



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA

**MONOGRAFÍA PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

**TEMA: “INSPECCIÓN DEL CONJUNTO DE FRENOS DEL AVIÓN A-29
SÚPER TUCANO DE ACUERDO AL MANUAL DE COMPONENTES Y
PARTES (IPC) Nº 2-1700 CAP 32-48-10 PERTENECIENTE A LA FAE”**

AUTOR: TIGSE MOLINA, BYRON MARCELO

DIRECTOR: ING. MUÑOZ GRANDES, MILTON STALIN

LATACUNGA

2020



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
AVIONES**

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **“INSPECCIÓN DEL CONJUNTO DE FRENOS DEL AVIÓN A-29 SÚPER TUCANO DE ACUERDO AL MANUAL DE COMPONENTES Y PARTES (IPC) Nº 2-1700 CAP 32-48-10 PERTENECIENTE A LA FAE”**, fue realizado por el señor **TIGSE MOLINA, BYRON MARCELO** el mismo que ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido, por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga a los 27 días de enero de 2020.


Ing. Muñoz Grandes, Milton Stalin.

C.C.: 0502445547

DIRECTOR DE PROYECTO



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
AVIONES

AUTORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **TIGSE MOLINA, BYRON MARCELO**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía **“INSPECCIÓN DEL CONJUNTO DE FRENOS DEL AVIÓN A-29 SÚPER TUCANO DE ACUERDO AL MANUAL DE COMPONENTES Y PARTES (IPC) N° 2-1700 CAP 32-48-10 PERTENECIENTE A LA FAE”**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga a los 27 días de enero de 2020.

TIGSE MOLINA, BYRON MARCELO

C.C.: 0503242752



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
AVIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **TIGSE MOLINA, BYRON MARCELO** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía : **“INSPECCIÓN DEL CONJUNTO DE FRENOS DEL AVIÓN A-29 SÚPER TUCANO DE ACUERDO AL MANUAL DE COMPONENTES Y PARTES (IPC) N° 2-1700 CAP 32-48-10 PERTENECIENTE A LA FAE”**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga a los 27 días de enero de 2020.

TIGSE MOLINA, BYRON MARCELO

C.C.: 0503242752

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mi madre María Elizabeth, por toda la confianza, colaboración, consejos, amor y sobre todo su apoyo incondicional en los momentos más difíciles durante el transcurso de toda mi vida. A mi abuelita María Rafaela, por ser la guía y ejemplo de superación personal durante toda mi vida. A mi padre Byron Marcelo por brindarme sus enseñanzas de vida y llevarme por el camino del bien. A todos mis tíos y tías por su colaboración y apoyo incondicional. Ante todo este trabajo va dedicado también en la memoria de mis bisabuelos Marcial y Abigail, que me vieron crecer durante mi niñez, me inculcaron todos los valores para poder salir en adelante durante toda mi vida. Y se lo dedico a Dios por estar siempre junto a mí.

TIGSE MOLINA, BYRON MARCELO

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se lo agradezco a Dios por darme la vida, salud, familia y los estudios que siempre soñé. A mis padres que siempre estuvieron pendientes de mis estudios, de mi vida y nunca me dejaron solo. A María Rafaela mi segunda madre por ser mi compañía en los buenos y malos momentos. A mi familia, compañeros y compañeras de toda la vida por estar siempre pendientes de mis estudios y de mi vida. A mi tutor Ing. Milton Muñoz por toda la ayuda brindada durante todo el proceso de titulación.

En especial a la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE por ser mi alma mater y todos los docentes que con paciencia y disciplina me inculcaron todos los conocimientos necesarios para la obtención del título de tecnología en mecánica aeronáutica mención aviones.

TIGSE MOLINA, BYRON MARCELO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN	i
AUTORIA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Justificación e importancia.....	4
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 General.....	5
1.4.2 Específicos	5
1.5 Alcance.....	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Avión Embraer EMB 314 A-29 Súper Tucano	7
2.1.1	Generalidades	9
2.1.2	Características.....	12
a.	Características principales.....	12
b.	Características generales	13
2.2	Inspección	14
2.2.1	Tipos de inspección de la aeronave A – 29 Súper Tucano.....	14
a.	Inspecciones periódicas	14
a.1	Inspección calendaría.....	14
a.2	Inspección por ciclos	14
a.3	Inspecciones mixtas	14
a.4	Inspecciones progresivas	14
a.5	Inspección horaria	15
b.	Inspecciones no periódicas	15
b.1	Inspección para vuelo de traslado	16
b.2	Inspección de aceptación	16
b.3	Inspección de reacondicionamiento prórroga.....	16
b.4	Inspecciones técnicas.....	16

b.5	Inspección pericial	17
b.6	Inspecciones eventuales o especiales.....	17
2.3	Mantenimiento aeronáutico	17
2.3.1	Definiciones	18
a.	I Nivel (Nivel operacional).....	19
b.	II Nivel (Nivel intermedio).....	19
c.	III Nivel (Nivel de depósito)	19
2.3.3	Tipos de mantenimiento	20
a.	Preventivo.....	20
b.	Correctivo	21
c.	Restaurativo.....	21
d.	Modificación o alteración	21
2.3.4	Procedimientos de ejecución de mantenimiento	21
a.	Mantenimiento en el hangar	21
2.4	Sistema de conjunto de freno	24
2.4.1	Generalidades	24
2.4.2	Tipo de frenos.....	25
a.	Frenos hidráulicos	25
b.	Frenos de cinta o de banda	26
c.	Frenos neumáticos	27

d.	Frenos eléctricos	27
2.4.3	Funcionamiento de los frenos.....	28
2.4.4	Componentes	29
a.	El conjunto de la carcasa del pistón	29
b.	El dissipador de calor	31
c.	El conjunto de placa de torsión	33
2.5	Soporte para la inspección del conjunto de frenos	33
2.5.1	Materiales para la construcción del soporte	34
2.5.2	Tubo cuadrado y rectangular de acero.....	34
2.5.3	Tubo de acero	35
2.5.4	Platina.....	35
2.5.5	Acero galvanizado	36
2.5.6	Acrílico.....	36
2.5.7	Soldadura SMAW	37
2.5.8	Acabados.....	38

