78
Figura 131 Placas del conjunto de freno alineadas.....	79
Figura 132 Perno de unión de las placas de empuje y de torsión.....	79
Figura 133 Ajuste de la tuerca y arandela en la placa de torsión.....	79
Figura 134 Alojamiento del ajustador.....	80
Figura 135 Encajado de mango de empalme y resorte.....	80
Figura 136 Ubicación del resorte y montante en el alojamiento.....	80

Figura 137 Montaje de la pinza de presión.....	81
Figura 138 Ajuste del perno de los bujes.....	81
Figura 139 Ajuste de carga en el torquímetro.....	82
Figura 140 Aplicación de la carga requerida a la tuerca del perno.....	82
Figura 141 Aplicación de la carga requerida a la tuerca.....	82
Figura 142 Montaje del conjunto de frenos en el eje.....	83
Figura 143 Alineación de los tornillos de sujeción a la pata del tren.....	83
Figura 144 Ajuste de los tornillos con la llave hexagonal.....	83
Figura 145 Ajuste de los tornillos con la llave de boca.....	84
Figura 146 Ajuste de las tuberías a la placa de torsión mayor.....	84
Figura 147 Alineación de las ranuras de los discos rotativos.....	85
Figura 148 Collarín.....	85
Figura 149 Tornillos de retención.....	85
Figura 150 Ajuste de la tuerca de retención con la llave especial.....	86
Figura 151 Tornillo de liberación de presión.....	86
Figura 152 Gata retirada de debajo de la pata del tren.....	86

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de comparación de materiales para frenos.....	39
--	----

## RESUMEN

El desmontaje, inspección y montaje de la rueda y el conjunto de frenos del avión escuela Fairchild FH-227 perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE, tiene como principal finalidad aportar con herramientas y procedimientos de mantenimiento como apoyo para las clases prácticas y teóricas que se imparten a los alumnos. El presente proyecto brindará la oportunidad de mejorar la comprensión, y a su vez una impartición eficaz y efectiva por parte de los docentes. La herramienta de torque empleada para dicha tarea de mantenimiento es muy utilizada en el ámbito laboral y la frecuencia en la que los profesionales se enfrentan a procedimientos en los cuales se usa dicha herramienta es bastante habitual. Aumentado así la habilidad en el uso de equipos básicos, sin dejar lugar a un conocimiento únicamente teórico. Siendo de esta manera los estudiantes de la Unidad de Gestión de Tecnologías los principales beneficiarios, ya que se logrará proporcionar profesionales integrales a la industria aeronáutica nacional. También se describen los procedimientos de mantenimiento y el uso correcto del Torquímetro cuando se realice las clases prácticas, además de contar con la información de respaldo del manual de herramientas, de seguridad y operación de la mencionada herramienta. Igualmente se cuenta con un certificado de trazabilidad de la herramienta para garantizar la transparencia e integridad a la hora de instruir a los alumnos.

### **Palabras Claves:**

- **Impartir**
- **Habilidad**
- **Mantenimiento**
- **Torquímetro**
- **Trazabilidad**

## ABSTRACT

Disassembly, inspection and assembly of wheel and brake assembly of Fairchild FH-227 school aircraft belonging to ESPE Unidad de Gestión de Tecnologías, has as main purpose providing tools and maintenance procedures to support practical and theoretical classes which are taught to students. This project will provide an opportunity to improve understanding and moreover an efficient and effective delivery by teachers. The torque tool used for this maintenance task is widely used in the workplace and the frequency in which professionals face procedures in which the tool is used is quite common. In that way, it increases the ability to use basic equipment, leaving no room for purely theoretical knowledge. Being the Unidad de Gestión de Tecnologías students the main beneficiaries. Since, it will be able to provide integral professionals to the national aeronautical industry. It also describes maintenance procedures and correct use of the torque wrench when performing the practical classes, in addition to having the information of backup of the safety and operation tools manual of the mentioned tool. There is also a certificate of traceability of the tool to guarantee transparency and integrity when instructing students.

### Keywords:

- **To impart**
- **Ability**
- **Maintenance**
- **Torque wrench**
- **Traceability**

Checked by:

---

Lic. Diego I. Granja Peñaherrera  
English teacher UGT

## **CAPÍTULO I**

### **“DESMONTAJE, INSPECCIÓN Y MONTAJE DEL CONJUNTO DE FRENOS DEL TREN PRINCIPAL RH Y LH DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-227, PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS-ESPE”**,

#### **1.1 Antecedentes**

La Unidad de Gestión de Tecnologías al ser la única institución en el país capaz de capacitar profesionales técnicos en el campo aeronáutico. A lo largo de los años se ha implementado una metodología con material didáctico dirigida exclusivamente hacia los estudiantes de una forma clara. De esta forma se intenta brindar la oportunidad de capacitarse para ser profesionales realmente competitivos y calificados para resolver los problemas que se podrían presentar en el ámbito laboral. En la actualidad la aviación avanza a pasos agigantados, por esta razón se busca optar por nuevas técnicas de enseñanza y aprendizaje; obligando a las instituciones tanto civiles y militares innovar y ser más competitivas a nivel internacional.

El Ecuador al ser un país poco competitivo si quiere seguir a la par de los otros países necesita avances notables en la implementación de nuevas tecnologías. Y la Institución siempre se enfocará en entregar estudiantes de un alto nivel académico, por ello intentará contar con los talleres, equipos y laboratorios completamente equipados para proporcionar a los estudiantes un extenso y correcto aprendizaje. También cuenta con un avión escuela el cual desde su llegada ha sido un aporte valiosísimo para visualizar de manera palpable los componentes de una aeronave.

#### **1.2 Planteamiento del problema**

La Unidad de Gestión de Tecnologías como única institución civil de formación de tecnólogos aeronáuticos, requiere implementar constantemente nuevas tecnologías acorde al creciente desarrollo en la aviación moderna. Actualmente las tareas de mantenimiento con respecto al desmontaje, inspección y montaje de conjunto de frenos se realizan de manera teórica y no se cuenta con herramientas y equipos apropiados para el proceso de enseñanza.

La falta de recursos ha hecho que al pasar del tiempo los equipos o herramientas no vayan acorde a los trabajos. Así se determinó que para facilitar el desarrollo de las prácticas de mantenimiento que el estudiante tiene que realizar es imprescindible contar con todos los recursos, ya que el trabajar en los trenes de aterrizaje es una de las asignaturas de especialidad. Ya que complementa la idea que los tecnólogos necesitan más práctica que teoría.

Sin perder el enfoque en la visión que tiene la Unidad de Gestión de Tecnologías, la cual es capacitar tanto en conocimientos a los estudiantes y en el manejo de herramientas y equipos. Además, la Institución quiere seguir con la visión de proveer profesionales capacitados para trabajar con habilidad y eficiencia en tareas de mantenimiento aeronáutico.

### **1.3 Justificación**

Es de vital importancia para la Unidad de Gestión Tecnologías poseer todos los implementos y herramientas necesarias. Conociendo de antemano que la institución desea seguir adquiriendo herramientas especiales para que los alumnos puedan familiarizarse con los trabajos en la aeronave. Ya que ayudará a entregar mejores profesionales, más capacitados y más eficaces en el ámbito laboral enfocado a la Aviación.

El presente trabajo servirá para que las clases prácticas sean más efectivas y de mejor comprensión para alumnos de la carrera de mecánica aeronáutica, y a su vez una impartición eficaz y efectiva por parte de los docentes. Los beneficiarios directos son los estudiantes de la institución ya que se logrará proporcionar profesionales integrales en el mantenimiento preventivo, correctivo y en línea de las aeronaves.

El cumplimiento del proyecto es factible y de gran importancia para mejorar los procesos técnicos y prácticos de cada estudiante. Nos ayudará a entender de manera práctica los temas impartidos en las clases ya que la práctica debe ser mayor que el enfoque teórico. Por lo cual ayudará al estudiante a adquirir mayor pericia en este tipo de herramienta.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

- Desmontaje, inspección y montaje del conjunto de frenos del tren principal RH y LH del Avión Escuela Fairchild FH-227, mediante el uso de documentación técnica de dicha aeronave, para la Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Recopilar la información técnica para las tareas de mantenimiento en el avión Fairchild FH-227.
- Implementar herramienta (torquímetro).
- Determinar los procedimientos adecuados para el remoción, inspección e instalación de conjunto de frenos del tren de aterrizaje principal.

## **1.5 Alcance**

Este proyecto está dirigido a los estudiantes de las diferentes carreras de mecánica. Es una investigación documentada de los procedimientos de enseñanza y aprendizaje al realizar mantenimiento, mejorando y facilitando las actividades técnico-prácticas en el Avión Escuela Fairchild FH-227. Además, con el presente proyecto los alumnos tendrán la oportunidad de manipular y entender el manejo de manuales de mantenimiento y herramientas. Así el beneficiario directo es toda la comunidad aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías, ya que los docentes de las diferentes especialidades podrán reforzar sus clases teóricas. Por todo lo descrito anteriormente, este proyecto se encamina para facilitar la información necesaria a los futuros tecnólogos y solventar a las compañías de aviación personal apto y capaz que conozca las necesidades técnicas de las aeronaves moderna.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Introducción

El objetivo básico de la fabricación del avión Fairchild de las series F-27J era un avión de fácil de maniobrar, costos de fabricación más bajos que el avión holandés Fokker el cual era similar en sus características, y un avión que sea fiable.

El desarrollo de Kokker 27 a una mejor versión dio como resultado el Fairchild FH-27J, conservando el diseño estructural y la planta motriz. Rolls Roys Dart. El avión tiene la capacidad para 3 tripulantes, de 48 a 52 pasajeros. Construido primordialmente para el transporte de pasajeros y carga de mercancías.

De las características que más sobresalen en este tipo de avión cabe mencionar las siguientes. Primero en comparación con el avión Fokker tiene un alargamiento en el fuselaje, con 1.98 metros de longitud. Permitiéndole pasar de una capacidad de 40 a 52 pasajeros en las series F 27 y FH 227 respectivamente.

Segundo los dos motores turbohélices Rolls Roys Dart 5-327L se conservaron del modelo original. De esta manera la presurización en el avión viene de los compresores de estos dos motores. La velocidad de crucero de la aeronave es de 407 Km/h con un radio de alcance de 2661 Km y un techo máximo de servicio de 8535 metros, este último limitado por ser un avión a presión neumática.

Finalmente, el avión Fairchild fue utilizado no solamente como avión comercial y de transporte, sino en algunos casos como avión Militar en Ecuador y Uruguay por citar los más conocidos en la región.

#### 2.2 Las aeronaves

Se entiende por aeronave todo objeto que puede sustentarse en el aire, sosteniéndose así mismo sin tener algún contacto con la superficie y con la capacidad de trasladarse de un lugar a otro por sus propios medios.

El término aeronave no solo es aplicable a aviones, helicópteros y avionetas sino también es aplicable a globos aerostáticos. La principal diferencia visible de estos aparatos es el tren de aterrizaje, ya que existen hidroaviones capaces de aterrizar en el agua sin utilizar ruedas en el tren principal de aterrizaje, en lugar de ello tiene un par de flotadores.

Así, las aeronaves pueden ser medios de transporte de acuerdo a sus capacidades y diseño de construcción. Otro elemento para diferenciar una aeronave es la aerodinámica para sustentarse en el aire porque los cohetes al igual que los aviones poseen motores, pero no se sustentan. La mayoría de las aeronaves son utilizadas para el transporte de pasajeros o carga como alimentos, armamento en aviación militar, tecnologías para servicio por correo aéreo, etc.

### **2.3 Tren de aterrizaje**

La función principal de los trenes de aterrizaje es absorber el impacto en el momento del aterrizaje de una aeronave hasta un valor en el cual la integridad del avión no este comprometida. Las aeronaves cuentan con el tren de aterrizaje principal constituido por dos o más pares de ruedas, una a cada lado para soportar la mayor parte de las cargas y el tren auxiliar constituida por una o más ruedas en la parte delantera (proa) o posterior para formar un trípode. Estos contienen en sí mismos otros mecanismos que cumplen diferentes funciones en el tren, tales como, amortiguadores, frenos, martinets hidráulicos, etc.

### **2.4 Función de los trenes de aterrizaje**

El tren de aterrizaje cumple varias funciones: primero sirve de soporte a la aeronave, segundo, posibilita el movimiento del avión en la superficie (operaciones en tierra, despegue y aterrizaje), y amortigua el impacto en el aterrizaje. En las operaciones en tierra se requiere un tren de aterrizaje con funciones de direccionamiento y frenado, y para amortiguar el impacto en el aterrizaje debe soportar cargas de una cierta magnitud. También la aeronave debe ser capaz de permitir remolcarla a zonas de reparación o mantenimiento apartadas de la pista o plataforma del aeródromo.

El peso total del avión, la distribución de cargas sobre las ruedas en los trenes principales, la velocidad máxima de aterrizaje con carga y/o pasajeros, la cantidad de ruedas, y otros factores influyen sobre la amortiguación y choque en el aterrizaje. Por consiguiente, el sistema de amortiguación debe ser capaz de no pasar este impacto a la estructura.

## **2.5 Clasificación de los trenes de aterrizaje**

Los trenes se clasifican por el número y disposición de las ruedas, por sus características de articulación, por el sistema de suspensión que posean, y por la geometría del sistema de suspensión. A continuación, se detalla uno a uno los diferentes tipos de trenes de aterrizaje con sus características más sobresalientes.

### **2.5.1 Tipos por el número de ruedas**

Este tipo se clasifica por el número de ruedas y por la geometría de su posición estándar. Para saber el número de ruedas en una aeronave se toma en cuenta el peso del avión y la consistencia del pavimento de la pista que se va a utilizar. Ya tomado en cuenta la capacidad del avión y qué tipo de servicio va a prestar se enumeran a continuación los trenes de aterrizaje más comunes.

#### **2.5.1.1 Tren triciclo**

Es la configuración de tres patas, una en la parte delantera (proa) y dos principales en el eje longitudinal. Si en la configuración de tren triciclo la pata individual está en la parte posterior, se denomina tren triciclo con rueda de cola. También se llama tren convencional. El tren triciclo (con rueda/s en proa) presenta dos ventajas. La primera, mejora la visibilidad en las maniobras de despegue, aterrizaje y operaciones en tierra. Y el segundo, mejora la frenada en el aterrizaje. Por efecto de la aplicación de los frenos, el morro se va hacia adelante aumentando el peso que soporta la pata delantera. Estos dos tipos de trenes fueron los primeros utilizados cuando aparecieron los primeros aviones propulsados por motores en la primera década del siglo XX justo antes de la I Guerra Mundial.

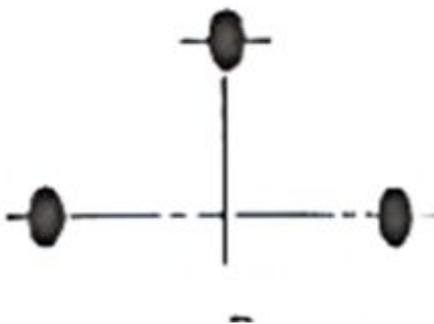


Figura 1 Tren triciclo con rueda en proa

Fuente: (Oñate, Esteban, pág. 616)



Figura 2 Tren triciclo con rueda de cola

Fuente: (Oñate, Esteban, pág. 616)



Figura 3 Tren triciclo con doble rueda en proa

Fuente: (Oñate, Esteban, pág. 616)

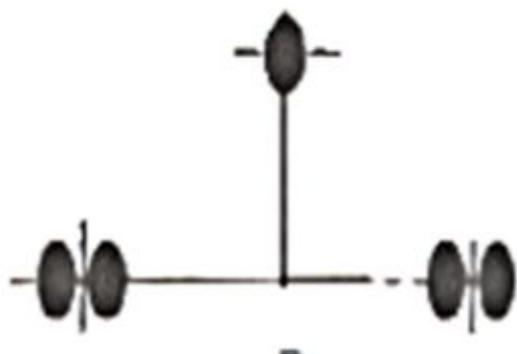


Figura 4 Tren triciclo con dos ruedas en cada pata principal.

Fuente: (Oñate, Esteban, pág. 616)



Figura 5 Tren triciclo con doble rueda en proa y en las patas

Fuente: (Oñate, Esteban, pág. 616)

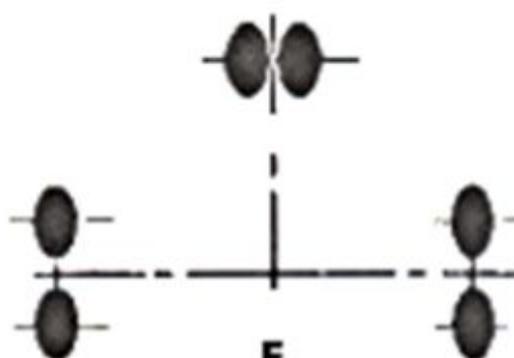


Figura 6 Tren triciclo con ruedas dobles principales en tándem

Fuente: (Oñate, Esteban, pág. 616)

### 2.5.1.2 Tren bicicleta

Es la configuración de dos patas, con una o más ruedas colocadas en tándem, con patas exteriores para mantener la estabilidad en tierra. Las ruedas exteriores tienen como finalidad aliviar las cargas sobre el tren en los giros cerrados.