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1	Preliminares.....	39
3.2	Medidas de seguridad	40
3.3	Soporte y escudo protector.....	40
3.3.1	Equipos y herramientas utilizadas para la construcción	40
3.3.2	Trazado, verificación de medidas y corte	42
3.3.3	Unión de la estructura del soporte por soldadura SMAW	43
3.3.4	Acabado del soporte y escudo protector	44
3.3.5	Escudo protector	45
3.3.6	Instalación	47
3.3.7	Ubicación del soporte para la inspección del conjunto de frenos.....	48
3.4	Inspección del conjunto de frenos	47
3.4.1	Herramientas y equipos para la inspección del conjunto de frenos.....	47
3.4.2	Elementos de seguridad para la inspección del conjunto de frenos.....	48
3.4.3	Desmontaje	48
a.	Preparación para el desmontaje.....	48
b.	Remoción del disipador de calor	50
3.4.4	Limpieza	51
a.	Limpieza de piezas metálicas.....	51

b.	Limpiar las partes no metálicas	52
3.4.5	Inspección	52
a.	Inspección del porta rotor	53
b.	Inspección del porta estator.....	54
c.	Inspección de la placa de par de torsión.....	54
d.	Inspección de la placa de presión	54
e.	Inspección de la placa de desgaste.....	55
f.	Inspección del alojamiento del pistón	56
g.	Inspecciones misceláneas.....	57
3.4.6	Ensamblaje.....	57
a.	Instalación del disipador de calor	57
b.	Terminar el ensamblaje del freno	58
c.	Torque preliminar y final	59
3.4.7	Preparación para pruebas funcionales	60
3.4.8	Pruebas de alta presión.....	61
3.4.9	Pruebas de funcionamiento	62
a.	Prueba de fuga estática.....	62
b.	Prueba dinámica de fugas	63
c.	Prueba de aprobación.....	64
3.4.10	Prueba de ensamblaje de la válvula del inversor	65

3.4.11 Ajuste la longitud de la clavija del indicador de desgaste	66
---	----

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones	68
------------------------	----

4.2 Recomendaciones	69
---------------------------	----

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
---	-----------

ANEXOS	74
---------------------	-----------

ANEXO A: Diagrama de análisis de flujo

ANEXO B: Diseño de mallado solido

ANEXO C: Análisis de tensión von Mises

ANEXO D: Análisis de desplazamiento URES

ANEXO E: Factor de seguridad

ANEXO F: Manual de operación

ANEXO G: Manual de mantenimiento

ANEXO H: Manual de seguridad

ANEXO I: Catálogo Ilustrado de Partes del conjunto de frenos del avión Súper Tucano

ANEXO J: Plano de diseño del soporte y escudo protector

ANEXO K: Orden de ingeniería para la construcción del soporte

ANEXO L: Orden de mantenimiento – Inspección

ANEXO M: Orden de mantenimiento – Pruebas funcionales

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aeronave Súper Tucano A-29	7
Figura 2. Presentación de aeronaves Súper Tucano A-29	8
Figura 3. Aeronaves Súper Tucano	9
Figura 4. Operación del Súper Tucano A-29	10
Figura 5. Mantenimiento aeronáutico	18
Figura 6. Tipos de mantenimiento	20
Figura 7. Mantenimiento de hangar	22
Figura 8. Supervisión de mantenimiento	22
Figura 9. Conjunto de frenos	24
Figura 10. Ubicación del conjunto de frenos.....	25
Figura 11. Frenos hidráulicos	26
Figura 12. Frenos de cinta	26
Figura 13. Freno neumático.....	27
Figura 14. Freno electrico	27
Figura 15. Diagrama esquemático del sistema de frenos del A-29.....	29
Figura 16. Cubierta del pistón.....	30
Figura 17. Disipador de calor.....	32
Figura 18. Placa de torsión	33
Figura 19. Diseño del soporte.....	34
Figura 21. Tubo cuadrado y rectangular de acero	34
Figura 21. Tubo de acero	35
Figura 22. Tubo de acero	36

Figura 23. Tubo de acero galvanizado	36
Figura 24. Acrílico	37
Figura 25. Soldadura SMAW	38
Figura 26. Acabados.....	38
Figura 27. Elementos de seguridad	41
Figura 28. Trazado y verificación de medidas	42
Figura 29. Corte con sierra manual	43
Figura 30. Unión por soldadura	44
Figura 31. Acabado del soporte y escudo protector	45
Figura 32. Escudo protector reforzado	46
Figura 33. Identificación y señalética de seguridad	46
Figura 34. Instalación del soporte y escudo protector	47
Figura 35. Sellado del puerto HYD	49
Figura 36. Preparación para el desmontaje	50
Figura 37. Remoción del conjunto de frenos	51
Figura 38. Limpieza de piezas metálicas.....	52
Figura 39. Inspección	53
Figura 40. Inspección del porta rotor	53
Figura 41. Inspección de la placa de torsión.....	54
Figura 42. Inspección de la placa de presión.....	55
Figura 43. Inspección de la placa de desgaste.....	56
Figura 44. Inspección del alojamiento del pistón	56
Figura 45. Inspecciones misceláneas.....	57
Figura 46. Instalación del disipador de calor.....	58

Figura 47. Terminar el ensamblaje del freno	59
Figura 48. Torque preliminar.....	59
Figura 49. Torque final.....	60
Figura 50. Preparación para pruebas funcionales	61
Figura 51. Pruebas de alta presión.....	62
Figura 52. Pruebas de funcionamiento	63
Figura 53. Prueba dinámica de fugas	64
Figura 54. Prueba de aprobación	64
Figura 55. Prueba de ensamblaje de la válvula del inversor.....	66
Figura 56. Medición del indicador de desgaste.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Manuales para las tareas de mantenimiento e inspección</i>	11
Tabla 2. <i>Características principales</i>	12
Tabla 3. <i>Características generales</i>	13
Tabla 4. <i>Inspección por horas de vuelo</i>	15

RESUMEN

El trabajo de graduación “Inspección del conjunto de frenos del avión A-29 Súper Tucano de acuerdo al manual de componentes y partes” se realizó en el taller del departamento de overhaul y componentes del CEMAF de la Fuerza Aérea Ecuatoriana. Para el cumplimiento de las tareas de mantenimiento y la seguridad de los técnicos de aviación se implementó un soporte y escudo protector que se utiliza para la ejecución de las ordenes de inspección de los conjuntos de frenos, empleando todos los procedimientos y normas de seguridad del manual de mantenimiento, este trabajo al mismo tiempo servirá para impartir instrucción a los técnicos del CEMAF y a los alumnos de la UGT-ESPE cuando realicen sus pasantías en el área de mecánica aeronáutica y así adquieran conocimientos en tareas de mantenimiento de componentes aeronáuticos y poder dejar disponibles para ser instalado en una aeronave. Se determinó los procesos de inspección del conjunto de frenos del avión Súper Tucano acorde con las tareas de mantenimiento e inspección que están descritos en los manuales técnicos del fabricante, determinar y examinar la vida útil del conjunto de frenos y su posibilidad de operatividad para ser instalado en una aeronave; el trabajo se realizó porque surgió la necesidad de mantener la disponibilidad operativa de estos componentes aeronáuticos en stock y lograr así mantener la disponibilidad de las aeronaves Súper Tucano para el cumplimiento de la misión de la Fuerza Aérea.