Figura 7 Tren bicicleta

Fuente: (Oñate, Esteban, pág. 616)

### 2.5.1.3 Tren cuadríciclo

Es la configuración de cuatro patas, cada una en un cuadrante del avión, que se completa en la mayoría de casos con dos patas exteriores para estabilizar el avión.

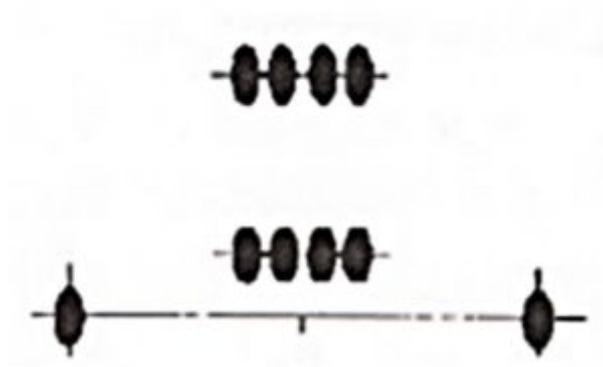


Figura 8 Tren cuadríciclo

Fuente: (Oñate, Esteban, pág. 617)

#### 2.5.1.4 Tren triciclo doble

Configuración de tren con doble rueda en proa y doble tándem en cada pata principal unidas por una viga de carretón. Para dar un total de 16 neumáticos en el tren principal. Los aviones con esta configuración de tren son utilizados en servicio de transporte de carga pesada.

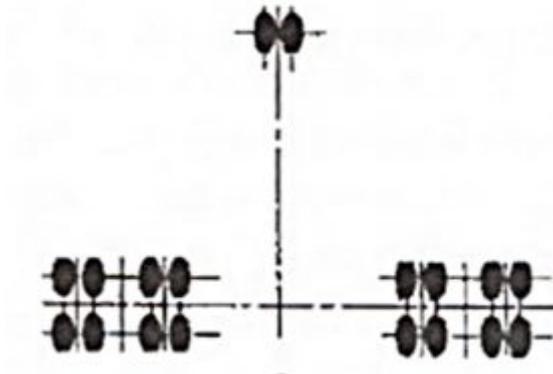


Figura 9 Tren triciclo doble

Fuente: (Oñate, Esteban, pág. 617)

#### 2.5.1.5 Tren multiciclo

Tiene doble rueda de proa, dobles ruedas principales en tándem, más una doble principal en el eje longitudinal. Este tipo de configuración se da para los aviones de gran capacidad y peso.

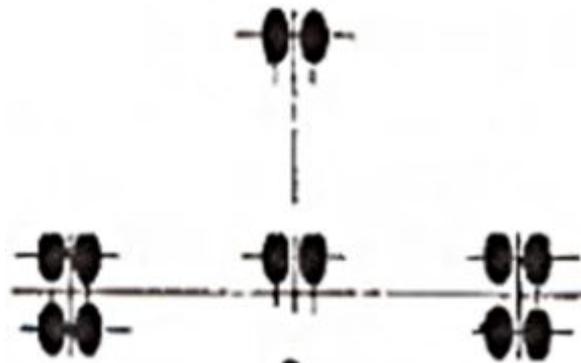


Figura 10 Tren multiciclo

Fuente: (Oñate, Esteban, pág. 617)

### 2.5.1.6 Tren triciclo en línea de tres

Es similar al tren de dobles ruedas en tándem, pero con tres ruedas dobles en línea. Es un tipo de configuración compleja, pero es sin duda la más ventajosa desde el punto de vista de peso total cuando se necesitan 12 ruedas en total, o 14 por razones de flotación en la pista. Es una solución desde el punto de vista estructural para aprovechar el soporte del tren principal para situar una pareja de ruedas extra en línea de tres. En la actualidad el modelo de avión que posee este tipo de configuración es el Boeing 777, para aviones comerciales debido a su gran tamaño y peso está es la mejor opción para amortiguar eficazmente un avión con tal envergadura.

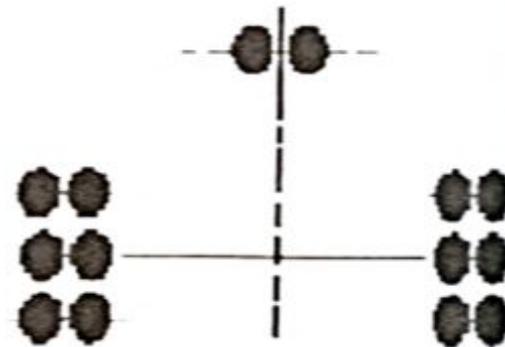


Figura 11 Tren triciclo en línea de tres

Fuente: (Oñate, Esteban, pág. 618)

### 2.5.2 Tipos por características de articulación

Se clasifican en dos tipos; retráctiles y fijos, por las características de articulación de los componentes que poseen en su estructura. Los aviones que tienen componentes retráctiles cuentan con la posibilidad de replegarse en sí mismos y alojarse en compartimientos dentro de la estructura del avión. Por consiguiente, los aviones pequeños cuentan con trenes de aterrizaje fijos por no tener características aerodinámicas específicas para alcanzar grandes velocidades. Se pierde performance y una cierta velocidad por la resistencia al avance que el tren ejerce, pero en contrapartida los costes de mantenimiento son más fáciles y baratos.



Figura 12 Tren Fijo



Figura 13 Tren Retráctil

Fuente: (Trenes de Aterizaje, s.f.)

### 2.5.3 Tipos por sistema de suspensión

Por la configuración en la suspensión existen 4 tipos; tren ballesta, tren de cordones elásticos, tren de amortiguador oleoneumático y amortiguador líquido.

#### 2.5.3.1 Tren ballesta

Es el más común en las avionetas, es un tubo flexible de acero, denominada ballesta, atornillado a un lado del fuselaje y en el otro extremo un eje en el cual se monta la rueda y el conjunto de frenos. Al aterrizar la ballesta absorbe el impacto extendiéndose, ampliando la vía entre una y otra rueda en contraste con la posición en el aire. Este tipo de suspensión produce un desgaste desigual en los neumáticos, pero es muy sencillo el cambio de neumáticos y el mantenimiento se realiza sin inconvenientes.

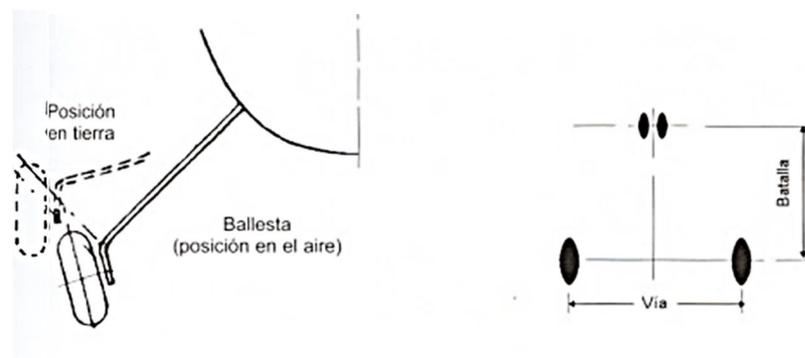


Figura 14 Tren de Ballesta y batalla y vía del tren de aterrizaje

Fuente: (Oñate, Esteban, pág. 619)

### 2.5.3.2 Tren de cordones elásticos

Se utiliza en aviones antiguos pequeños de fumigación agrícola. Las cargas que se transmiten al tren en el momento del aterrizaje se absorben por un cierto número de cordones elásticos en forma de lazada.

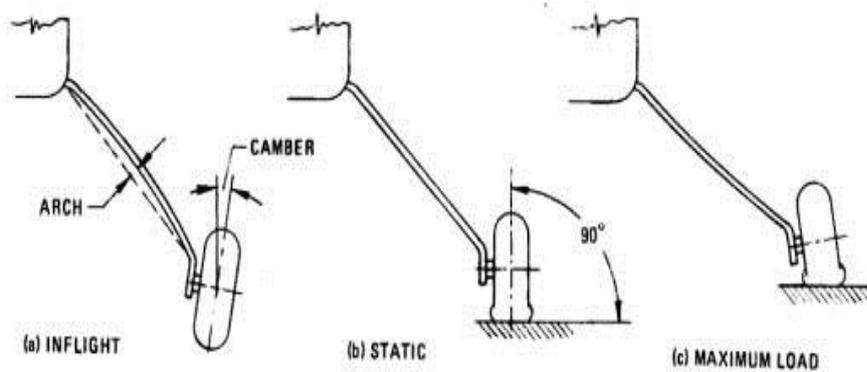


Figura 15. Tren de tipo resorte en las tres condiciones de trabajo.

Fuente: (Sistema de amortiguación, s.f.)

### 2.5.3.3 Tren de amortiguador oleoneumático

Sirven para frenar masas dinámicas (objetos en movimiento) de vaivén, lineales, circulares y otros. También como amortiguadores en caída libre, para las suspensiones de vehículos y vagones de trenes de pasajeros, para el tensado de cadenas, etc. Es un tipo de tren que emplea líquido y aire, de suspensión estándar muy utilizado en los aviones modernos. Interiormente existen dos cámaras de volumen variable, una de aire a presión y otra con líquido hidráulico. Dentro de este orificio, y sujeto al cilindro interior se desplaza una aguja reguladora que controla el paso del líquido hidráulico de una cámara a otra.

En tierra el amortiguador permanece extendido para absorber las cargas sobre el tren cuando se desplaza el avión, por lo tanto, el líquido permanece en la parte inferior de las cámaras. Al despegar el avión el amortiguador se extiende al disminuir el tamaño de la cámara del líquido, este es forzado a pasar por el orificio cuyo paso es controlado por la aguja reguladora, a la cámara de aire. De esta manera el amortiguador se extiende suavemente. Al aterrizar sucede todo lo contrario al despegue.

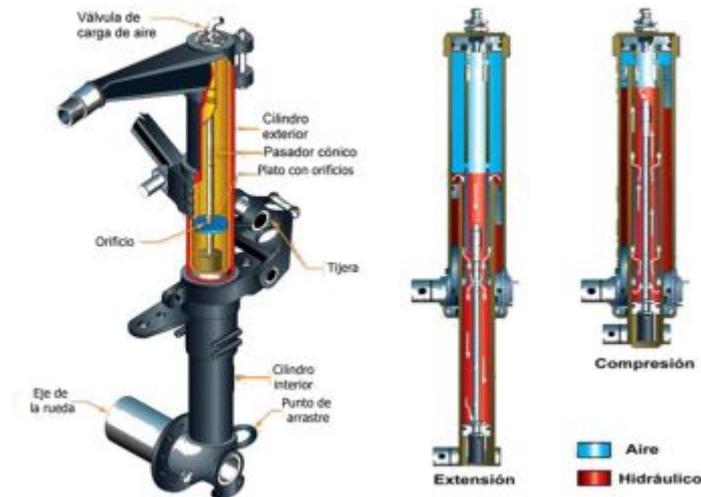


Figura 16 Vista Interna del Amortiguador Oleoneumático

Fuente: (Sistema de amortiguación, s.f.)

#### 2.5.3.4 Tren de amortiguador líquido

Este tipo de suspensión se basa en la compresibilidad de un líquido a altas presiones. Consta de dos cámaras y un pistón, superior e inferior con un orificio entre ambas. En el momento del aterrizaje las cargas se transmiten al pistón empujándolo hacia arriba empujando el líquido hacia la cámara superior. De esta manera aumenta la presión dentro del amortiguador. El orificio de control limita el rebote al permitir el paso de una determinada cantidad de líquido, actuando como válvula anti rebote.



Figura 17 Tren de amortiguador líquido

Fuente: (Sistema de amortiguación, s.f.)

## 2.5.4 Tipos por geometría de suspensión

Según su geometría de suspensión pueden ser: tren telescópico o articulado. En los siguientes se describirá las principales funciones de cada uno de ellos y, ventajas y desventajas que poseen.

### 2.5.4.1 Tren de suspensión telescópica

Es telescópica cuando el eje de la rueda está en la prolongación del resorte o pata principal del tren. Es la opción más económica, sin embargo, la carrera del amortiguador es larga porque tiene que absorber la carga vertical sobre la rueda. Este tipo de tren posee un volumen que dificulta su alojamiento en el avión, siempre y cuando se recoja el amortiguador antes de guardarlo.

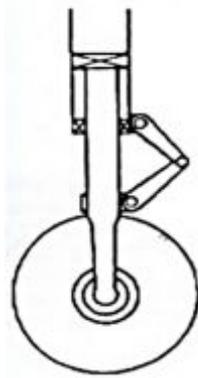


Figura 18 Tren con suspensión telescópica

Fuente: (Oñate, Esteban, pág. 621)

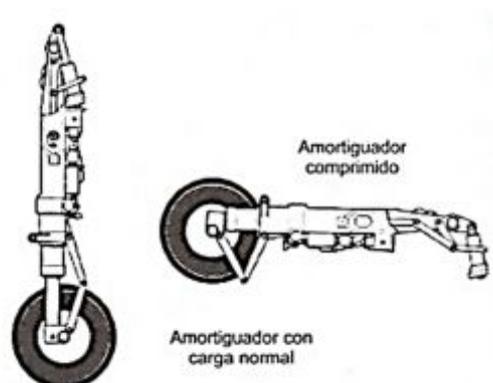


Figura 19 Ejemplo de tren con suspensión telescópica

Fuente: (Oñate, Esteban, pág. 622)

### 2.5.4.2 Tren de suspensión articulada

Para ser un tren de suspensión articulada o de “palanca”, debe cumplir dos requisitos:

- El eje de la rueda está detrás del soporte o pata estructural del tren.
- El brazo de la rueda se une al soporte principal mediante una articulación a través de la cual puede girar libremente.

La suspensión articulada disminuye la carrera vertical de la rueda. A su vez el tren de suspensión articulada puede ser de palanca simple o de palanca compuesta, de forma cuadrangular o rectangular dispuestas lateralmente en el avión.

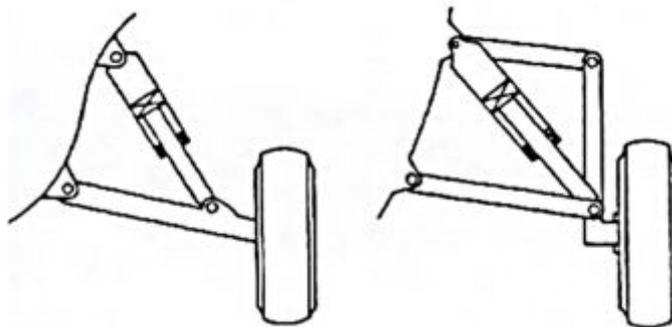


Figura 20 Trenes de palanca compuestos, triangular y cuadrangular

Fuente: (Oñate, Esteban, pág. 623)

Esta composición permite la absorción de la energía cinética vertical más eficazmente brindando una ventaja cuando se requiere un desplazamiento largo. Permite una larga carrera de la rueda, pero no del amortiguador. Su construcción es de pata corta y de cuerpo amortiguador grande. Esta suspensión da mayor seguridad en pistas poco preparadas o en condiciones no tan favorables para el aterrizaje o despegue, ya que la fricción sobre las ruedas en el suelo es menor. Una característica ventajosa de los trenes articulados es que se pueden desplazar hacia atrás mientras lo hacen verticalmente cuando la superficie del terreno es irregular. Ayuda a bordear la irregularidad en lugar de un movimiento vertical brusco. El proceso es gradual imponiendo menor aceleración en la pata y carga dinámica en la rueda.

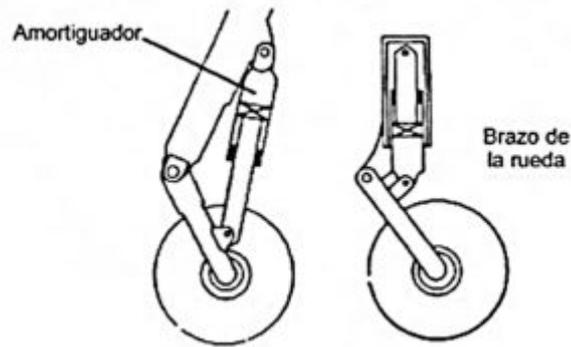


Figura 21 Esquema de trenes de palanca

Fuente: (Oñate, Esteban, pág. 622)

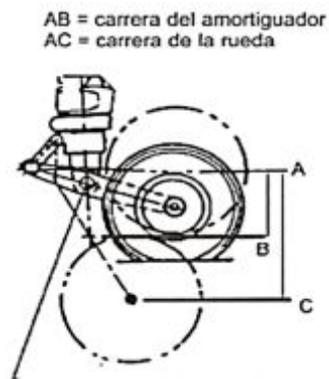


Figura 22 Articulación del amortiguador

Fuente: (Oñate, Esteban, pág. 623)

## 2.5.5 Tipos por sistema de extensión y retracción del tren

De acuerdo esta clasificación los trenes pueden ser de tres tipos: Sistema de accionamiento hidráulico, neumático y eléctrico.

### 2.5.5.1 Sistema de accionamiento hidráulico

La extensión y retracción en este tipo de trenes se efectúan con la ayuda de martinetes o actuadores hidráulicos.