PALABRAS CLAVE:

AERONAVE SÚPER TUCANO

AERONAVE - MANTENIMIENTO

AERONAVES - INSPECCIÓN TÉCNICA

ABSTRACT

The graduation work "Inspection of the brake assembly of the A-29 Super Tucano aircraft according to the components and parts manual" was carried out in the workshop of the overhaul and components department of the CEMAF of the Ecuadorian Air Force. For the accomplishment of the maintenance tasks and the security of the aviation technicians a support and protective shield was implemented that is used for the execution of the orders of inspection of the brake assemblies using all the procedures and security norms of the maintenance manual this work at the same time will serve to give instruction to the CEMAF technicians and the students of the UGT-ESPE when they make their internships in the area of aeronautical mechanics and thus acquire knowledge in tasks of maintenance of aeronautical components and to be able to leave available to be installed in an aircraft. The inspection process of the brake assembly of the Super Tucano was determined according to the maintenance and inspection tasks described in the technical manuals of the manufacturer to determine and examine the life of the brake assembly and its possibility of operation to be installed in an aircraft; the work was done because it was necessary to maintain the operational availability of these aircraft components in stock and thus maintain the availability of the Super Tucano aircraft to fulfill the mission of the Air Force.

KEYWORDS:

SUPER TUCANO AIRCRAFT

AIRCRAFT - MAINTENANCE

AIRCRAFT - TECHNICAL INSPECTION

CAPÍTULO I

Planteamiento del problema

1.1 Antecedentes

La Fuerza Aérea Ecuatoriana junto al Ejército y Marina es una de las tres ramas de las Fuerzas Armadas del Ecuador, además es la encargada de la vigilancia y soberanía de nuestro cielo patrio, con sus aeronaves tanto de combate, reconocimiento y transporte aéreo, además de su rol militar, una función constitucionalmente reconocida de desarrollo económico a través de la Industria Aeronáutica con la OMA DIAF¹, Organización de Mantenimiento Aeronáutico reconocido y certificado como OMA² por EE.UU. (FAA³), Ecuador (DGAC⁴), Honduras (AHAC⁵), entre otras.

La FAE para el cumplimiento de su misión, incorpora nuevas aeronaves a su flota los denominados EMB 314 Súper Tucano, es una aeronave propulsada por un motor turbohélice, destinada para el ataque liguero, ataque contra insurgencia y entrenamiento avanzado de pilotos, con modernos mandos y sistemas de armamento de última tecnología, la misma que para su operatividad de vuelo debe cumplir ciertas tareas de mantenimiento en todos sus sistemas del aeronave y una de ellas es el sistema del conjunto de frenos, componentes importantes para el aterrizaje del aeronave. Dichos

¹ Dirección de la Industria Aeronáutica del Ecuador

² Organización de Mantenimiento Aprobada

³ Federal Aviation Administration

⁴ Dirección General de Aviación Civil

⁵ Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil

componentes cumplen ciclos de vida útil necesitando ser inspeccionados y reparados para volver a su disponibilidad y ser instalados nuevamente en las aeronaves.

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

El personal de Aerotécnicos del CEMAF (Centro de Mantenimiento Aeronáutico de la Fuerza Aérea) con su Departamento de Overhaul de componentes que tiene a su cargo el reacondicionamiento, inspección y mantenimiento de los trenes de aterrizaje y los conjuntos de frenos de las aeronaves de la Fuerza Aérea, cumpliendo así tareas de mantenimiento y corrección de discrepancias que se presentan en estos componentes para así cumplir con la misión de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, pero para el cumplimiento de estas tareas de mantenimiento necesitan y requieren equipos y herramientas especiales como: soportes, bancos; que faciliten dichos trabajos mencionados de mantenimiento.

La investigación del presente proyecto en lo que confiere a los antecedentes del mismo llevó a determinar que no existe un proyecto con las mismas características, destacando principalmente el propósito que lo encamina a ponerlo en práctica en la inspección del conjunto de frenos del avión A-29 Súper Tucano, de acuerdo a los manuales técnicos del fabricante para así mantener su operatividad en la aeronave, trabajo que se lo realiza y

necesita ser comprobado mediante un banco de comprobación y el componente ser instalado en un soporte de seguridad.

1.2 Planteamiento del problema

Después de una visita realizada al Centro de Mantenimiento Aeronáutico de la Fuerza Aérea (CEMAF) en su Departamento de Overhaul se evidenció que existen varios conjuntos de frenos del aeronave A-29 Súper Tucano, inoperativos a la espera de su inspección y reparación por falta de partes, componentes y equipos para su retorno al servicio y además no existe un soporte de seguridad para los chequeos funcionales de operatividad del conjunto de frenos. Después de realizar su tarea de mantenimiento, inspección y reparación para su disponibilidad y ser colocado en la aeronave, al no poseer este soporte con su respectivo escudo protector los trabajos de inspección se vuelven más demorosos y no se puede cumplir en su totalidad los trabajos, ya que se ve la forma de realizar estos trabajos con otros soportes similares o adquiriendo en calidad de préstamo a otra organización.

Por esta razón se ha tomado una solución basada en una investigación relacionada con el problema que se nos presenta, la cual incentiva a la inspección del conjunto de frenos y además a implementar un soporte con un escudo protector, para realizar esta tarea de mantenimiento muy importante para la aviación y para la disponibilidad de una aeronave como es el avión A - 29 Súper Tucano.

De no realizarse este proyecto de monografía la FAE (Fuerza Aérea Ecuatoriana) y el CEMAF (Centro de mantenimiento aeronáutico de la fuerza Aérea) continuará sin componentes, como los conjuntos de frenos disponibles para sus aeronaves y además

sin el soporte y escudo protector el trabajo de chequeos funcionales será más demorado que al contrario al contar con este se facilitará las tareas de mantenimiento.

1.3 Justificación e importancia

Con el presente proyecto se favorece al CEMAF (Centro de mantenimiento aeronáutico de la fuerza Aérea) al Departamento de overhaul y componentes y a sus técnicos de mantenimiento porque se realizará la inspección de un conjunto de frenos inoperativo adquiriendo partes y repuestos e implementado un soporte con un escudo protector para sus chequeos funcionales de operatividad cuando se realice el mantenimiento, tanto programados como no programados de los conjuntos de frenos del avión A - 29. Al implementar este soporte y escudo protector dentro de la organización será de gran ayuda para realizar trabajos de mantenimiento de una forma segura y rápida.

El desarrollo del proyecto que se pretende realizar en el CEMAF, ayudará al departamento de overhaul a disminuir de la carga de trabajo en la inspección de estos componentes y además con el soporte van a cumplir con todos los procedimientos establecidos en los manuales de mantenimiento y overhaul de los componentes de las aeronaves y así se realice estas tareas de mantenimiento con todas las normas de seguridad.

Finalmente se considera que el desarrollo del proyecto es factible para su ejecución ya que se consta de infraestructura, equipos, conocimientos y capacitación para realizarlo.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Ejecutar la inspección del conjunto de frenos del avión A – 29 Súper Tucano, de acuerdo al manual de componentes y partes (IPC) N° 2-1700 CAP 32-48-10 perteneciente a la FAE.

1.4.2 Específicos

- Recopilar información técnica descrita en los manuales de mantenimiento y examinar la vida útil del conjunto de frenos de la aeronave A – 29 Súper Tucano, para determinar la condición en la que se encuentra dicha aeronave.
- Construir un soporte y escudo protector para realizar la inspección del conjunto de frenos de la aeronave A – 29 Súper Tucano, mediante la utilización de manuales técnicos de mantenimiento y overhaul de la aeronave.
- Determinar los procesos de inspección del conjunto de frenos del avión A-29 Súper Tucano, acorde con las tareas de mantenimiento e inspección que están descritos los manuales técnicos del fabricante.

1.5 Alcance

Con el desarrollo del presente proyecto se pretende conseguir que los técnicos del departamento de overhaul de componentes que realizan estas tareas de inspección, reparación, overhaul y mantenimiento en estos componentes lo realicen de forma segura

y de acuerdo a los procedimientos establecidos en los manuales técnicos de la aeronave y fabricante de estos componentes. Por otra parte, la FAE tendrá un conjunto de frenos disponible para sus aeronaves y así aumentar la disponibilidad de las mismas.

CAPÍTULO II

Marco teórico

2.1 Avión Embraer EMB 314 A-29 Súper Tucano

De acuerdo a (Vera, 2011) el Embraer EMB 314 Súper Tucano, de igual forma llamado ALX o A-29 por la Fuerza Aérea Brasileña, es una aeronave turbohélice que se diseñó para el combate ligero, contra insurgencia y la preparación audaz de pilotos, dotado de modernos equipos de aviónica y sistemas de armas. Es usado principalmente por la Fuerza Aérea Brasileña, la Fuerza Aérea Colombiana y la Fuerza Aérea de Chile. También es utilizado como guía para monitorear procedimientos en la Amazonia.



Figura 1. Aeronave Súper Tucano A-29
Fuente: (Ecuavisa, 2012)

Como plantea (Force, 2015) el avión Súper Tucano, se diseñó como un aeroplano de alas rectas y de buen desempeño de vuelos de media y baja altitud, con un motor turbohélice y una buena autonomía de vuelo, posee tres tanques de combustible externos, uno bajo el fuselaje central y dos bajo las alas, puede ser operado en todo tipo

de clima, durante la noche y la mañana, es capaz de aterrizar en pistas de aterrizaje cortas, que carecen de mayor infraestructura, aeropuertos comerciales, pistas de aterrizaje de segundo nivel, carreteras y caminos de tierra.

Citando a (Force, 2015) la cabina en forma de cúpula se diseñó para obtener una buena visibilidad, algo muy necesario para vuelos bajos entre las montañas y misiones de sutileza, para atacar dentro de territorio enemigo, se abre hacia el costado derecho, para que la tripulación pueda ingresar a la cabina por el costado izquierdo, está equipado con modernos asientos eyectables de velocidad y altitud cero, son comparables a los que tienen los aviones de caza supersónicos. Tiene una cabina moderna con instrumentos de navegación digitales y una computadora de batalla, para expulsar bombas guiadas por láser, bombas convencionales de desplome libre y cohetes.



Figura 2. Presentación de aeronaves Súper Tucano A-29
Fuente: (Comercio, 2012)

Dicho con palabras de (Force, 2015) la Fuerza Aérea Ecuatoriana (FAE) ordenó 24 aviones Súper Tucano en marzo de 2009, como fracción de un acuerdo de 270 millones de dólares acordado con Embraer en 2008. Un total de seis Súper Tucano fueron

entregados en abril de 2010, la FAE redujo su pedido de 24 a 18 en mayo de 2010 para comprar 12 aviones de combate Cheetah C de segunda de Denel Dynamics. El EMB-314 Súper Tucano es una versión mejorada del avión guía EMB-312 Tucano, con capacidades de mayor velocidad y altitud. El prototipo del Súper Tucano voló por primera vez en 1996. Su vuelo oficial fue el 2 de junio de 1999 e introducido en 2003.



Figura 3. Aeronaves Súper Tucano
Fuente: (Manov, 2009)

2.1.1 Generalidades

Como expresa (Page, 2009) el Súper Tucano es un avión de cinco toneladas y un solo asiento. Básicamente es un entrenador de apoyo que puede equiparse para misiones de combate, vigilancia aérea, entrenamiento de pilotos, seguridad interna. Escolta armada y patrullas fronterizas. (Telégrafo, 2018). Da a conocer que los Súper Tucano despegan desde la Base Aérea de Manta con dirección a Esmeraldas. Ahí es su punto de abastecimiento para continuar con las misiones cuya información es entregada a los jefes del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas.

De acuerdo con (Espectador, 2008) el avión es una evolución del Tucano, del que Embraer vendió 650 unidades a fuerzas aéreas de 15 diferentes países, y permite, además de entrenamiento de pilotos, eficacia operacional a bajos costos. Hasta ahora, Embraer tiene pedidos de las Fuerzas Aéreas de Chile, República Dominicana y Ecuador. El Súper Tucano actualmente opera con éxito con las Fuerzas Aéreas de Brasil y Colombia en misiones de vigilancia del espacio aéreo y operaciones.

Como afirma (Espectador, 2008). Embraer, cuarto mayor fabricante de aviones del mundo, la aeronave puede ser usada en misiones operacionales de apoyo a la seguridad interna y acciones anti insurgentes, aterrizar en pistas de hasta 500 metros, alcanza una altura de 35.000 pies a una velocidad de entre 500 y 550 kilómetros por hora.



Figura 4. Operación del Súper Tucano A-29

Fuente: (Manov, 2009)

Como señala (Nacional, 2010) esta flexibilidad convierte al Súper Tucano en el único avión en producción, en el mundo, que es capaz de manejar entrenamiento avanzado de pilotos, vigilancia y misiones de contrainsurgencia, incluso de noche, con la ayuda de gafas de visión nocturna, electroópticas y sensores infrarrojos. En la opinión de (Framer, 2016), el A-29 fue diseñado para operar en los entornos de combate más complejos,

incluida la capacidad de visión nocturna, armamento inteligente y tecnología de enlace de datos. Además posee una estructura reforzada para operaciones en campos de aterrizaje rústicas, el avión tiene un sistema avanzado de navegación y de apuntado de armas que garantiza una alta precisión y confiabilidad de la misión. Las tareas que se realizan en los aviones Súper Tucano A-29B se encuentran detalladas en el MPD 3728 (Maintenance Planning Document) y está basado en los siguientes documentos.