### 2.5.5.2 Sistema de accionamiento neumático

Tiene el funcionamiento igual al sistema hidráulico, pero la fuente de potencia es aire a alta presión en lugar de un líquido. La operación es diferente, no es un sistema cerrado en el que el fluido retorna.

### 2.5.5.3 Sistema de accionamiento eléctrico

Es más común en aviones ligeros que no necesitan gran potencia para la extensión y retracción del tren, eliminando la necesidad de sistemas neumáticos o hidráulicos, y a su vez los costos de operación y mantenimiento. Los motores pueden tranquilamente realizar estos trabajos. El motor eléctrico gira en una u otra dirección, accionando el husillo que desplaza una barra de torsión, la cual actúa sobre el tirante de resistencia de la pata para su extensión y retracción.

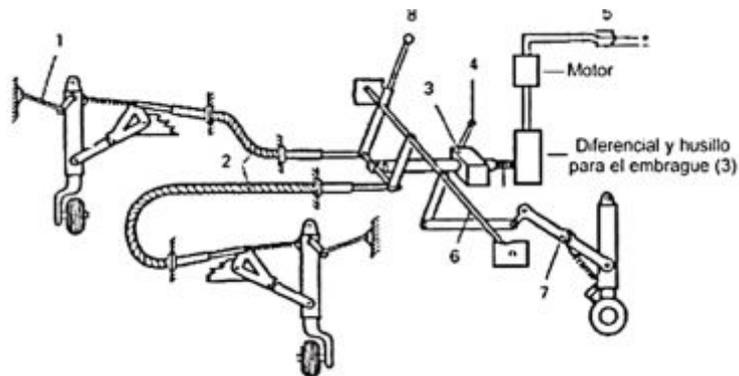


Figura 23 Esquema del sistema de eléctrico

Fuente: (Oñate, Esteban, pág. 625)

## 2.6 Elementos del tren de aterrizaje

Los elementos principales de los trenes de aterrizaje son cuatro: amortiguadores, articulaciones de torsión, ruedas y frenos. Estos son los elementos más importantes en el tren por ello se ha visto necesario revisar cada uno de ellos de una manera detallada.

### 2.6.1 Conformación y operación de los amortiguadores

El amortiguador oleoneumático forma la parte principal de este estudio por ello hablaremos específicamente de este tipo. El amortiguador soporta la carga del avión en tierra (carga estática) y absorbe gran parte de las cargas en el aterrizaje y rodadura (cargas dinámicas). Por esta razón el avión recibe una mínima parte de las aceleraciones en rodadura y aterrizaje. Consiste en dos unidades telescópicas que son el cilindro y el pistón.

El cilindro a su vez se divide en dos cámaras, superior e inferior, comunicadas por un orificio. La cámara inferior de este tipo de amortiguador utiliza aceite (líquido hidráulico) y la superior con nitrógeno, los cuales forman una emulsión utilizada como energía de absorción.

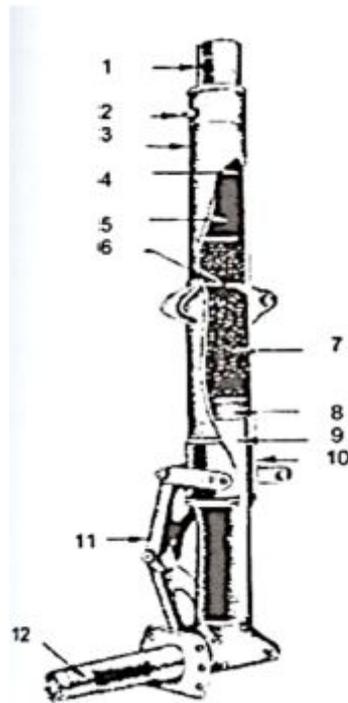


Figura 24 Partes del amortiguador

Fuente: (Oñate, Esteban, pág. 635)

1. Soporte de la pata
2. Válvula de llenado
3. Cilindro
4. Cámara de aire
5. Cámara superior del cilindro
6. Orificio de comunicación de cámaras.
7. Cámara inferior (Líquido hidráulico)
8. Cámara inferior 8. Cabeza del pistón
9. Pistón
10. Retenes de estanqueidad
11. Articulaciones de torsión
12. Ejes de la rueda

Funcionamiento del amortiguador oleoneumático es el siguiente; cuando existe una irregularidad en el pavimento o el avión entra en contacto con el suelo se transmite el movimiento vertical de la rueda al amortiguador. El cilindro se desplaza hacia arriba, el líquido desplazado de la cámara inferior por el pistón pasa a la cámara superior de nitrógeno por el orificio existente entre las cámaras. La carga se absorbe por el nitrógeno, pero la mayor parte se transforma en calor al pasar por el orificio entre las cámaras. El rebote del amortiguador se produce al retornar el líquido hidráulico a la cámara inferior.

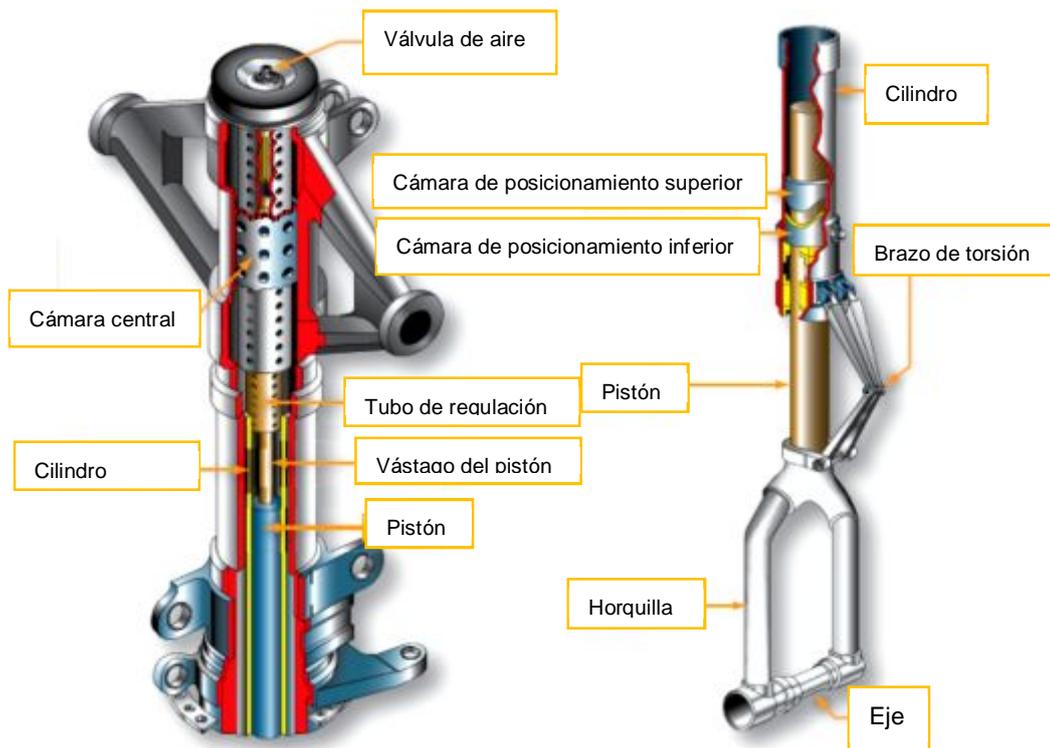


Figura 25 Vista de cilindro y cámaras del amortiguador

Fuente: (System, Airframe Handbook Volume 2, pág. 12)

### 2.6.2 Articulación de torsión (compas)

La función principal de la articulación de torsión es mantener la rueda derecha, en un plano normal de rotación respecto a la superficie. La articulación de torsión se denomina también “tijeras” o “compas”. Una de las jambas está unida al cilindro de la pata y la otra a la rueda. Son uno de los elementos principales de transmisión, limitando la extensión del pistón del amortiguador al despegar.

El ángulo de las articulaciones de torsión, con el amortiguador completamente extendido no debe superar  $135^\circ$ .

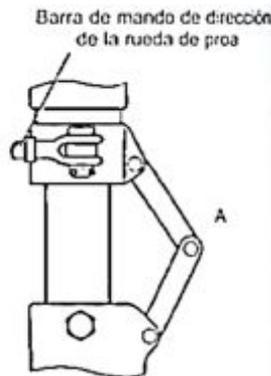


Figura 26 Articulaciones de torsión del tren

Fuente: (Oñate, Esteban, pág. 638)

## 2.7 Ruedas

La rueda es un componente importante en el tren, ya que con los neumáticos montados sobre ellos soportan todo el peso de la aeronave durante el taxi, aterrizaje y despegue. La rueda del avión típica es muy ligera, fuerte y está hecha de aleación de aluminio. Las primeras ruedas de aviones eran de una sola pieza, casi igual a las ruedas de automóviles. Pero no era posible estirar el neumático, por eso se desarrolló ruedas de dos piezas.

Las primeras eran esencialmente de una pieza con bordes desmontables para permitir el acceso de montaje para el neumático. Las mitades de las ruedas no son idénticas. La razón para ello es que la mitad interna debe tener un medio para receptor y accionar el rotor de los frenos del avión que están montadas en ambas ruedas principales. Ambas mitades tienen una cavidad de cojinete formada en el centro que encaja con la copa del cojinete de acero, rodamientos de rodillos cónicos y un retenedor de grasa.

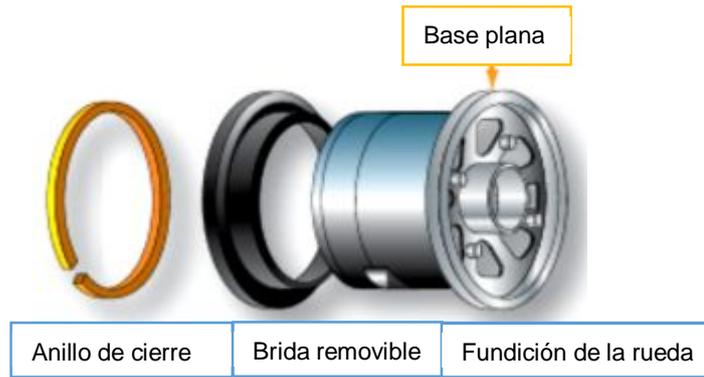


Figura 27 Rueda de base plana

Fuente: (System, Airframe Handbook Volume 2, pág. 34)

Las ruedas más utilizadas son con llanta partida. Dos mitades que se unen con pernos, con un par de aprietes muy precisos. Las ruedas que se montan en los aviones es recomendable que cumplan con 5 requisitos:

- Resistencias a las cargas estáticas y de remolque máximas del avión.
- Dimensiones adecuadas para montar el neumático preciso.
- Volumen interno suficiente para acomodar el sistema de frenos.
- Peso mínimo
- Facilitar el cambio de neumáticos.

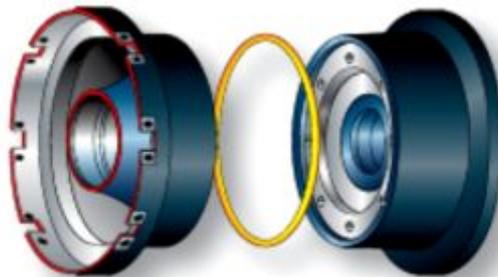


Figura 28 Rueda de dos piezas

Fuente: (System, Airframe Handbook Volume 2, pág. 35)

Se puede apreciar los componentes que se alojan en el eje. Entre las dos mitades se coloca una junta para evitar fugas de aire. Dicha junta se impregna con un producto especial, simplemente puede ser grasa, formando un conjunto hermético. El cubo de la rueda tiene alojamientos para los rodamientos de rodillos cónicos.

La rueda de dos partes tiene en su parte externa una válvula estándar de inflado y uno o más fusibles térmicos de rueda. El fusible térmico es una válvula con un tapón metálico. El tapón se funde cuando la temperatura de la rueda aumenta excesivamente. Al fundirse el tapón alivia la presión del gas del neumático, evitando un estallido repentino de la rueda y del montaje del neumático. Las ruedas modernas además tienen una válvula de sobre presión con un disco calibrado a un espesor preciso, que se rompe y libera la presión del aire en el neumático al alcanza un valor determinado.

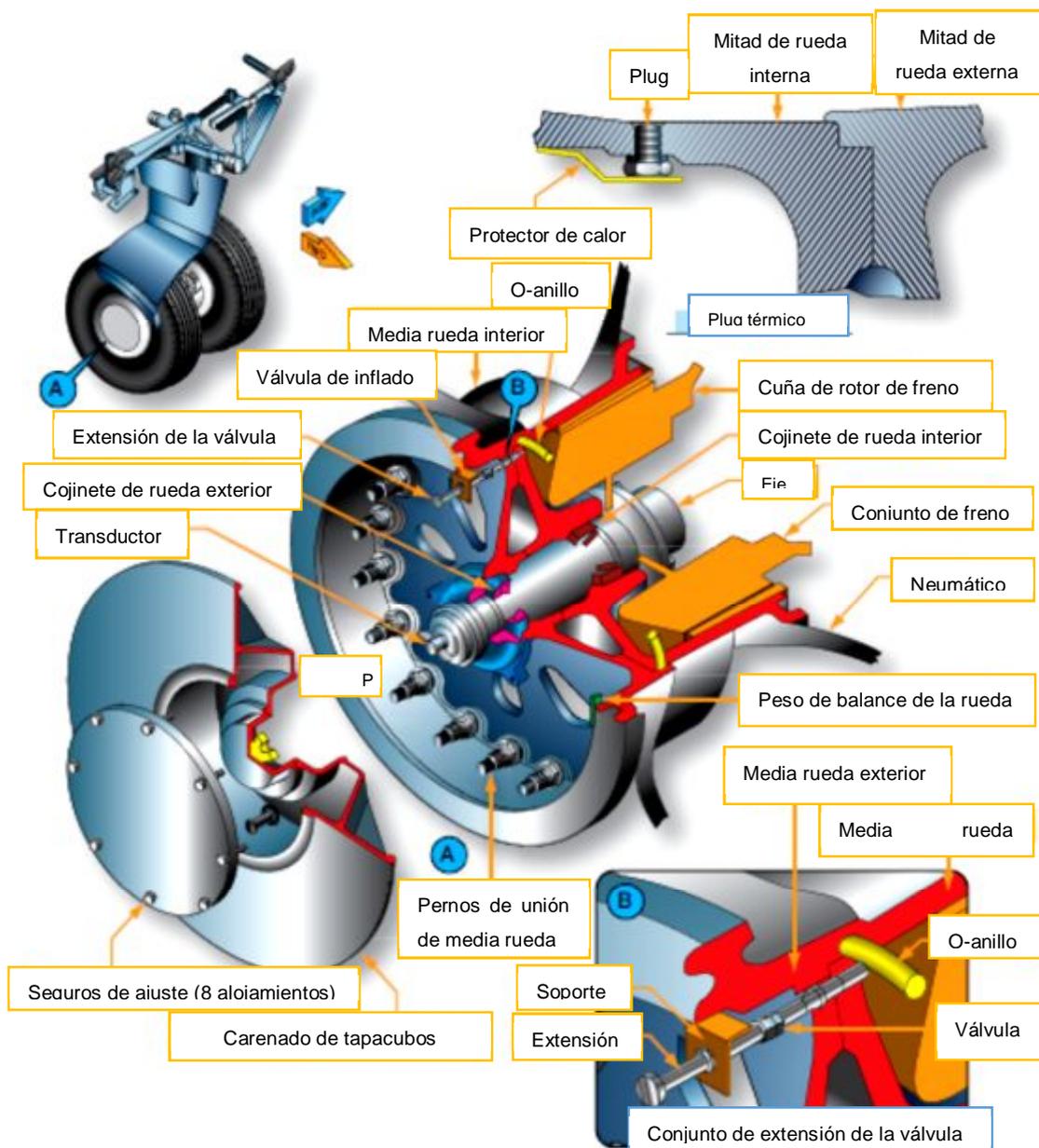


Figura 29 Características una rueda de dos piezas

Fuente: (System, Airframe Handbook Volume 2, pág. 35)

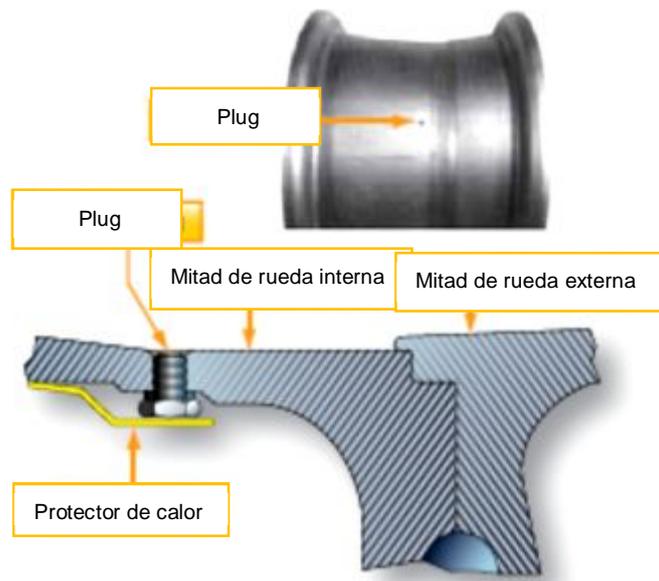


Figura 30 Fusible térmico de rueda

Fuente: (System, Airframe Handbook Volume 2, pág. 36)

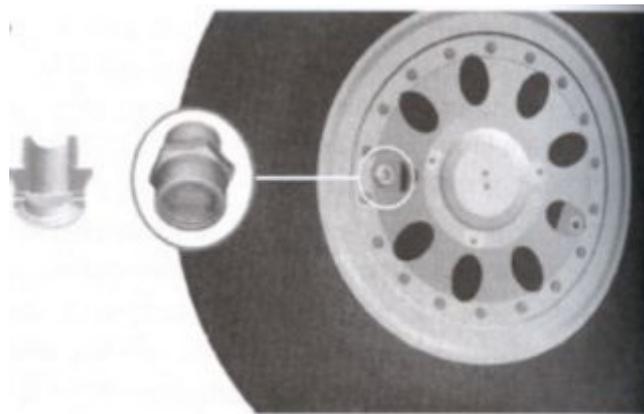


Figura 31 Detalle de la válvula de seguridad de presión de la rueda

Fuente: (Oñate, Esteban, pág. 640)

## 2.8 Neumáticos

Los neumáticos soportan una gran cantidad de tensiones estáticas y dinámicas y deben ser confiables en una amplia gama de operaciones. El neumático es una pieza en forma toroide de caucho que se coloca en las ruedas y su función principal es la adherencia y fricción con el pavimento brindando la posibilidad del arranque, frenado y direccionamiento.