Tabla 1

Manuales para las tareas de mantenimiento e inspección

N°	TIPO DE MANUAL
1	Aircraft illustrated Parts Catalog
2	Aircraft Maintenance Manual (II)
3	Component Maintenance Manual
4	Consumable Products Catalog
5	Fault isolation Manual
6	List of Applicable Publications
7	Nondestructive Testing Manual

Fuente: (FAE, 2005)

(Alcazar, 2018) Menciona que los Súper Tucano, son aeronaves provistas con tecnología de punta. Poseen cámaras electro ópticas con las que se toman fotos y graban videos a largas distancias. Entre los dispositivos se destacan los sensores infrarrojos y láser. Esa tecnología permite que las misiones desde el aire sean muy eficaces.

2.1.2 Características

Manifiesta (Framer, 2016) que la aeronave fue diseñada para operar en ambientes hostiles, en condiciones rigurosas, con poca infraestructura de soporte, el Súper Tucano es el avión ideal para realizar entrenamiento avanzado y misiones de contrainsurgencia. Es capaz de volar sobre teatros operativos durante más de cuatro horas, mientras realiza misiones de reconocimiento y apoyo para tropas en tierra, y ofrece más de 130 configuraciones de armas probadas y operativas.

a. Características principales

Tabla 2

Características principales.

Tipo	Avión de ataque ligero, contrainsurgencia, y entrenador avanzado
Primer vuelo oficial	1999
Fabricante	Brasil – Embraer
Generación	4 ^o
Introducido	2003
Estado	En servicio
Usuarios principales	Fuerza Aérea Brasileña, Fuerza Aérea Colombiana, Fuerza Aérea Dominicana, Fuerza Aérea Ecuatoriana
N.º construidos	259

Fuente: (Manual General de Mantenimiento, 2015.)

b. Características generales

Tabla 3

Características generales

Tripulación:	1 (A-29A), 2 (A-29B)
Longitud:	11.33 m 37.17 ft
Envergadura:	11.14 m 36.55 ft
Altura:	3.97 m 13.02 ft
Peso vacío:	3.020 kg 6.658 lb
Peso cargado:	4.520 kg 9.965 lb
Peso máximo al despegue:	5.400 kg 11.464 lb
Planta motriz:	1x turboprop Pratt & Whitney Canada PT6A-68C
Potencia:	1.193 kW 1.600 SHP
Hélices:	1x Hartzell HC-B5MA-2 de 5 palas por motor
Peso del conjunto de frenos:	9.6 Kg

Fuente: (FAE, 2005)

De acuerdo con (Page, 2009) el avión A - 29 navega a unos 500 kilómetros por hora y puede permanecer en el aire durante aproximadamente 6.5 horas por salida. El avión Súper Tucano puede transportar hasta 1.5 toneladas de armas, incluidas ametralladoras, bombas y misiles de 12.7 mm. Define (Force, 2015) que las características adicionales de supervivencia incluyen protección de blindaje y redundancia de sistemas críticos. El piloto está protegido con una armadura de Kevlar y dispone de un asiento de expulsión cero/cero.

2.2 Inspección

(Ecuador, 2016) Plantea que la inspección implica ejecutar la constatación visual o la verificación de un producto, proceso, componente, instalación o su diseño para valorar su conformidad con unos requisitos en un intervalo determinado.

2.2.1 Tipos de inspección de la aeronave A – 29 Súper Tucano

Según (FAE, 2005) los tipos de inspección del avión A – 29 se encuentran detalladas a continuación:

a. Inspecciones periódicas: Son inspecciones previstas en el Programa de Mantenimiento Aprobado, estas pueden ser:

a.1 Inspección calendaría: Cuando el intervalo corresponde a un periodo de tiempo determinado.

a.2 Inspección por ciclos: Cuando el intervalo corresponde a la repetición de un determinado proceso de operación de los sistemas de la aeronave.

a.3 Inspecciones mixtas: Cuando los límites de frecuencia se combinan entre los anteriores.

a.4 Inspecciones progresivas: Es una inspección completa de la aeronave cumplida en etapas desarrollada mediante un programa y acondicionada a la flexibilidad de la operación o condición de la organización, siempre y cuando se especifique en el manual su permisibilidad, asegurándose a la terminación de una inspección anual antes del inicio de inspecciones, bajo un programa de inspecciones progresivas:

- Cumplimiento con los intervalos de inspección prescritos en el programa progresivo
- La terminación del Ciclo de Inspección dentro de los doce (12) meses calendario

a.5 Inspección horaria: Cuando el intervalo corresponde a horas de vuelo.

Tabla 4

Inspección por horas de vuelo

N°	TAREAS POR HORAS DE VUELO
1	25 HRS
2	50 HRS
3	100 HRS
4	300 HRS
5	400 HRS
6	600 HRS
7	900 HRS
8	1000 HRS
9	1200 HRS
10	1500 HRS
11	1800 HRS
12	2000 HRS
13	2100 HRS
14	2250 HRS
15	3000 HRS
16	4000 HRS
17	4500 HRS
18	4800 HRS
19	9000 HRS

Fuente: (FAE, 2005)

b. Inspecciones no periódicas: Son motivadas por una situación particular no correspondiente a un periodo determinado y pueden ser:

b.1 Inspección para vuelo de traslado: Tiene por finalidad verificar los requerimientos mínimos de seguridad de vuelo a cumplirse en una aeronave, para efectos de realizar su traslado hasta un centro de mantenimiento.

b.2 Inspección de aceptación: Tiene por finalidad determinar la condición del material al momento de ser recibido por la Organización de Mantenimiento, ya sea material nuevo, overhaul, reparado o de un proceso de contratación.

b.3 Inspección de reacondicionamiento prórroga: Tiene por finalidad determinar la condición del material aeronáutico y establecer las tareas necesarias para mantener en condiciones de servicio, por un intervalo de operación previamente establecido y autorizada por la Dirección de Mantenimiento. Comprende los siguientes casos:

- En productos vencidos por tiempo u horas de vuelo, para evaluar la extensión del intervalo de operación que se considera
- En productos de los que se desconoce total o parcialmente la historia de los mismos para establecer su situación de mantenimiento

b.4 Inspecciones técnicas: Tiene por objeto verificar la calidad de las actividades de mantenimiento para determinar la condición de la aeronave y la exactitud de los registros de inspección y mantenimiento.

b.5 Inspección pericial: Tiene como propósito cubrir las exigencias establecidas por actuación de justicia o de una Junta de Investigación de Accidentes que requieran la opinión de un perito.

b.6 Inspecciones eventuales o especiales: Comprende aquellas inspecciones que se realizan cuando un producto ha experimentado situaciones anormales o no rutinarias de operación, a fin de verificar la aparición de discrepancias asociadas a esta situación, como las que se detallan continuación:

- Inspección por corrosión o fatiga (Consecuencia de una situación anormal)
- Inspección pre-embarque post-embarque (Traslado del producto en un medio cualquiera)
- Inspección por exceso de aceleración
- Inspección pre vuelo en atmosfera turbulenta, severa, bruscos y por parada súbita
- Inspección por descargas de rayo
- Inspección por contacto con ambientes corrosivos o erosivos
- Inspección por sobre velocidad
- Inspección por impacto
- Inspección por ingestión de objetos extraños (FOD)
- Toda otra situación que se considere anormal en base a las especificaciones de operación aplicables a la aeronave

2.3 Mantenimiento aeronáutico

De acuerdo a (DGAC, 2010) son los trabajos requeridos para asegurar el mantenimiento de la aeronavegabilidad de las aeronaves, lo que incluye una o varias de

las siguientes tareas: reacondicionamiento, reparación, inspección, reemplazo de piezas, modificación o rectificación de defectos.



Figura 5. Mantenimiento aeronáutico
Fuente: (DIAZ, 2015)

2.3.1 Definiciones

(FAE, 2005) Declara que mantenimiento aeronáutico se define como la ejecución del conjunto de procesos y tareas de mantenimiento, reparación y/o modificación del material aeronáutico, para mantener o mejorar sus características y especificaciones originales, a efectos de cumplir con los estándares de aeronavegabilidad. González (2003), define como mantenimiento la realización de las operaciones que, de acuerdo con el estándar aprobado por el fabricante o por la Autoridad competente, son declaradas de obligado cumplimiento.

Patton (1988), define como la disciplina cuya finalidad consiste en mantener las máquinas y el equipo en un estado de operación, lo que incluye servicio, pruebas, inspecciones, ajustes, reemplazo, reinstalación, calibración, reparación y reconstrucción. Se basa en el desarrollo de conceptos, criterios y técnicas requeridas para el

mantenimiento, proporcionando una guía de políticas o criterios para toma de decisiones en la administración y aplicación de programas de mantenimiento. Los niveles de mantenimiento son las inspecciones específicas que se aplican a las aeronaves y equipos, de acuerdo al grado de complejidad de los trabajos de mantenimiento y son los siguientes:

a. I Nivel (Nivel operacional)

Consiste en tareas simples y rutinarias que se ejecutan en el lugar de operación. Los trabajos a ejecutarse en este nivel son: inspecciones visuales (Pre, Entre y Pos Vuelo), complementarias de la aeronave, reemplazo de conjuntos, subconjuntos, equipos, unidades o partes en línea de fácil acceso (LRU Line Replacement Unit).

b. II Nivel (Nivel intermedio)

Son los procesos y tareas de mantenimiento aeronáutico que se realizan a las aeronaves, motores, hélices, componentes y equipos, en talleres, hangares o instalaciones móviles; entre otras tenemos: inspecciones, reparaciones, desmontaje, ensamblaje, comprobación y calibración. Aquí se encuentra el nivel de mantenimiento que se va a realizar en el presente trabajo de inspección del conjunto de frenos del avión A – 2 Súper Tucano.

c. III Nivel (Nivel de depósito)

Son los procesos y tareas de mantenimiento aeronáutico que permiten la reconstrucción o modificación de productos, componentes y equipos aeronáuticos,

ejecutados por el fabricante o estación reparadora certificada. Los trabajos en este nivel son: Overhaul, inspección mayor, reparación mayor y alteración.

2.3.3 Tipos de mantenimiento

(FAE, 2005) Especifica que el mantenimiento puede ser aplicado de 4 formas: Preventivo, Correctivo, Restaurativo y Modificación o alteración.

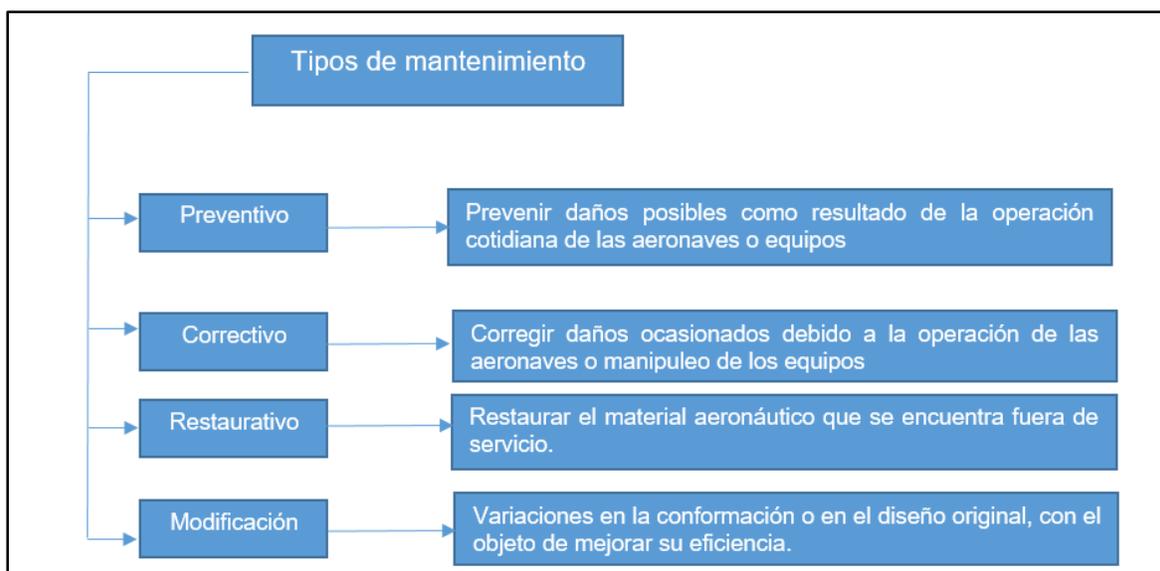


Figura 6. Tipos de mantenimiento
Fuente: (FAE, 2005)

a. Preventivo

Son acciones de mantenimiento, aplicadas al material aeronáutico que se encuentra en servicio para conservarlo en dicha situación o prevenir daños posibles como resultado de la operación cotidiana de las aeronaves o equipos, que incluye el mantenimiento programado y predictivo. Abarca acciones de monitoreo o seguimiento de parámetros del material, a efectos de determinar una acción correctiva, en función de la variación con

respecto a un estándar. Aquí se encuentra el nivel de mantenimiento que se va a realizar en el presente trabajo de inspección del conjunto de frenos del avión A – 2 Súper Tucano.

b. Correctivo

Son tareas de mantenimiento aeronáutico que se ejecutan en los talleres, hangares o instalaciones móviles, para corregir daños ocasionados debido a la operación de las aeronaves o manipuleo de los equipos, el cual permite mantener el estado de funcionamiento inicial o diseño original.

c. Restaurativo

Son acciones de mantenimiento aplicadas sobre el material aeronáutico que se encuentra fuera de servicio, para devolverlo al servicio operativo, sin introducir cambios en su conformidad o diseño original.

d. Modificación o alteración

Son acciones de mantenimiento que introducen en el material aeronáutico, variaciones en la conformación o en el diseño original, con el objeto de mejorar su eficiencia o variar su capacidad.