## 2.8.1 Clasificación de los neumáticos

Por ello para aviación los neumáticos pueden ser convencionales y radiales. La estructura de cada uno es distinta, pero están constituidas por cuatro elementos fundamentales; talón, carcasa, flancos y banda de rodadura.

### 2.8.1.1 Neumático convencional o tubular

Son llamados neumáticos tipo tubo o sin cámara, porque no contienen un revestimiento interior ya que el tubo evita que el aire salga del neumático.



Figura 32 Neumático convencional o tubular

Fuente: (Neumático, convencionales y radiales, 2002)

### 2.8.1.2 Neumático radial

Poseen una estructura diagonal o radial, esto por la dirección de las capas usadas en la construcción del neumático, en sesgo o radial. Los neumáticos en aviación son en sesgo. Las capas se envuelven para formar el neumático y darle forma. El ángulo en las capas en relación con la dirección de giro debe estar a  $30^\circ$  y  $60^\circ$ . Por lo tanto, se llaman neumáticos diagonales.

El resultado de esto es mayor flexibilidad ya que la pared lateral puede flexionarse con las capas de tejido colocadas sobre el sesgo. En otros neumáticos radiales, las capas se colocan a  $90^\circ$  con respecto a la dirección de giro. Esto permite desempeñar altas cargas con una menor deformación del neumático.

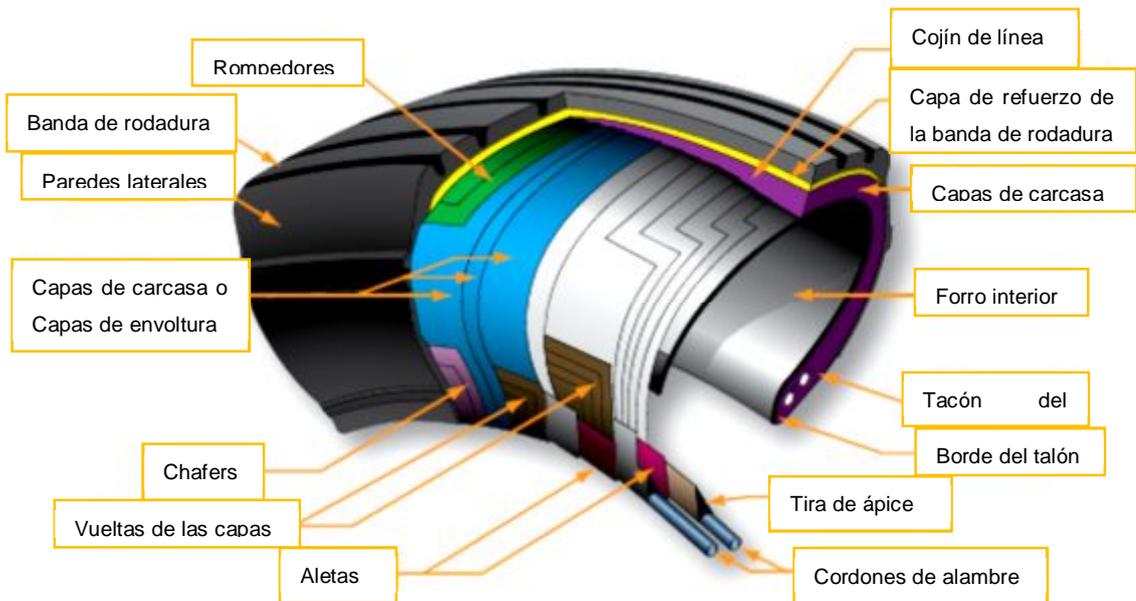


Figura 33 Nomenclatura de un neumático radial

Fuente: (System, Airframe Handbook Volume 2, pág. 79)



Figura 34 A 30 y 60 grados

Figura 35 A 90 grados

Fuente: (System, Airframe Handbook Volume 2, pág. 78)

## 2.8.2 Elementos de los neumáticos

### 2.8.2.1 Talón

Es la parte más resistente del neumático y está compuesto por uno o más alambres de carbono, con una alta resistencia, embebidos en pliegues de cauchos y capaz de nylon que permiten un aislamiento con el resto de la carcasa. El talón con el neumático inflado se fija en las pestañas de la llanta de la rueda.

También proporciona una superficie de montaje dimensionada y firme para el neumático en la llanta de la rueda. En cada lado puede encontrarse uno, dos o tres conjuntos de talón. Una tira de caucho adicional para dar un contorno y anclar las vueltas de las capas. Se colocan capas de tela y goma llamadas aletas para aislar la carcasa de los talones y mejorar la durabilidad del neumático.



Figura 36 Talón del Neumático

Fuente: (Neumático, Componentes, 2016)

### 2.8.2.2 Carcasa

Está constituido por lonas de carcasa o capas de envoltura, son capas sucesivas de nylon revestidas de caucho. Las lonas en los neumáticos convencionales se cortan en trozos y se orientan en bias, de modo que cada capa está orientada en distinto ángulo. Los extremos de cada capa se anclan envolviéndolos alrededor del talón a ambos lados del neumático para formar las vueltas de las capas.

Una vez que las capas están en su sitio, tanto los neumáticos radiales y diagonales poseen su tipo de capas protectoras encima de las otras capas. En neumáticos diagonales, estas se llaman “capas de refuerzo” de la banda de rodadura. En neumáticos radiales las capas adicionales estabilizan y refuerzan el área de corona del neumático, reducen la torsión en la banda de rodadura bajo carga y aumenta la estabilidad del neumático a altas velocidades.



Figura 37 Capas de envoltura

Fuente: (Neumático, Componentes, 2016)



Figura 38 Capas de refuerzo en neumáticos diagonales

Fuente (Neumático, Componentes, 2016)



Figura 39 Capas estabilizadoras en neumáticos radiales.

Fuente: (Neumático, Componentes, 2016)

### 2.8.2.3 Banda de rodadura

La banda está hecha de caucho en el área de la corona del neumático para entrar en contacto con el pavimento o suelo. La banda sufre el desgaste originado por el rozamiento con la pista. Por eso, se requiere de un compuesto de caucho formulado para resistir el desgaste, la abrasión, el corte y el agrietamiento. Y también se hacen para resistir el calor en el frenado.

Los neumáticos de aviación tienen ranuras circunferenciales que proporcionan refrigeración y ayuda a canalizar el agua desde abajo en condiciones de humedad para aumentar la adherencia a la superficie de contacto. La geometría del dibujo del neumático es diseñada en función para que cumpla estas características. Para neumáticos de un ancho mayor a 11,5 pulgadas (29,2 cm) se recomienda un mínimo de 5 ranuras y con un ancho inferior debe haber 3 ranuras.

Los neumáticos para superficies sin pavimentar pueden tener algún tipo de banda de rodadura transversal, como la de los automóviles. Algunos aviones antiguos sin frenos o con frenos para el taxi no pueden tener ninguna ranura en la banda de rodadura. O puede haber neumáticos para todo tipo de clima, con costillas circunferenciales en el centro del neumático con una banda de rodadura cruzada.



Figura 40 Clasificación de neumáticos utilizados en aviación

Fuente: (System, Airframe Handbook Volume 2, pág. 180)

- A. Banda de rodadura diseñada para su uso en superficies pavimentadas.
- B. Banda de rodadura de diamante para pistas no pavimentadas.
- C. Es una banda para todo tipo de pista con un patrón de rodadura de diamante en los bordes.
- D. Banda de rodadura suave utilizada en aviones antiguos.
- E. Es un neumático de máquina, para el tren de aterrizaje delantero en aviones jet donde es necesario desviar el agua de las entradas de aire del motor.

La banda de rodadura está diseñada para estabilizar el avión en la superficie de operación. Los neumáticos del avión están diseñados con capas protectoras debajo, como se describió anteriormente. Son capas de cuerda de nylon bajo la banda de rodadura que fortalecen la banda mientras protegen las capas de la carcasa. En los neumáticos modernos en aviación no se pueden utilizar ranuras transversales en la banda de rodadura por dos razones;

- Mayor presión de inflado (mayor presión de contacto) que deforma el dibujo de las ranuras.
- Mayores fuerzas de frenado que favorecen el corte o desgarre de las tramas.

#### **2.8.2.4 Flancos**

Los flancos son las paredes laterales del neumático, que se extienden desde la banda de rodadura hasta el talón. Es diseñada para proteger las capas de la carcasa, o contener compuestos diseñados para resistir el efecto negativo del ozono. Las deformaciones más evidentes en los neumáticos se producen en los flancos, el más evidente es el aplastamiento que produce calor. Las partes laterales del neumático están recubiertas por un revestimiento interno. Pero la parte interior si es impermeable al aire, con pequeños orificios de ventilación en los flancos para evitar que el aire que se

escapa quede atrapado en los pliegues de las capas, se marcan con un punto verde o blanco y se deben mantener sin obstrucciones.

Los neumáticos sin cámara están revestidos con caucho más grueso y exteriormente menos permeable. Los neumáticos con cámara o tipo tubo tienen un recubrimiento delgado adherido a la superficie interior para evitar que el tubo roce en las telas de la carcasa.



Figura 41 Ubicación para orificios de ventilación en neumáticos

Fuente: (System, Airframe Handbook Volume 2, pág. 180)

### 2.8.3 Frenos

Los frenos son los mecanismos fundamentales para disminuir y detener el avión, sobre todo en carrera de aterrizaje de baja velocidad. Las primeras aeronaves no tenían frenos en su lugar se basaban en velocidades lentas, superficies suaves y la fricción del patín de cola para reducir la velocidad de funcionamiento en tierra. Su utilización se hizo más frecuente después de la Segunda Guerra Mundial a medida que la complejidad y velocidad de las aeronaves aumentaba. Los frenos tienen como principal función ralentizar el avión y detenerlo en un tiempo razonable.

También otra característica es detener el avión en el arranque del motor. En la actualidad la mayoría de aeronaves, en cada una de sus ruedas principales poseen una unidad de frenos. La rueda de nariz o de cola no posee frenos. Los frenos son los encargados de soportar la carga vertical sobre la rueda. Por lo tanto, la fuerza retardatriz o de parada es mayor cuanto mayor es la carga vertical sobre la rueda.

En pista seca y a alta velocidad, aproximadamente el 45% de la fuerza retardatriz corresponde a la inversión de empuje y resistencia aerodinámica, el resto corresponde a los frenos. La situación es diferente en bajas velocidades donde los frenos aportan el 80% y el 95% de la parada. En pistas mojadas, sin embargo, el inversor de empuje y los frenos aerodinámicos tienen que aportar el 80% de la parada por la pérdida de eficacia de los frenos.

La operación básica de los frenos consiste en convertir la energía cinética del movimiento en energía térmica por la fricción. Se desarrolla gran cantidad de calor y las fuerzas sobre los componentes de frenos son exigentes.

#### **2.8.4 Clasificación de los frenos**

Los aviones modernos utilizan frenos de disco, ya sea mono disco o multidisco. El freno Monodisco se emplea en aviones ligeros donde no es necesario disipar gran cantidad de calor. El disco gira junto con la rueda giratoria mientras que una pinza estacionaria resiste la rotación causando fricción contra el disco al aplicar presión sobre los frenos. Todos estos actúan con presión hidráulica, salvo en los ligeros que se lo realiza de forma mecánica. El tamaño, el peso y la velocidad de aterrizaje influye en el diseño y la complejidad del sistema de frenos de disco. Por ello, los frenos segmentados del rotor se utilizan en aviones grandes. Los frenos de tubo de expansión se encuentran en aviones antiguos grandes. En relación a los materiales de construcción de los frenos, estos pueden ser de berilio, de acero y los más modernos de carbono.

##### **2.8.4.1 Frenos monodisco**

###### **2.8.4.1.1 Individual**

Los aviones ligeros logran un frenado efectivo con un solo disco de freno atornillado a cada rueda. A medida que la rueda gira lo hace igual el disco. Para frenar se aplica fricción a ambos lados del disco desde una pinza no giratoria atornillada a la brida del eje del tren de aterrizaje.

Los pistones en la carcasa de la pinza fuerzan bajo presión hidráulica las pastillas de frenos contra el disco. Los cilindros masters conectados a los pedales del timón suministran la presión cuando se presionan las mitades superiores de los pedales del timón.

#### **2.8.4.1.2 Disco de flotación**

El freno de disco de flotación posee tres cilindros perforados a través de la carcasa, cada cilindro lleva un pistón de accionamiento compuesto principalmente por un pistón, resorte de retorno y un pasador de ajuste automático. Cada conjunto de frenos tiene seis revestimientos de frenos o discos, tres de los cuales están situados en los extremos de los pistones que están en el lado externo de la pinza. Son diseñados para moverse dentro y fuera con los pistones y aplicar presión al lado externo del disco. Los otros tres discos están situados en frente de estos discos en el lado interior de la pinza, pero son estacionarios.



Figura 42 Freno de disco de flotación

Fuente: (System, Airframe Handbook Volume 2, pág. 143)

El disco de freno está enchavetado a la rueda. Es libre de moverse lateralmente en las ranuras. Esto se conoce como un disco flotante. Cuando se aplican los frenos, los pistones salen de los cilindros exteriores y sus discos entran en contacto con el disco. El disco se desliza ligeramente en las ranuras hasta que los discos estacionarios internos también entran en contacto con el disco. El resultado es una cantidad bastante uniforme de fricción aplicada a cada lado del disco y, por lo tanto, el movimiento giratorio se ralentiza.

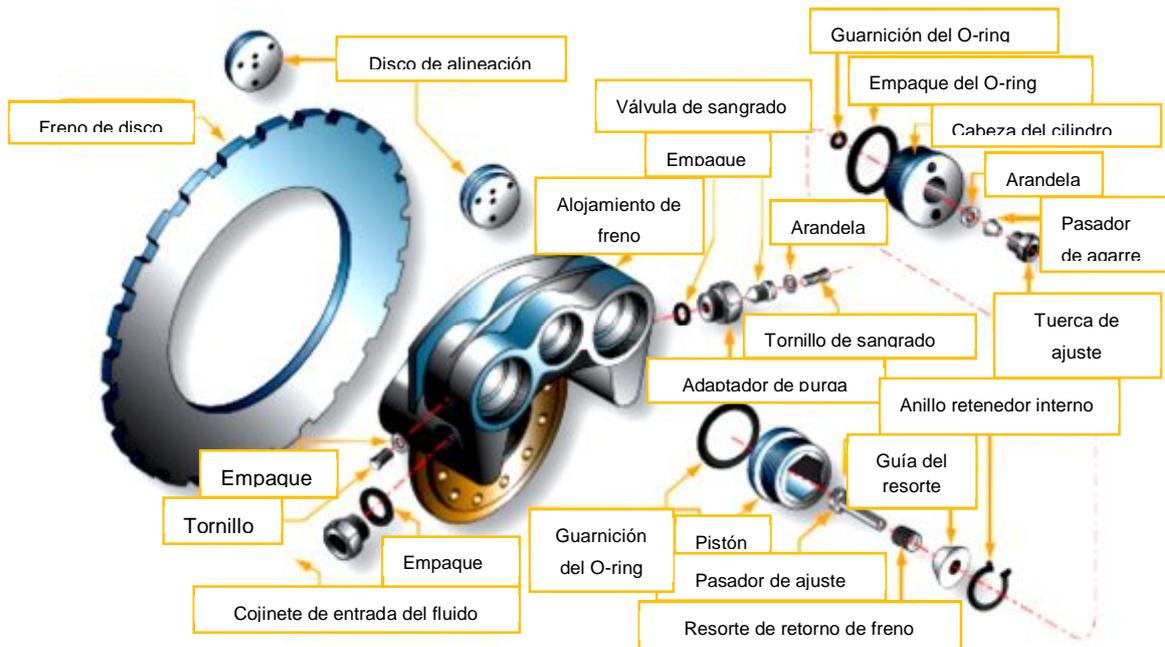


Figura 43 Despiece de un freno de disco de flotación

Fuente: (System, Airframe Handbook Volume 2, pág. 144)

### 2.8.4.1.3 Frenos de disco fijo

Se debe aplicar uniformemente presión a ambos lados del disco de freno para obtener la fricción requerida. Funciona igual que el disco de freno flotante. Puede atornillarse el disco a la rueda permitiendo que la pinza de freno y los revestimientos floten lateralmente cuando se aplica presión.

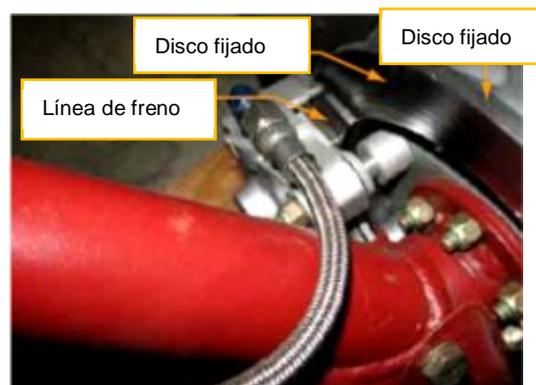


Figura 44 Freno Cleveland-Disco de freno fijo

Fuente: (System, Airframe Handbook Volume 2, pág. 45)

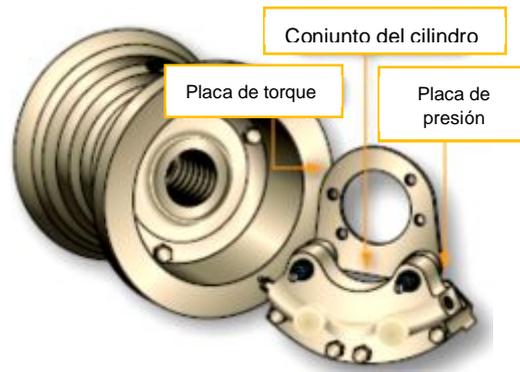


Figura 45 Freno Disco-Cleveland rueda y freno

Fuente: (System, Airframe Handbook Volume 2, pág. 45)

El diseño de disco fijo flotante permite que la pinza de freno y los revestimientos para ajustar la posición en se encuentren en relación con el disco. Cuando se aplica presión la pinza y forros se centran en el disco a través de la acción de deslizamiento de los pernos de anclaje en los casquillos de la placa de torsión. Esto proporciona una presión igual a ambos lados del disco para ralentizar su rotación.

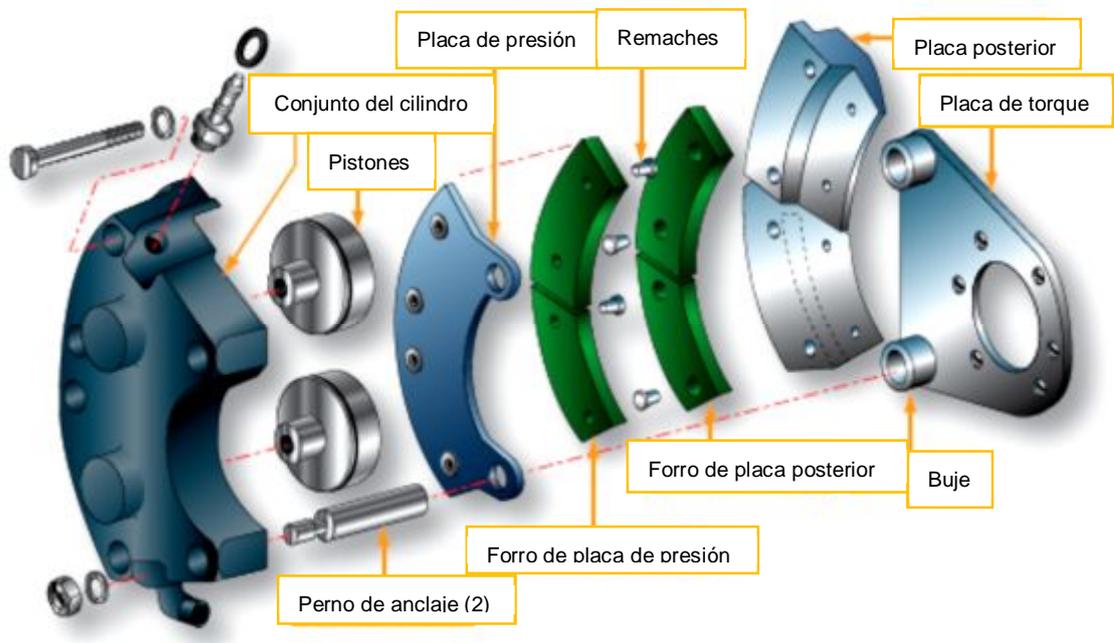


Figura 46 Vista en despiece de un freno Cleveland de doble pistón.

Fuente (System, Airframe Handbook Volume 2, pág. 46)

## 2.8.4.2 Freno multidisco

### 2.8.4.2.1 Freno multidisco doble

Los frenos de disco dobles se utilizan en aviones donde un solo disco en la rueda no consigue suministrar suficiente fricción de frenado. Se colocan dos discos en la rueda en lugar de uno solo. Un portador central se encuentra entre los dos discos, cada uno se pone en contacto a cada lado cuando se aplican los frenos. Los pernos de montaje de la pinza son largos y se montan a través del soporte central, así como la placa trasera se atornilla al conjunto de la carcasa.

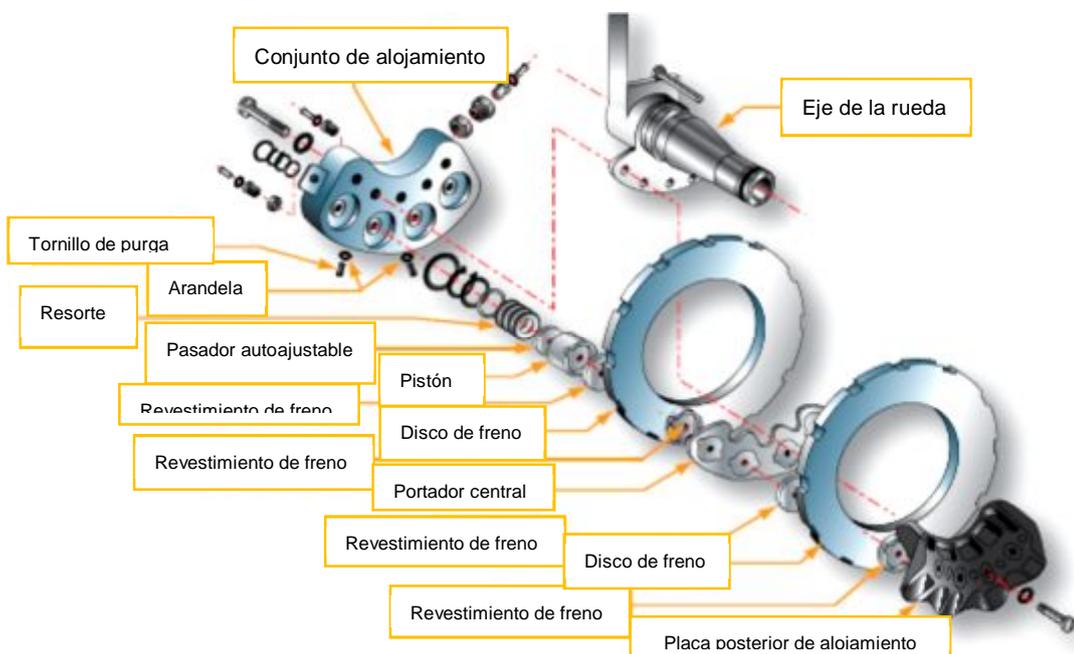


Figura 47 Despiece de un freno de disco doble.

Fuente: (System, Airframe Handbook Volume 2, pág. 46)

### 2.8.4.2.2 Freno con discos múltiples simple

Los aviones más grandes son los que requieren este tipo de frenos por ser de servicio pesado diseñados para ser usados con válvulas de control de frenos de potencia o cilindros master de refuerzo de potencia. El conjunto de frenos consta de un soporte de cojinetes extendido similar a una unidad tipo tubo de torsión que se atornilla a la brida del eje. Soporta varias piezas tales como, cilindro anular y un pistón, discos de acero alternados con discos de cobre o bronce, una placa posterior y un retenedor de la placa.

Los estatores están instalados en el soporte del cojinete y los rotores de cobre o de bronce están asegurados en la rueda giratoria. La presión tanto de rotores y estatores hace que se compriman, esto crea una enorme fricción y calor, y disminuye la velocidad angular de la rueda.



Figura 48 Sistema de frenos múltiples del tren de un avión MD80

Fuente: (Cielus Aviation, 2012)

#### **2.8.4.2.3 Freno de disco múltiple segmentado**

La gran cantidad de calor generada por los frenos de disco en aviones grandes es muy problemática. Por ello, para disipar mejor el calor se han diseñado frenos de disco de rotor segmentado. Son iguales a los anteriores pero mejorados. El frenado se realiza por medio de varios conjuntos de frenos estacionarios, de alta fricción, que a su vez hacen contacto con los segmentos giratorios.



Figura 49 Sistema de frenos del avión Boeing 777

Fuente: (Cielus Aviation, 2012)

El rotor está construido con ranuras o en secciones con espacios entre ellos, lo que ayuda a disipar el calor. El conjunto de frenos consta de un soporte, una junta de pistón y el pistón, una placa de presión, una placa de estator auxiliar, segmentos del rotor, placas del estator, ajustadores automáticos y una placa de soporte. Los estatores están fijados en el soporte del cojinete, y los rotores de cobre o bronce plateados están fijados en la rueda giratoria. La presión hidráulica aplicada al pistón hace que se comprima todo el conjunto de rotores y estatores. Esto crea una enorme fricción y calor y ralentiza la rotación de la rueda.

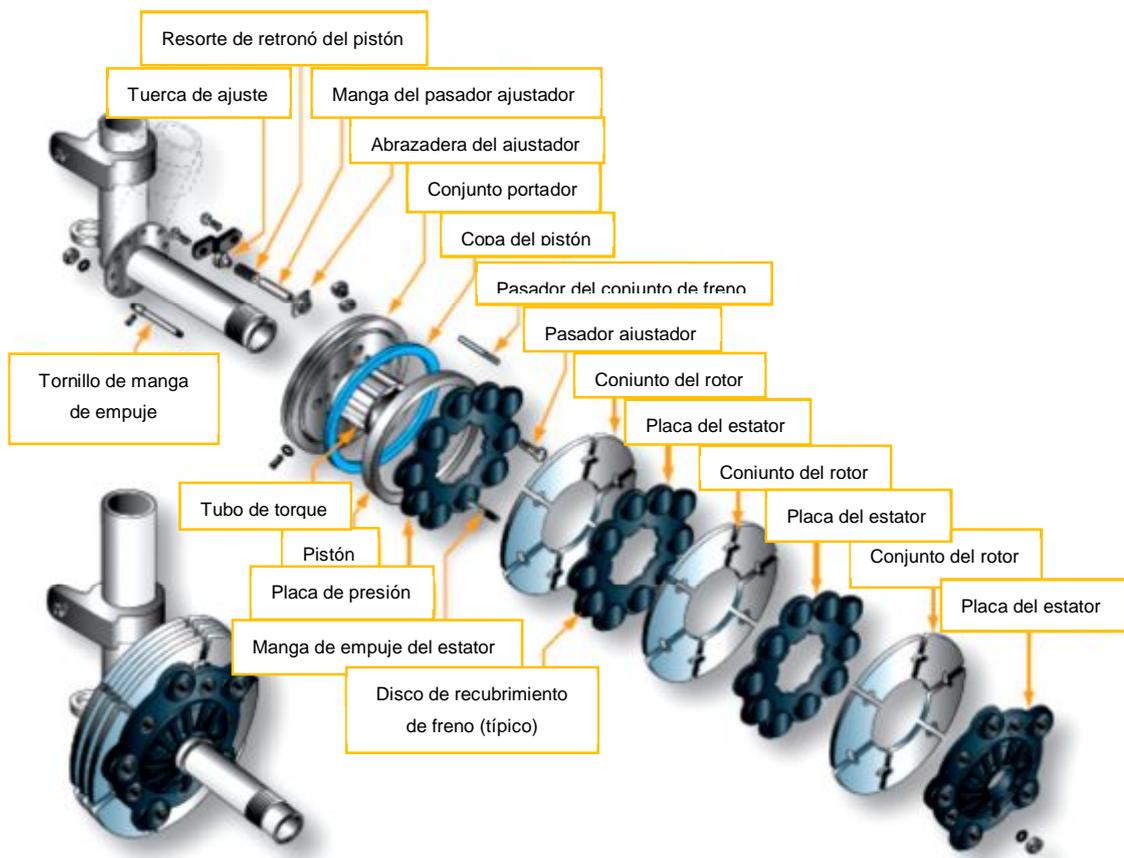


Figura 50 Vista detallada de un freno de disco múltiple segmentado

Fuente: (System, Airframe Handbook Volume 2, pág. 49)

### 2.8.5 Clasificación de los frenos por los materiales de construcción

Lo más común es clasificar los frenos por el material de fabricación. Por esto existen tres tipos: de acero, berilio y carbono. Los de acero fueron el estándar hasta la aparición de los frenos de carbono.

A continuación, se muestra una tabla comparativa de la capacidad de absorción de energía calorífica (calor específico).

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
Conductibilidad térmica	Alta	1	3,1	4,2
Dilatación térmica	Baja	1	0,76	0,17
Resistencia al choque térmico	Alto	1	0,49	,02
Temperatura	Alta	1	0,80	1,90

Tabla 1 Fuente: (Oñate, Esteban, pág. 677)

### 2.8.6 Requisitos de los frenos

Existe una normativa que sigue tres objetivos fundamentales para todos los sistemas de frenos.

- a) Fiabilidad de los sistemas de frenos, "Fail Safe"
- b) El freno de estacionamiento, "Parking Brake"
- c) Reglas sobre capacidad de frenada energética de parada

Se exige el freno de estacionamiento para evitar la rodadura del avión cuando se aplica empuje de despegue en un motor crítico. Y en relación con la capacidad energética, el punto (a), se exige ensayos de Certificación del avión.

### 2.8.7 Esquema del sistema de frenos

Para el estudio de funcionamiento del sistema de frenos, se tomará en cuenta el sistema de frenos con válvula de medidora de presión hidráulica

por ser de mayor aplicación. El esquema muestra la válvula medidora y de antideslizamiento para una rueda por motivos de simplicidad en el estudio.

La presión hidráulica es directamente proporcional a la fuerza que se aplica en el pedal, y se controla por la válvula medidora. La válvula antideslizamiento tiene como función modular la presión en las líneas que conducen a los frenos ajustada por la válvula medidora, con el propósito de eliminar el deslizamiento.

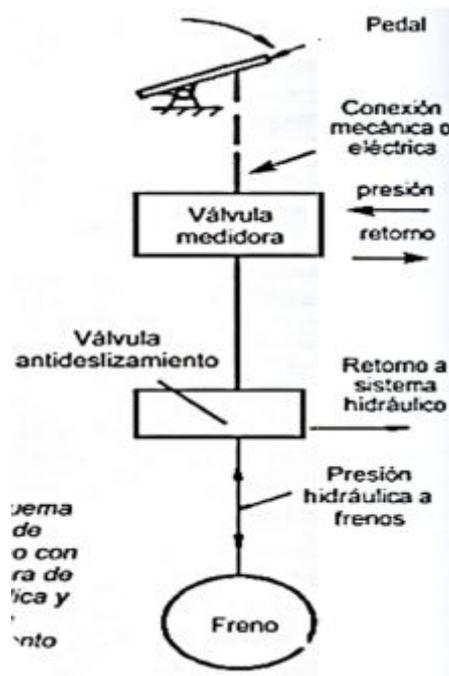


Figura 51 Esquema Simplificado del Sistema de Freno

Fuente: (Oñate, Esteban, pág. 678)

### 2.8.7.1 Válvula medidora de presión hidráulica

La principal función de esta válvula es medir la presión hidráulica que es enviada al sistema de frenos en respuesta a la señal que se hace sobre los pedales. Es llamada también "válvula de control de frenos". Se debe a que en los sistemas hidráulicos la presión de servicio es de 300000 psi. Al estar conectada directamente a los frenos de forma mecánica o por conductores que transforman la señal aplicada en los pedales, también debe estar conectada al sistema de retorno y a las líneas del sistema de freno. Es un modelo del funcionamiento de los frenos conectados directamente. La figura

superior muestra equilibrio, y se advierte que los conos de asiento del pasador interno de la válvula se encuentran alzados, así el cono inferior no ajusta, de esta manera las líneas de conexión y de retorno están comunicadas.