2.3.4 Procedimientos de ejecución de mantenimiento

a. Mantenimiento en el hangar

Como plantea (FAE, 2005) se realizan tareas de mantenimiento preventivo, correctivo y alteraciones, mediante órdenes de trabajo o ingeniería, etc., para lo cual se dispondrá del Inspector de Control de Calidad, Supervisor de Mantenimiento, Supervisor de Producción y Técnicos de las diferentes especialidades de mantenimiento, los mismos

que utilizarán información técnica aprobada del fabricante (Approved Data), procedimientos del MGM y Regulaciones Aeronáuticas vigentes.



Figura 7. Mantenimiento de hangar

Fuente: (Flores, 2019)

(FAE, 2005) Manifiesta que el supervisor de mantenimiento del hangar asignará las tareas, basándose en los conocimientos, habilitaciones y experiencia de los técnicos; supervisará el correcto llenado de los formularios de mantenimiento, de acuerdo a las tareas ejecutadas y los entregará al supervisor de producción quien registrará las tareas cumplidas así como los tiempos empleados y entregará toda la documentación de la inspección realizada al inspector de control de calidad para su aceptación final.



Figura 8. Supervisión de mantenimiento

Fuente: (Gorodenkoff, 2019)

Si dentro de los trabajos de mantenimiento fuese necesario realizar una Alteración o Reparación Mayor a la aeronave, motores, hélices o componentes, Control de Calidad elevará los informes correspondientes al Comandante del Escuadrón de Mantenimiento, detallando los trabajos a ejecutarse y este a su vez informará al escalón correspondiente, si dentro de los trabajos de mantenimiento fuese necesario realizar una Alteración o Reparación Mayor a la aeronave, motores, hélices o componentes, Control de Calidad elevará los informes correspondientes al Comandante del Escuadrón de Mantenimiento, detallando los trabajos a ejecutarse y este a su vez informará al escalón correspondiente:

- Personal autorizado a realizar mantenimiento en las aeronaves, motores, componentes o equipos.
- El personal que disponga de la habilitación del tipo de aeronave, motor, componente o equipo, puede realizar y certificar con su firma la ejecución o supervisión del mantenimiento preventivo, correctivo y alteraciones así como la liberación de aeronavegabilidad, de acuerdo a las atribuciones obtenidas.
- El personal que NO cuente con su habilitación de técnico de mantenimiento, puede realizar mantenimiento, mantenimiento preventivo y alteraciones bajo la supervisión de un técnico de mantenimiento habilitado.

2.4 Sistema de conjunto de freno

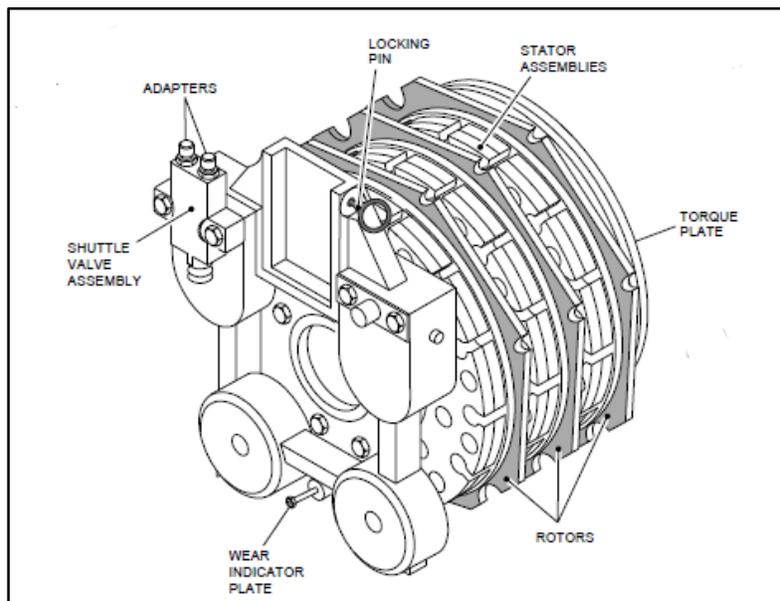


Figura 9. Conjunto de frenos

Fuente: (AMM, 2013)

2.4.1 Generalidades

De acuerdo a (Goodrich, 2004) el conjunto de frenos 2-1700 se conforma con frenos de disco múltiple accionado por pistón. El conjunto de frenos opera desde el sistema hidráulico de la aeronave y utiliza fluido hidráulico MIL-H-5606 o MIL-PRF-83282. El conjunto de frenos funciona a una presión máxima de 3000 psi (206,8 bar) con una contrapresión de 30 psi (2,1 bar).

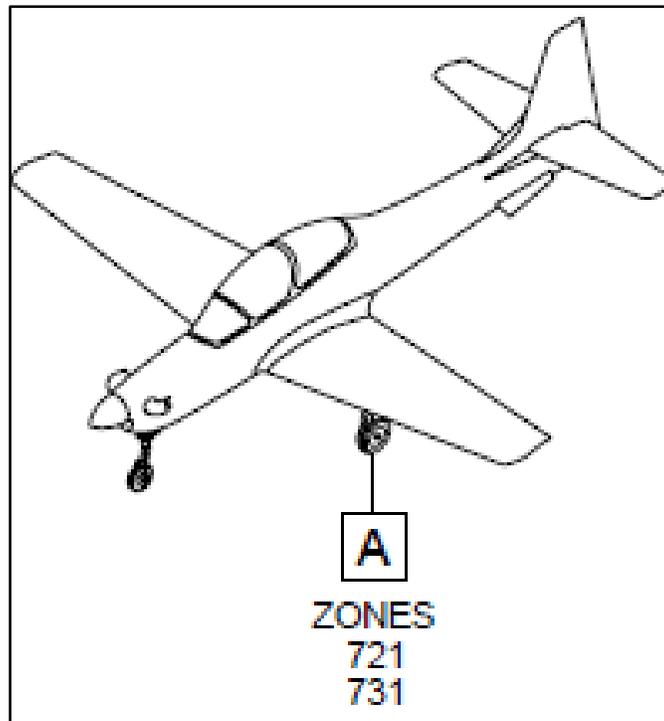


Figura 10. Ubicación del conjunto de frenos
Fuente: (AMM, 2013)

2.4.2 Tipo de frenos por su uso

a. Frenos hidráulicos

(Hernandez, 2012) Define que los frenos hidráulicos consisten en la transmisión por medios hidráulicos del esfuerzo de freno aplicado al pedal de frenos, para hacer funcionar a los elementos de frenado. Este es el tipo de freno que posee la aeronave Súper Tucano A-29.