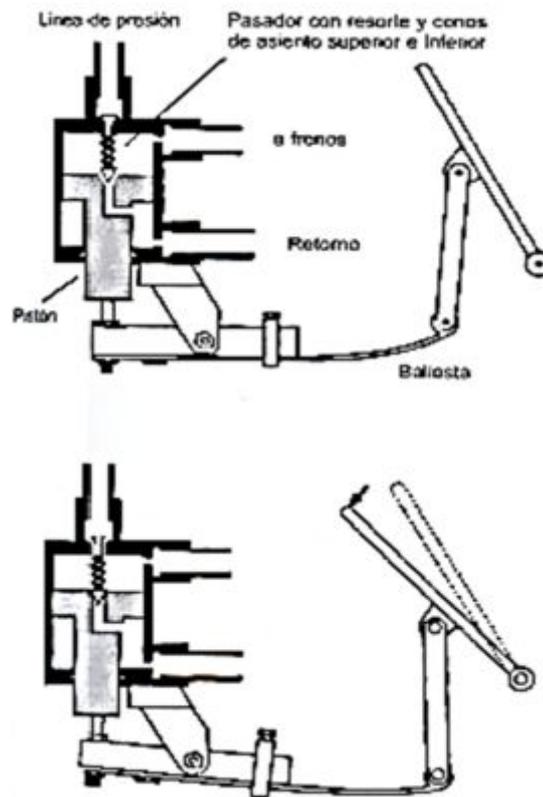


Figura 52 Esquema de frenos a presión hidráulica

Fuente: (Oñate, Esteban, pág. 679)

### 2.8.7.2 Sistema antideslizamiento

El sistema de antideslizamiento es exclusivo para aviones grandes. Especialmente porque es muy difícil saber cuándo una rueda deja de girar y empieza a patinar. Esto puede conducir a un estallido de la llanta, posible daño del avión o pérdida de control de mismo. El sistema antideslizamiento fue diseñado con el fin de:

- Prevenir un deslizamiento de las ruedas en la pista por pérdida de rozamiento entre los neumáticos y el pavimento.
- Alargar la vida de los neumáticos

Este sistema se clasifica en: “On-Off”, quiere decir puesto o no puesto, asegurado o no asegurado. Actualmente se encuentran disponibles sistemas proporcionales que modulan la presión hidráulica de los frenos en función de las señales de entrada recibidas.

### **2.8.7.3 Componentes del sistema antideslizamiento**

El sistema básico consiste de un transductor de velocidad de la rueda, circuito o unidad de control antideslizamiento y la válvula medidora de presión. Todos estos en diferentes áreas del avión para facilidades de empleo y precisión al momento del aterrizaje.

#### **2.8.7.3.1 Transductor de velocidad**

La función es suministrar al sistema una señal eléctrica proporcional a la velocidad angular de la rueda. Se ubica en la propia rueda. Hay dos tipos de transductores, el uno es de corriente continua y el otro de corriente alterna.

#### **2.8.7.3.2 Unidad de control**

Tiene tres funciones:

- Convertir la señal de corriente alterna en continua,
- Computación de la señal,
- Generar la señal de salida para la válvula antideslizamiento.

#### **2.8.7.3.3 Válvula antideslizamiento**

Es la que controla el deslizamiento de la rueda si se aplica una presión de frenada excesiva. La normativa requiere una válvula “fail safe”. Para aplicación práctica el sistema no está operativo (sin corriente eléctrica) su posición es la de abierta. Se distingue dos etapas;

1. Etapa que convierte la señal eléctrica recibida de la UCA en señal hidráulica
2. Etapa que emplea la señal eléctrica hidráulica para pilotar la válvula en el circuito de alta presión de frenos.

Las válvulas antideslizamiento son válvulas hidráulicas de acción rápida y controladas eléctricas que responden a la entrada de la unidad de control anti desliz. Hay una válvula de control para cada conjunto de frenos. A medida que se ajusta la presión de los frenos, desaceleración disminuye hasta alcanzar el rango que proporciona el frenado requerido sin derrapar.

La señal del sensor de rueda se ajusta a la velocidad de la rueda y la unidad de control procesa el cambio. Las válvulas de control antideslizamiento están ubicadas típicamente en las ruedas principales para un acceso cercano a los conectores de presión hidráulica y de retorno, así como a los conjuntos de freno.

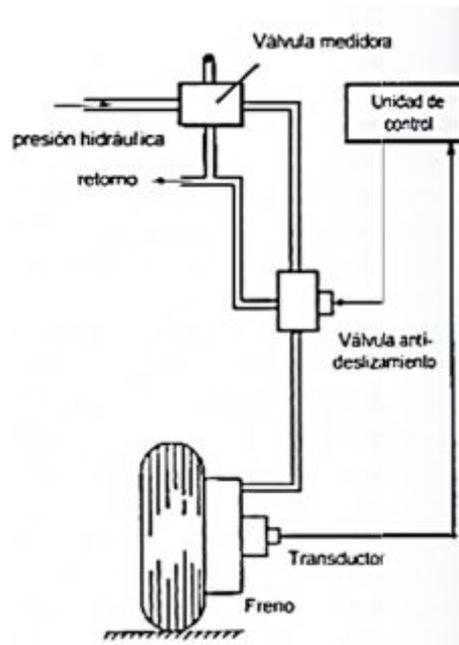


Figura 53 Componentes básicos del sistema antideslizamiento

Fuente: Conocimiento del avión, Esteban Oñate, pág. 682

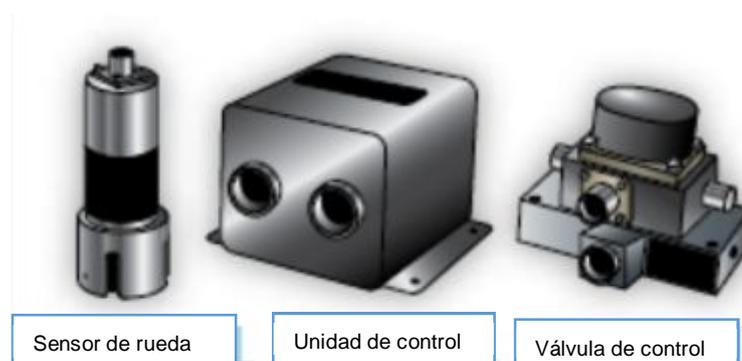


Figura 54 Tres componentes del sistema anti-skid

Fuente: (System, Airframe Handbook Volume 2, pág. 63)

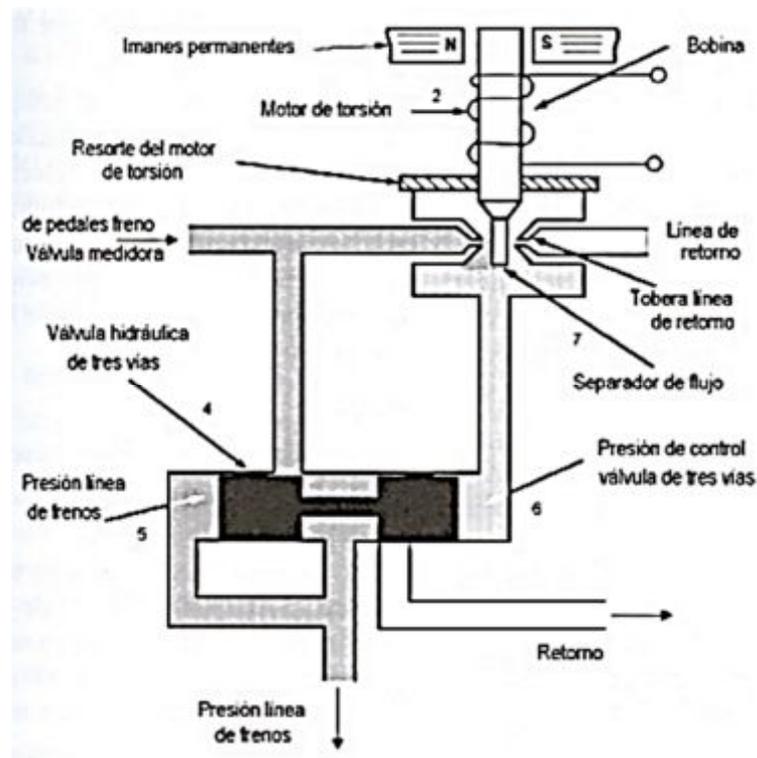


Figura 55 Funcionamiento de las dos etapas de la válvula anti-skid

Fuente: (Oñate, Esteban, pág. 683)

#### 2.8.7.3.4 Operación del sistema antideslizamiento

El sistema no solo detecta el deslizamiento de las ruedas, sino también cuando este es inminente. Alivia la presión en los pistones de los frenos de la rueda conectando directamente a la línea de retorno el líquido hidráulico. Esto permite que la rueda se ralentice con una presión baja evitando que patine.

La eficiencia máxima se consigue cuando las ruedas desaceleran a una velocidad máxima pero no se deslizan. En cambio, si se desacelera demasiado rápido las ruedas los frenos pueden bloquearse, cuando se detecta este inconveniente la presión se disminuye al freno de esa o esas ruedas. Para operar el sistema antideslizante, los interruptores de la cubierta

de vuelo deben colocarse en la posición ON (encendido), antes del aterrizaje para que se active el frenado automático.



Figura 56 Interruptores del anti-skid en la cabina

Fuente: (System, Airframe Handbook Volume 2, pág. 63)

Después que la aeronave toca la pista, el piloto aplica y mantiene la presión completa a los pedales del freno del timón. El sistema antideslizante entonces funciona automáticamente hasta que la velocidad del avión ha caído a aproximadamente 20 rpm. El sistema vuelve al modo de frenado manual para maniobras lentas del taxi y en tierra.

## 2.9 Características del avión Fairchild FH-227

El avión Fairchild FH-227 que es objeto de estudio posee similares características al Fokker de la compañía holandesa. Las construye después de obtener la licencia en 1956. La fábrica se instala en Hagerstown, Maryland, en el estado de Virginia en Estados Unidos.

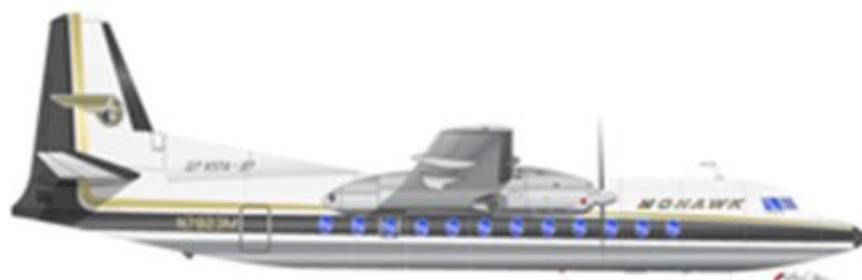


Figura 57 Vista lateral del avión Fairchild

Fuente: (Fairchild Hiller FH-227, 2015)

## 2.10 Especificaciones técnicas del avión Fairchild FH-27

- Constructor: Fairchild Hiller Company
- Tripulantes: 2
- Techo máximo de servicio: 8535 metros
- Capacidad de carga: 6.180 Kg
- Capacidad de pasajeros: 48 a 52
- Longitud: 23,56 metros (77,33 fts)
- Envergadura: 29 metros (95,1 fts)
- Altura: 8.4 metros (27,6 fts)
- Motores: 2 Motores Turbohélice Rolls-Royce Dart 5-327L
- Potencia: 1.642 Kw (2.268 Hp; 2.300 CV) cada motor
- Hélices: 4 Palas
- Régimen Máximo de las Hélices: 16500 rpm
- Velocidad máxima de las hélices: 480 Km/h
- Diámetro de la Hélice: 3,81 metros (12,5 fts)
- Velocidad de Crucero: 407 Km/h
- Alcance: 2661 Kilómetros
- Tipo de Ala: Ala Alta
- Tren de Aterrizaje: Tipo Triciclo con Rueda en Proa
- Tipo de Avión: Comercial y de Transporte
- Flaps: 7 Posiciones
- Combustible: 5150 Litros (1364 galones)
- Consumo de combustible: 202 gal/h

## 2.11 Pesos del avión Fairchild FH-27

- Máximo Despegue: 20640 Kg (45500 Lb)
- Máximo Aterrizaje: 20410 Kg (45000 Lb)
- Vacío: 18600 Kg (41000 Lb)
- Útil: 6180 Kg (13620,7 Lb)

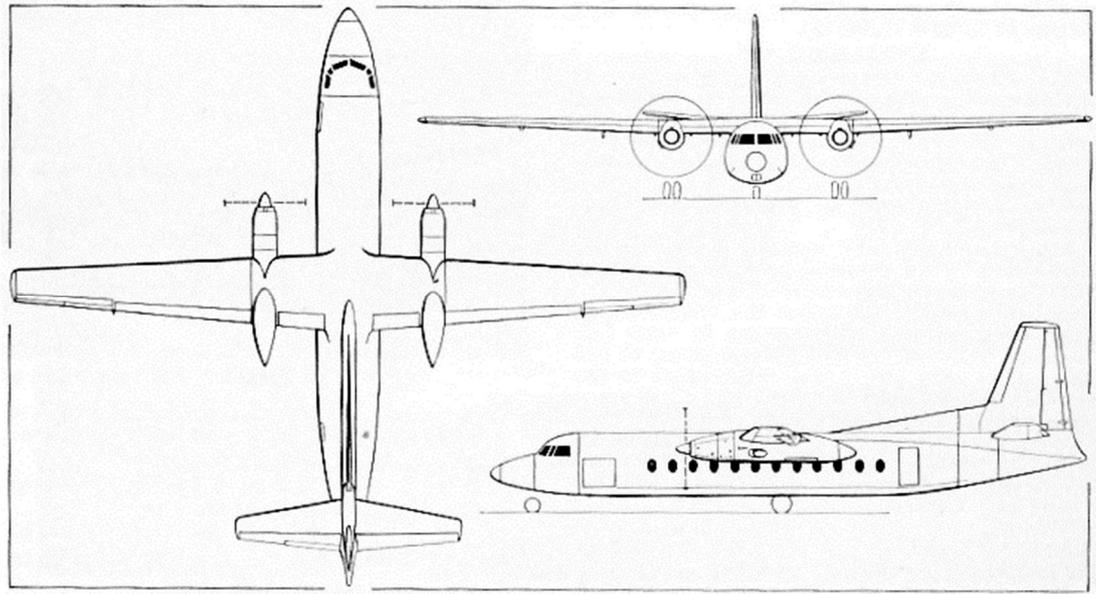


Figura 58 Vistas frontal, superior y lateral del avión Fairchild FH-27

Fuente: (Fairchild FH-227, Draws and Dimentions, 2017)

## 2.12 Tren de aterrizaje principal del avión Fairchild FH-27

Los trenes de aterrizaje principales del Avión Fairchild FH-27 son sujetos a miembros estructurales en cada una de las alas por medio de nacelas y se retraen después del despegue del avión. Las compuertas donde se alojan los trenes son operadas con uniones mecánicas. Estructuralmente consta de conjunto amortiguador, soporte de arrastre, soporte de aseguramiento, conjunto de aseguramiento superior, dos ruedas y neumáticos.

### 2.12.1 Componentes del tren de aterrizaje del avión Fairchild FH-27

#### 2.12.1.1 Ruedas del tren principal

Cada tren tiene un par de ruedas de talón con dos ranuras en toda su circunferencia. La rueda es asegurada en el centro con un "O" ring. Un vástago se sujeta en la mitad del borde de la rueda y las del rotor so sujetadas más a la mitad del borde exterior de la rueda. Los cojinetes instalados en el cubo de la rueda son asegurados y engrasados. Luego el collarín y la tuerca de retención asegura la rueda con el eje.



Figura 59 Ruedas del tren principal

### 2.12.1.2 Sistema de frenos

El sistema tiene como principal función aminorar la velocidad del avión durante la rodadura en la pista y también para detenerlo completamente. El sistema consiste de un freno de disco individual acoplado en cada rueda. El sistema de frenos cuenta con dos características:

1. Solo dispone de frenos en las ruedas principales y,
2. El conjunto de frenos cuenta con un sistema de frenado independiente.



Figura 60 Frenos del avión Fairchild FH-227

El sistema es alimentado por un fluido contenido en un recipiente común: desde este depósito unos conductos llevan el fluido a los bombines situados en la parte superior de los pedales. Al presionar un pedal, el fluido contenido en el bombín es bombeado a la rueda correspondiente; otro bombín recibe esta señal y envía presión para empujar las pastillas y oprimir el disco para frenar la rueda.

El sistema de frenos independiente ayuda en las operaciones en tierra, pues al aplicar el freno sobre una rueda se puede forzar el giro de la rueda directriz. Para mantener frenado el avión se cuenta con un freno de aparcamiento (Parking Brake) para ambas ruedas principales.

#### **2.12.1.3 Mecanismo de operación de frenos**

El mecanismo cuenta con dos tubos de torsión montados en la parte posterior de la estación 55 del mamparo y son conectados por una varilla de acoplamiento de contrafase hasta los pedales del timón de dirección. Los pedales del piloto y copiloto son conectados a un tubo, el cual a su vez es conectado a una palanca que hace actuar una válvula de freno. Un perno de ajuste de tope está localizado al final de cada tubo. (ver Anexo A)

#### **2.12.1.4 Válvula de freno**

En el tren principal hay dos válvulas de freno, una para cada pata del tren, las cuales están montadas sobre la sujeción de los frenos al lado posterior de la estación 55 del mamparo. La válvula tiene un resorte en posición cerrada y debe estar sostenido para el correcto funcionamiento del mecanismo de freno o para el freno de parqueo (Parking Brake). La válvula tiene un rango en cantidad y presión que se admite hacia los frenos, y es proporcional a la ejercida en los pedales. Cuando la válvula regresa a la posición inicial o neutral, el aire atrapado en las líneas neumáticas puede ser liberado hacia afuera a través de las líneas de escape. Un filtro pequeño es instalado en la entrada de las líneas, justo en el orificio de admisión para prevenir la entrada de materiales extraños. (ver Anexo A)

#### **2.12.1.5 Válvula de escape rápida**

Se encuentra instalada detrás de las líneas de freno tanto en la rueda derecha e izquierda. Permite la liberación rápida de aire cuando la válvula de control regresa a su posición normal o neutral. Estas válvulas están localizadas en las ruedas principales del tren en la nacela, estación 159, junto a las unidades de la placa giratoria del miembro superior. (ver Anexo A)

### **2.12.1.6 Unidad mecánica antideslizamiento**

Una unidad antideslizamiento es instalada en el lado interior de cada conjunto de frenos y conectado dentro de las líneas de freno. Su propósito es aliviar automáticamente la presión neumática en los conjuntos de freno, siempre que las ruedas estén en prueba de deslizamiento. La unidad consta de una válvula antideslizamiento para su control, la cual consiste de una rueda de transmisión y un volante. La rueda de transmisión es accionada por la rueda principal del tren. El movimiento relativo entre el engranaje impulsor y el volante acciona la válvula, siempre y cuando la velocidad rotacional del volante sea mayor que la velocidad del engranaje impulsor. EL orificio de entrada se cierra y el orificio de salida se abre para el escape de aire, liberando la presión del conjunto de frenos. (ver Anexo A)

### **2.12.1.7 Conjunto de frenos**

Es un conjunto de frenos de tipo multidisco está montado sobre un eje saliente dentro de cada rueda del tren principal. El conjunto tiene dos líneas separadas de aire de admisión y cámaras, las cuales están en la posición posterior al conjunto del pistón. Una entrada de aire y una cámara están conectadas al sistema regulador de frenos y la otra se conecta al sistema de frenos de emergencia. Las cámaras de aire y el pistón están completamente en círculo en el conjunto. En el interior y exterior del disco de presión, contiene tres discos enchapados rotativos en las ruedas del tren y dos discos enchapados estacionarios en el conjunto de frenos. Desde la superficie de los frenos, se aplica a uno y otro lado presión regular o presión de emergencia neumática. Esta presión exterior fuerza los discos rotativos entre las dos placas de presión y el disco estacionario. (ver Anexo A)

### **2.12.1.8 Botella de freno**

Una botella de 180 pulgadas cúbicas de aire a presión está montada en el compartimiento neumático exterior del panel neumático, provista y almacenada con presión de aire para el sistema de frenos. EL aire es almacenado a 3300 psi para el sistema de presión. Para evitar la humedad se incorpora una válvula de drenaje al conjunto de la botella. (ver Anexo A)

### **2.12.1.9 Manómetro del freno**

Un manómetro neumático está instalado sobre el panel de instrumentos neumáticos junto al copiloto en la cabina. El manómetro es conectado dentro de las líneas de presión del sistema de freno para indicar la presión disponible en la válvula de freno. (ver Anexo A)

### **2.12.1.10 Válvula del freno de emergencia**

Debajo del panel del piloto se encuentra una doble válvula de freno. La válvula está en dos secciones separadas con una entrada en común. Sobresalen dos manijas sobre la plataforma de control de secciones de la válvula y pueden ser operadas al mismo tiempo o de forma individual. Cada sección de la válvula mide la presión neumática del sistema neumático de emergencia respecto a este conjunto de frenos. La alta presión es de 1100+50; -0 psi, y puede ser medida dentro de las líneas de emergencia para el avión FH-227. Puede también tener una marcación de 1200+50; -0 psi, dentro de las líneas del freno de emergencia con un encendido completo. (ver Anexo A)

### **2.12.1.11 Freno de parqueo**

Una manija de freno de parqueo está localizada debajo del panel de pilotos. La manija actúa solo cuando es accionada, esto mantiene puesto el freno de parqueo. (Anexo A)

## **2.13 Sistema neumático del avión Fairchild FH-227**

El sistema neumático contiene todos los conjuntos de conductos, válvulas sensores, intercambiadores de calor, etc., Tienen como fin conducir el aire a una determinada presión y temperatura desde una fuente de energía hasta los sistemas que lo necesitan. EL aire que utiliza este sistema proviene de la segunda etapa del motor y tiene como finalidad de proveer energía neumática para la extensión y retracción del tren de aterrizaje principal, frenos de la hélice, frenos de las llantas y retracción de la puerta de entrada de pasajeros.



Figura 61 Botella y líneas neumáticas en el compartimiento del tren

EL aire a presión se suministra a:

- Aire Acondicionado en la Cabina de Pasajeros y de Pilotos
- Aire para el sistema “Anti Ice”
- Presurización de la Cabina de Pasajeros y de Pilotos

El sistema neumático se divide en dos subsistemas y cada uno de ellos debe ser cubierto por razones de claridad y facilidad de entendimiento;

- Sistema Primario
- Sistema de Emergencia

### **2.13.1 Sistema neumático primario**

Se ubica en cada nacela del motor izquierdo y derecho. Consta de un motor de compresión, una válvula de aire de sangrado, una válvula transbordadora, un separador de mezcla, una válvula de retorno (únicamente en la nacela derecha) y un filtro.

### **2.13.2 Sistema neumático de emergencia**

Este sistema cumple con las mismas funciones del sistema primario, y entra en funcionamiento cuando el sistema principal ha fallado.

## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DEL TEMA

#### 3.1 Descripción de procedimientos

##### 3.1.1 Equipos, herramientas y materiales a utilizar

Para el desmontaje de la rueda y el conjunto de frenos el manual recomienda contar con herramientas de ajuste, precisión, apoyo, especiales, etc.

##### Lista de herramientas:

- Llave especial para la remoción del seguro del eje de la rueda.
- Juego de llave hexagonales
- Llaves de boca 9/16, 1/2, 7/16
- Pinza de presión
- Gata
- Accesorio de alineamiento del freno
- Torquímetro
- Racha 1/2
- Racha 1/4



Figura 62 Herramienta especial



Figura 63 Juego de llaves hexagonales



Figura 64 Pinza de presión



Figura 65 Llaves de boca



Figura 66 Gata y acople



Figura 67 Accesorio de alineamiento del freno



Figura 68 Racha y copa 9/16



Figura 69 Torquímetro



Figura 70 Gafas protectoras



Figura 71 Guantes

### **Lista de materiales**

Para los procesos de montaje, inspección y montaje es necesario utilizar materiales de limpieza, protección, remoción.

- Lima suave
- Limpiador químico (alcohol)
- Guaípe
- Grasa
- Lubricante

### **3.1.2 Desmontaje**

#### **3.1.2.1 Tren principal**

- Alzar una de las patas del tren principal con la ayuda de la gata hidráulica ubicándola justo debajo entre los dos neumáticos. Centrar la gata para que calce justo en el receptáculo esférico. Asegurarse que el tornillo de liberación de presión se encuentre ajustado todo hacia la derecha. Inicia el bombeo con ayuda de las 2 extensiones hasta que la gata levante la pata a un nivel en el cual la rueda gire libremente. A unos dos o tres centímetros del suelo o pavimento, para evitar dificultades en el montaje del neumático al finalizar el mantenimiento.



Figura 72 Colocación de la gata



Figura 73 Tornillo de alivio de presión.

- Una vez levantada la pata del tren, tal que el neumático pueda girar libremente. Desajustar el tornillo del eje con la herramienta especial girándola en sentido contrario a las manecillas de reloj.



Figura 74 Tornillo de retención de la rueda



Figura 75 Desacople del tornillo de retención

- Retirar el neumático. Jalar cuidadosamente el neumático con la ayuda de un auxiliar.



Figura 76 Retirada del neumático

### 3.1.2.2 Conjunto de frenos

- Tomar las medidas necesarias para evitar que la que cualquier componente del conjunto de frenos tenga contacto con fluidos o grasas. Desacoplar el conjunto de frenos que está sujeta a la pata del tren, quitar los 8 pernos. (Llave hexagonal 5/16 y llave de boca 9/16)



Figura 77 Llave hexagonal



Figura 78 Llave de boca



Figura 79 Pernos de la placa de torsión unidos al eje del tren

- Luego colocar el accesorio de alineamiento del freno para extraer adecuadamente todo el conjunto. Alineando las ranuras de los discos rotativos (rotores) a las guías metálicas en cada una de sus esquinas. Prestar especial atención a los discos y placas que no tengan ningún tipo de contacto con grasa.



Figura 80 Accesorio de alineamiento del freno en el eje

- Antes de extraer el conjunto de frenos desacoplar la tubería que va desde el acoplamiento giratorio a la unidad de antideslizamiento ubicado en la parte posterior. Utilizar las llaves de boca de  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{7}{16}$  para esta operación. Una vez retiradas las tuberías llevarlas a la mesa de trabajo. (ver Anexo D)



Figura 81 Desacolpe de la tubería del transductor



Figura 82 Desacolpe de la tubería de la placa de torsión

- Colocar el accesorio de alineamiento en el eje del tren. Alinear los estatores a la gías metalicas. Y seguido extraer el conjunto con cuidado, evitando que tengan contacto con la grasa presente en el eje de la rueda. Sujetar todo el conjunto y llevarlo hasta la mesa de trabajo.



Figura 83 Retirada del conjunto de la pata del tren

- Retirado del eje el conjunto de frenos que está montado en el accesorio de alineamiento del freno. Colocarlo sobre una meza estable con la placa de torsión arriba. Desatornillar los pernos con la llave 9/16 y la copa de la misma medida acoplada a la racha y remover las tuercas y arandelas. (ver Anexo C)



Figura 84 Conjunto de freno sobre la mesa de trabajo



Figura 85 Retirada de las tuercas de sujeción

- Remover los pernos que aseguran la placa de empuje y extraer las tuercas de la placa de torsión con sus respectivas arandelas (1c/u) y acoplar cada perno con su tuerca, para facilidades en el momento del montaje. (ver Anexo C, desmontaje literal 2)



Figura 86 Pernos de sujeción del conjunto de frenos

- Extraer los bujes que alinean la placa de presión con el freno. Tener cuidado al aflojar el perno manteniendo la presión con la pinza de presión. (Llave 7/16) (ver Anexo B, desmontaje literal 6)



Figura 87 Liberación de los bujes

- Levantar la placa de freno y retirar el pistón, la cubierta de polvos, los anillos de seguridad y apoyo, y una a una las placas de freno, de presión, torsión y empuje, etc. Identificar adecuadamente la posición original de los componentes para asegurarnos que se pueda montar en la posición original. (ver Anexo B, desmontaje literal 3)



Figura 88 Ubicación original al levantar la placa de torsión

- Antes de remover los estatores y rotores, la placa de torsión, la placa de empuje, los anillos de seguridad y de respaldo para poder ubicarlos en su posición original en el montaje. (ver Anexo C)



Figura 89 Ubicación de los anillos de seguridad y de apoyo

### 3.1.3 Inspección

#### 3.1.3.1 Placa de freno

- La placa de freno consta de los rotores y estatores, sin contar con la placa de empuje y de presión. Examinar si tiene grietas o una condición de depósito de cromo sobre las superficies de fricción. Si las grietas no muestran rotura excesiva la placa todavía es útil, pero si las grietas superficiales se encuentran juntas resultará en descamación. Si la afectación por descamación las placas deben ser retiradas del servicio. (ver Anexo B, inspección, literales 1)



Figura 90 Placa de freno

- Y revisar los vástagos de la placa de freno con el medidor especial. Si el daño en los vástagos es excesivo tienen que ser retirados. Para finalizar remover cualquier rebaba con una lima suave. (ver Anexo B, inspección, literales 1 y 2)



Figura 91 Vástagos de las almohadillas de freno



Figura 92 Rebabas en las ranuras de las almohadillas

### 3.1.3.2 Almohadillas de fricción

- Inspeccionar las almohadillas, si tienen quemado, rayado, viruta y signos de agrietamiento. Los bordes con virutas o superficies rotas pueden regresar al servicio si se pierde un 30% de la superficie de fricción, quedando un 70% del total del área. Tener en cuenta que solo pueden ser cambiadas tres almohadillas, si hay otras almohadillas dañadas es necesario renovar todas. (ver Anexo B)



Figura 93 Placa de presión

- Revisar el espesor de las almohadillas sin tener en cuenta el desgaste porque solo es necesario conocer el espesor mínimo permitido. Y este espesor no debe ser menor de 0.150 pulgadas, si lo es la almohadilla debe ser renovada. Puede que la placa tenga tres almohadillas desgastadas, en tal caso tienen que ser reemplazadas todas las almohadillas. (ver Anexo B, Ajustes y desmontajes)



Figura 94 Revisión del espesor de la placa de presión

### 3.1.3.3 Placa de torsión y bloque de accionamiento

- Inspeccionar la placa de torsión si hay daño, distorsión o corrosión. Si hay rebabas sobre las áreas sin pintar se puede suavizar con un pulidor. Sobre el lado pintado se puede tratar el daño leve y la corrosión. Examinar cuidadosamente la placa de torsión si tiene grietas en su diámetro interior. (ver Anexo B)



Figura 95 Placa de torsión parte interior



Figura 96 Placa de torsión parte exterior

#### 3.1.3.4 Placa de empuje

- La placa de empuje es similar a la placa de presión pero se encuentra al otro extremo de la placa antes mencionada. Se la puede reconocer porque tiene los agujeros por donde pasan los pernos que sujetan todo el conjunto de frenos. Comprobar si tiene distorsión colocándola sobre una placa superficial y medir cualquier brecha. (ver Anexo B)



Figura 97 Placa de empuje



Figura 98 Brecha entre almohadillas

### 3.1.3.5 General

- Revisar las arandelas si tienen distorsión y corrosión. (ver Anexo B, General, literal 1)



Figura 99 Arandelas de los tornillos

- Revisar que los anillos de sellado “O” no sean removidos de las ranuras por daño, corte, retortijón y ranurado debido a un ajuste incorrecto. Y revisar el anillo con sus componentes para ver si tienen grado de interferencia permisible en la superficie de sellado. (ver Anexo B, General, literal 3)



Figura 100 Anillo de seguridad

- Revisar los anillos de respaldo si tienen algún material incrustado y daño en las superficies de contacto. (ver Anexo B, General, literal 4)



Figura 101 Anillo de apoyo

- Inspeccionar el pistón si tiene daño o corrosión. Si tiene rebabas pequeñas deben ser suavizadas con un pulidor o paño. Tener cuidado de no acabar con el acabado superficial y limpiar la superficie para dejarla libre a abrasivo. (ver Anexo B, General, literal 5)



Figura 102 Anillo del pistón

- Examinar la cubierta de polvos plástica si hay daño o deterioración. (ver Anexo B, General, literal 6)



Figura 103 Cubierta guardapolvos

- Examinar todos los elementos roscados si tienen daño en la rosca hilos). (ver Anexo B, General, literal 7)



Figura 104 Pasadores de retracción (6)



Figura 105 Pernos de la placa de freno



Figura 106 Pernos de sujeción del conjunto de frenos

### 3.1.3.6 Placa de presión

- Examinar el conjunto de la placa de presión si tiene daño. Verificar el desgaste de las ranuras de los vástagos. Para saber si la medida de la ranuara es la permisible revisar la tabal de límites de prueba.

EL ancho máximo permitido de ranura es 1.065 pulgadas. En caso en el cual la ranura sea mayor de 1.065 pulgadas se descarta la placa. (ver Anexo B)



Figura 107 Placa de presión lado reverso



Figura 108 Placa de presión lado anverso

### 3.1.3.7 Placa de empuje

- Para diferenciar la placa de empuje de la placa de presión basta conocer que está tiene los orificios por donde pasan los pernos de ajuste del conjunto de freno. Comprobar si tiene distorsión. (ver Anexo C)



Figura 109 Placa de empuje

### 3.1.3.8 Ajustadores de freno automático

- Retirar los alojamientos de los resortes que se encuentran sobre la placa de torsión. Examinar los resortes si tienen corrosión. Los alojamientos del ajustador, tapa y mangos de empalme por daño y corrosión. (ver Anexo C)



Figura 110 Resorte y ajustador



Figura 111 Alojamiento del ajustador

### 3.1.3.9 Conjunto estator

- Colocar un estator sobre la mesa de trabajo y medir el espesor de la placa del estator en puntos varios con la ayuda del pie de rey. EL valor de desgaste del freno esta definido en la Tabla 2 de Ajustes y Desmontaje, establecer si el espesor es el minimo permitido. Si no lo es el estator debe ser reemplazado por uno nuevo. Proceder con este procedimiento para los 2 estatores restantes. (ver Anexo C, literal 2.1)



Figura 112 Espesor de la placa estora

- Examinar visualmente la superficie de la placa estatora si tiene deterioración superficial (descamación). Si se observa deterioración excesiva en forma de de “grietas capilares”, es decir pequeñas rayaduras distribuidas en forma de raices. (ver Anexo C, literal 2.2)



Figura 113 Superficie de la placa estatora (1)



Figura 114 Superficie de la placa estatora (2)

- Ubicar el esator sobre la mesa de trabajo. Comprobar con el pie de rey el ancho de las ranuras del vástago y holgura del agujero que no debe ser menor que 1.13 pulgadas y 7 pulgadas respectivamente como se muestra. (ver Anexo C, ajustes y desmontaje)



Figura 115 Ranura del vástago



Figura 116 Holgura del agujero

- Comprobar si sobre las caras laterales interiores y exteriores, y sobre las dos caras existen grietas o rebabas. Las rebabas pueden ser removidas con una lima suave. (ver Anexo C)



Figura 117 Cara lateral con corrosión en el borde interior

### 3.1.3.10 Conjunto del rotor

- Se pueden inspeccionar individualmente o como un solo conjunto, eso queda en criterio del operador que realizará la inspección. Para determinar es explicado anteriormente se requiere determinar por parte del técnico si el método 1 o método 2 es el más recomendable. Si se los trata como un solo conjunto el método 1 detalla que es una condición normal, pero en caso en el cual un segmento presente algún tipo de daño todo el conjunto se debe retirar del servicio. En el caso que la inspección sea individual para cada placa, remover cualquier material adherido a la placa del rotor por cualquier medio adecuado (Lima suave). (ver Anexo C)



Figura 118 Remoción de material adherido

- Examine visualmente las superficies de fricción de cada segmento si hay grietas. Poner especial atención en los bordes y alrededor del espacio de la espiga. Para saber el nivel de daño superficial ver la figura 5, placa 1 en el Anexo C, y determinar las grietas superficiales finas. Son permitidas las grietas en el área central del segmento. Las grietas permitidas en los bordes tienen que ser menores de 0.03 pulgadas. (ver Anexo C, literal 5 a y b)



Figura 119 Inspección visual de la placa del rotor



Figura 120 Descamación en los bordes

- Después inspeccionar todo el segmento para comprobar que no existen agrietamientos mayores como se muestra en la figura 5, placa 2. Si las grietas sobrepasan  $3/8$  de pulgada se permiten en el área central si no se encuentran juntas a otras grietas. En los bordes si el agrietamiento es de  $3/8$  de pulgada la placa se vuelve inútil para regresar al servicio. (ver Anexo C, literal 5 c, d y e)



Figura 121 Grietas en el área central de la placa rotativa



Figura 122 Grietas mayores en los bordes exteriores

### **3.1.4 Montaje**

#### **3.1.4.1 Lubricantes de montaje**

Los lubricantes deben ser usados con moderación. La cantidad debe ser tal que durante el montaje no haya excedente que se escurra dentro de la unidad de freno o en cualquier segmento. Se lubrican las roscas de los tornillos y los pernos de la placa de empuje. (ver Anexo B y C, Lubricantes de montaje).

### 3.1.4.2 Procedimientos de montaje

- Montar la placa de empuje sobre el accesorio de alineamiento del freno. Alinear los anillos de sellado y de respaldo a los agujeros en la placa de empuje.



Figura 123 Placa de empuje sobre el accesorio de alineación

- Ubicar el bloque de accionamiento alineado a los agujeros de la placa de empuje. Colocar una a una las 3 placas de estatores y rotores, y la placa de presión en forma secuencial.



Figura 124 Colocación de las placas en forma secuencial (1)



Figura 125 Colocación de las placas en forma secuencial (2)

- Ubicar los 6 pasadores de retracción de los bujes en las ranuras en el borde de la placa de presión. Verificar que los agujeros de alineación de la clavija de bloqueo se encuentren alineados a la placa de empuje. (Anexo B, montaje literal 5a)



Figura 126 Ubicación de los pasadores de retracción



Figura 127 Pasador de retracción en la ranura respectiva

- Ubicar la placa de torsión menor y los anillos de sellado y apoyo, estos últimos alineados correctamente a los agujeros de la placa de empuje. Lubricar pasadores de retracción de los bujes y de la placa de torsión y placa de freno. (Anexo B, montaje literal 5b)



Figura 128 Alineación de los elementos de la placa

La cubierta de polvos debe tener su diámetro interno por fuera de las agujeros guías de los anillos de seguridad, para que no obstruya posteriormente los pernos de ajuste del conjunto de frenos desde la placa de empuje a la placa de torsión mayor. (ver figura 3.32)



Figura 129 Alineamiento en la posición original

- Colocar la placa de torsión en alineación con pasadores de retracción de los bujes y con los agujeros de la placa de empuje. Y el pistón también debe ir alineado sobre la cubierta de polvos, de tal manera que se acoplen a las ranuras en la placa de freno. (ver Anexo B, Montaje, literal 8)



Figura 130 Colocación de la placa de torsión

- Posicionar la placa de torsión mayor sobre los conjuntos de la placa de presión, de empuje, placa de freno en la posición original. De esta manera todas las caras deben estar en contacto de nuevo unas con otras. (ver Anexo B, Montaje, literal 9)



Figura 131 Placas del conjunto de freno alineadas

- Tomar en cuenta que una arandela va debajo de la placa de empuje y la otra arandela sobre la placa de torsión para verificar que se está ubicando en su posición original. (ver Anexo B, Montaje, literal 10)



Figura 132 Perno de unión de las placas de empuje y torsión



Figura 133 Ajuste de la tuerca y arandela en la placa

- Primero insertar el alojamiento del ajustador en la placa de torsión. Posicionamos los mangos en los empalmes y el resorte en el alojamiento del ajustador para posteriormente asegurarlos a la placa de torsión mayor. (ver Anexo B, montaje, literal 4)



Figura 134 Alojamiento del ajustador



Figura 135 Encajado de mango de empalme y resorte

- Para montar los ajustadores automáticos utilizar la pinza de presión y llave de 7/16., luego insertar el resorte y el mango dentro del resorte. Presionar con la pinza de presión. (ver Anexo C, Montaje, literal 6a)



Figura 136 Ubicación del resorte y montante



Figura 137 Montaje de la pinza de presión

- Presionar la pinza hasta nivelar el buje hasta el borde del alojamiento. Ajustar el anillo y la tuerca. Repetir la operación anterior y esta para cada uno de los 6 bujes. (ver Anexo C, Montaje, literal 6b)



Figura 138 Ajuste del perno de los bujes

- Antes de ajustar las roscas lubricarlas con el lubricante recomendado o uno similar en sus características. Nuevamente con el torquímetro regular la herramienta para una carga sobre la tuerca del perno de retracción a 11 Lb/Ft. Este procedimiento repetir para cada pasador de retracción de manera que se ajuste el conjunto de manera cruzada, es decir, no en secuencia hacia la izquierda o derecha del primer perno torqueado. (ver Anexo B, Montaje, literal 10)



Figura 139 Ajuste de carga en el torquímetro



Figura 140 Aplicación de la carga requerida a la tuerca del perno

- Para comprobar la carga sobre los pasadores de retracción de los bujes se necesitará del Torquímetro y una copa de 7/16 a 8 Lb/Ft. Primero ajustar la carga a la cual el perno va a ser ajustado en el Torquímetro. Segundo ajustar sobre el pasador de retracción hasta que suene “clacs”, esto significa que la racha ya llegado a la carga requerida para el pasador del buje. Repetir la misma operación para los pasadores restantes. (ver Anexo B, Montaje, literal 11)



Figura 141 Aplicación de la carga requerida a la tuerca

### 3.1.5 Montaje del conjunto de frenos y neumático

- Una vez ensamblado el conjunto de frenos sobre el accesorio de alineamiento de freno. Proceder a alinearlos en su posición original con los agujeros de los pernos de la pata del tren. Y ajustar los pernos.



Figura 142 Montaje del conjunto de frenos en el eje



Figura 143 Alineación de los tornillos de sujeción



Figura 144 Ajuste de los tornillos con la llave hexagonal



Figura 145 Ajuste los tornillos con la llave de boca

- Ajustar las líneas neumáticas de entrada y retorno a y desde el conjunto de frenos. Conectar los conectores con el transductor y con la placa de torsión mayor. Este procedimiento no se lo puede realizar después, ya que el espacio de trabajo para ajustar las tuberías sería muy reducido e incómodo para el técnico.



Figura 146 Ajuste de las tuberías a la placa de torsión

- Ajustados todos los pernos del conjunto de frenos y los de la pata del tren. Montar el neumático sobre el eje en alineación con las placas de los discos rotativos. Luego empujar la rueda hacia adentro de tal manera que los bloques de accionamiento se alineen con las ranuras de los discos rotativos. (Limpiar y volver a engrasar el eje antes de montar el neumático)



Figura 147 Alineación de las ranuras de los discos rotativos

- Colocar el collarín y la tuerca de retención respectivamente para asegurar la rueda y el conjunto de frenos al eje. Ajustar el tornillo del eje con la herramienta especial en sentido horario.



Figura 148 Collarín



Figura 149 Tornillos de retención



Figura 150 Ajuste de la tuerca de retención con la llave

- Para finalizar liberar gradualmente la presión de la gata girando el tornillo en sentido anti-horario para bajar el tren. Y retirar de debajo de la pata del tren la gata hidráulica.



Figura 151 Tornillo de liberación de presión



Figura 152 Gata retirada de debajo de la pata del tren

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1.1 Conclusiones

- La información técnica para la realización de los procedimientos de mantenimiento se obtuvo del manual del avión Avro 748 perteneciente a la FAE, el cual es similar en construcción al avión Fairchild FH-227 que se encuentra en la Unidad de Gestión de Tecnologías.
- Se concluye que para los procedimientos de desmontaje, inspección y montaje se debe tomar decisiones directivas ya que el avión Avro tiene un sistema de presión hidráulica para sus operaciones, no así el avión Fairchild que opera neumáticamente.
- Se efectuó el desmontaje, inspección y montaje del conjunto de frenos RH y LH con la guía del manual y ayuda del Torquímetro.
- Se ajustó los pernos y tornillos con sus respectivas tuercas. Y se procedió a realizar los torques correspondientes en cada uno de ellos conforme al manual de mantenimiento del avión Avro 748 en la sección Ajustes y Desmontaje.
- Al momento del desmontaje de los neumáticos y conjunto de frenos del tren principal se siguió todas las normas de seguridad descritas en el manual.

#### 4.2.1 Recomendaciones

- Cumplir con todas las normas de seguridad antes, durante y después de realizadas las tareas para prevenir incidentes o accidentes, por ejemplo, ropa adecuada y equipos de protección.
- Acudir a los manuales para realizar las tareas de mantenimiento de forma adecuada y eficiente.
- Utilizar de forma correcta el Torquímetro, con ayuda de la información técnica que viene adjunta en el mismo para ajuste y manejo del mismo.
- Montar primero los componentes sujetos a la pata del tren, luego las cañerías y para finalizar montar los componentes al eje del tren para un trabajo eficaz.
- Se debe realizar la inspección y limpieza cada cierto tiempo de los elementos del conjunto de frenos para evitar corrosión, daño o descamación.
- Limpiar y engrasar el eje de la pata del tren para facilitar el montaje del neumático.
- Asegurarse que la gata y su acople se encuentren en una posición estable y perfectamente alineados al punto de levantamiento ubicado debajo de la pata del tren.

## Bibliografía

- Cielus Aviation. (2012). *Cielus Aviation Blog*. Obtenido de [http://aviation.cielus.net/wp/tren\\_aterizaje/](http://aviation.cielus.net/wp/tren_aterizaje/)
- Company, F. H. (26 de abril de 1956). Manual de Mantenimiento del avión Fairchild FH-227 Series. En *Aircraft Maintenance Manual*. Maryland.
- Fairchild FH-227, Draws and Dimentions. (2017). *Barrie Aircraft Museum*. Obtenido de <http://barrieaircraft.com/fokker-f-27-fairchild-f-27-fh-227.html>
- Fairchild Hiller FH-227. (12 de Diciembre de 2015). *Wikipedia*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Fairchild\\_Hiller\\_FH-227](https://es.wikipedia.org/wiki/Fairchild_Hiller_FH-227)
- Neumático, Componentes. (2016). (Firestone) Obtenido de <http://gomeriasantafe.com/datosutiles/datosutiles.html>
- Neumático, convencionales y radiales. (2002). Obtenido de <http://www.camionesybuses.com/tecnica/neumaticos.htm>
- Oñate, Esteban. (s.f.). *Conocimiento del Avión*. Obtenido de <https://app.box.com/s/xyhjwq2adq1a4zz2u7nn>
- Proto Industrial Tools. (2009). *Proto Industrial*. Obtenido de Stanley Works: <http://www.protoindustrial.com/en/Pages/default.aspx>
- System, Airframe Handbook Volume 2. (s.f.). *Guías y manuales*. Washington DC, Estados Unidos: Administración Federal de Aviación.
- Trenes de Aterizaje, T. (s.f.). Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Tren\\_de\\_aterizaje](https://es.wikipedia.org/wiki/Tren_de_aterizaje)
- Trenes de Aterizaje, Sistema de amortiguación. (2012). Obtenido de <http://trenesdeaterizaje.blogspot.com/2012/03/sistema-de-amortiguacion.html>

## Glosario de términos

### A

**Abrasión:** 1. f. Acción y efecto de raer o desgastar por fricción.

### B

**Bies:** 1. m. Trozo de tela cortado al sesgo respecto al hilo, que se aplica a los bordes de algunas prendas.

### C

**Carretón:** 1. m. Carro pequeño a modo de un cajón abierto, con dos o cuatro ruedas que puede ser arrastrado por una caballería

**Cinética:** 1. adj. Fís. Perteneciente o relativo al movimiento.

### D

**Directriz:** 1. adj. Dicho de una cosa: Que dirige. Ideas, líneas directrices de un proyecto. 2. f. Instrucción o norma que ha de seguirse en la ejecución de algo. U. m. en pl.

**Disipar:** 1. tr. Hacer que algo se desvanezca por separación de las partes que lo forman. U. t. c. prnl.

### E

**Embeber:** 1. tr. Dicho de un cuerpo sólido: Absorber a otro líquido. 2. tr. Empapar, llenar de un líquido algo poroso o esponjoso.

**Emulsión:** 1. f. Quím. Dispersión de un líquido en otro no miscible con él. La emulsión de aceite en agua.

### F

**Factible:** 1. adj. Que se puede hacer.

**Fiable:** 1. adj. Dicho de una persona: Que es digna de confianza. 2. adj. Que ofrece seguridad o buenos resultados. Mecanismo, método fiable.

**Fusible:** 1. adj. Que puede fundirse. 2. m. Hilo o chapa metálica que se coloca en algunas partes de las instalaciones eléctricas, para que, cuando la corriente sea excesiva, la interrumpa fundiéndose.

## G

**Gama:** 1. f. Escala, gradación de colores. 2. f. Serie de elementos que pertenecen a una misma clase o categoría.

## H

**Husillo:** 1. m. Tornillo de hierro o madera que se usa para el movimiento de las prensas y otras máquinas.

## I

**Impartir:** 1. tr. Dar o distribuir algo, especialmente de carácter no material.

**Imprescindible:** 1. adj. Dicho de una persona o de una cosa: De la que no se puede prescindir. 2. adj. Necesario, obligatorio.

## J

**Jamba:** 1. f. Arq. Cada una de las dos piezas que, dispuestas verticalmente en los dos lados de una puerta o ventana, sostienen el dintel o el arco de ella.

## L

**Lazada:** 1. f. Atadura o nudo que se hace de manera que se suelte tirando de uno de los cabos. 2. f. Lazo de cuerda o cinta.

## M

**Manómetro:** 1. m. Fís. Instrumento que mide la presión.

**Morro:** 1. m. Extremo delantero y prolongado de ciertas cosas. 2. m. Parte saliente y redondeada de algunas cosas.

## N

**Nylon:** **1.** m. Poliamida sintética de la que se hacen filamentos elásticos y muy resistentes, empleados en la fabricación de tejidos diversos.

**Nacela:** **1.** f. Arq. Moldura cóncava cuya sección está formada por dos arcos de circunferencias distintas, y más ancha en su parte inferior.

## P

**Permeable:** **1.** adj. Que puede ser penetrado o traspasado por el agua u otro fluido. **2.** adj. Que se deja influir por opiniones ajenas.

## R

**Rango:** **1.** m. Estad. Amplitud de la variación de un fenómeno entre un límite menor y uno mayor claramente especificados.

**Retardatriz:** **1.** adj. Mec. retardadora. **2.** adj. Que retarda.

## T

**Tándem:** en tándem **1.** loc. adv. Dicho de montar ciertos aparatos: De manera que funcionen simultánea o sucesivamente.

**Toroide:** **1.** m. Geom. Superficie de revolución engendrada por una curva cerrada y plana que gira alrededor de una recta fija de su plano y exterior a ella.

**Trama:** **1.** f. Conjunto de hilos que, cruzados y enlazados con los de la urdimbre, forman una tela. **2.** f. Disposición interna, contextura, ligazón entre las partes de un asunto u otra cosa, y en especial el enredo de una obra dramática o novelesca.

**Transversal:** **1.** adj. Que se halla o se extiende atravesado de un lado a otro. **2.** adj. Que se aparta o desvía de la dirección principal o recta.

**Trazabilidad:** **1.** f. Posibilidad de identificar el origen y las diferentes etapas de un proceso de producción y distribución de bienes de consumo.

# Anexos