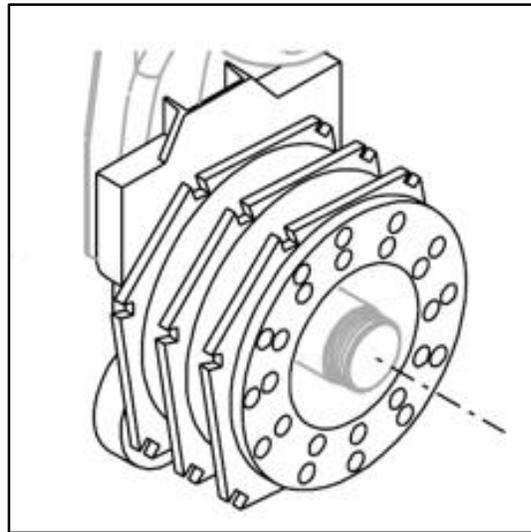


Figura 11. Frenos hidráulicos
Fuente: (AMM, 2013)

b. Frenos de cinta o de banda

(Hernandez, 2012) Define que los frenos de cinta o banda utilizan una banda maleable, las mordazas o zapatas se aplican para ejercer tensión sobre un cilindro o tambor rotatorio que se encuentra solidario al eje que se pretenda manejar. La banda al ejercer presión, ejerce el roce con la cual se disipa en calor la energía cinética del cuerpo a controlar.

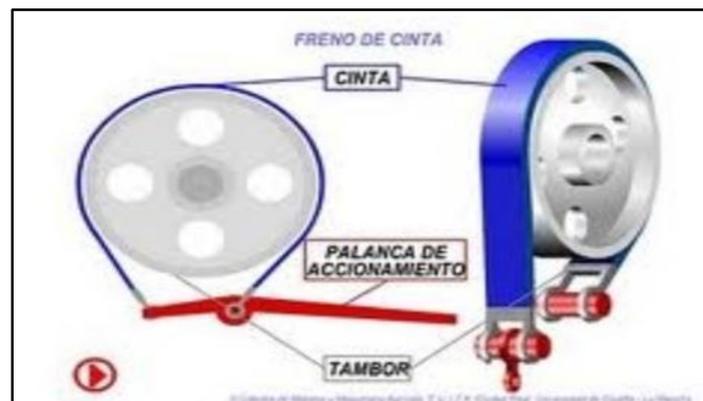


Figura 12. Frenos de cinta
Fuente: (Sites, 2015)

c. Frenos neumáticos

(Hernandez, 2012) Expresa que es el sistema de frenos que para transmitir la fuerza de frenado aplicada al pedal de freno, ocupa aire comprimido a una presión que hace actuar sobre los elementos de frenado.

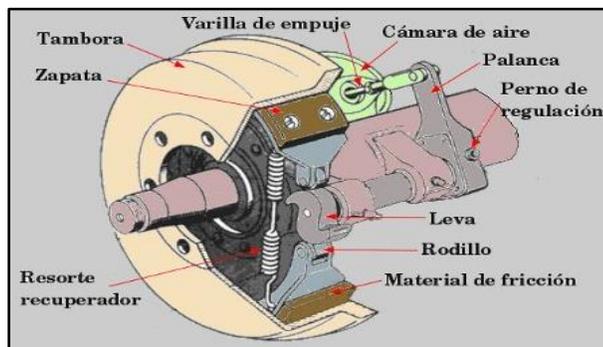


Figura 13. Freno neumático

Fuente: (Raudales, 2015)

d. Frenos eléctricos

(Hernandez, 2012) Sostiene que los frenos eléctricos son unos dispositivos que permiten decelerar o inmovilizar un vehículo mediante accionamiento eléctrico. El más utilizado es el freno eléctrico "ralentizador", que se emplea en los camiones y vehículos pesados para la declinación de pendientes largas.

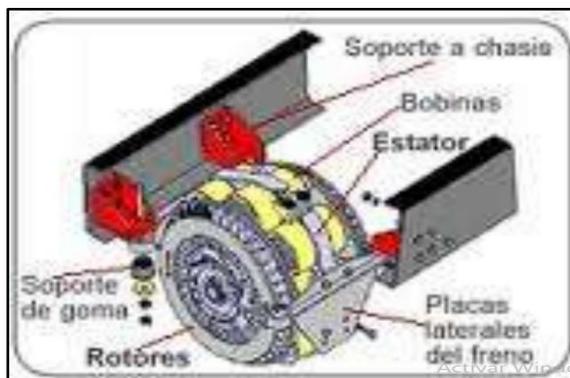


Figura 14. Freno eléctrico

Fuente: (Perez, 2011)

2.4.3 Funcionamiento de los frenos

De acuerdo con (Goodrich, 2004) el fluido hidráulico mueve a los cuatro pistones y aislantes contra el conjunto de la placa de presión a 300 psi en el conjunto de la carcasa del pistón, lo que hace que el conjunto de la placa de presión se mueva hacia adelante. A medida que el conjunto de los pistones y la placa de presión se mueven hacia adelante, los tres soportes del rotor y los dos conjuntos del soporte del estator se empujan entre el conjunto de la placa de presión y el conjunto de la placa de torsión. La fricción causada por las piezas giratorias y no giratorias produce el efecto de detención.

Cuando se opera el conjunto del freno, cada pistón se mueve hacia adelante, lo que hace que el pasador y el retenedor del pasador comprima el resorte en el conjunto del manguito. El retenedor del pasador toca el fondo contra el conjunto de la manga y sostiene el pasador. Cualquier movimiento adicional del pistón (causado por el desgaste del freno) hace que el pasador se mueva a través del tubo de ajuste, lo que le da al freno un espacio libre constante después de cada liberación del freno. Cuando se libera la presión, el resorte del conjunto del manguito empuja el retenedor del pasador, el pasador y el pistón hacia atrás una distancia igual al recorrido desde la posición inicial, para dar un espacio libre constante de funcionamiento después de cada liberación del freno. La distancia que el tubo se tira a través del pasador de ajuste, se ajusta al desgaste del freno.

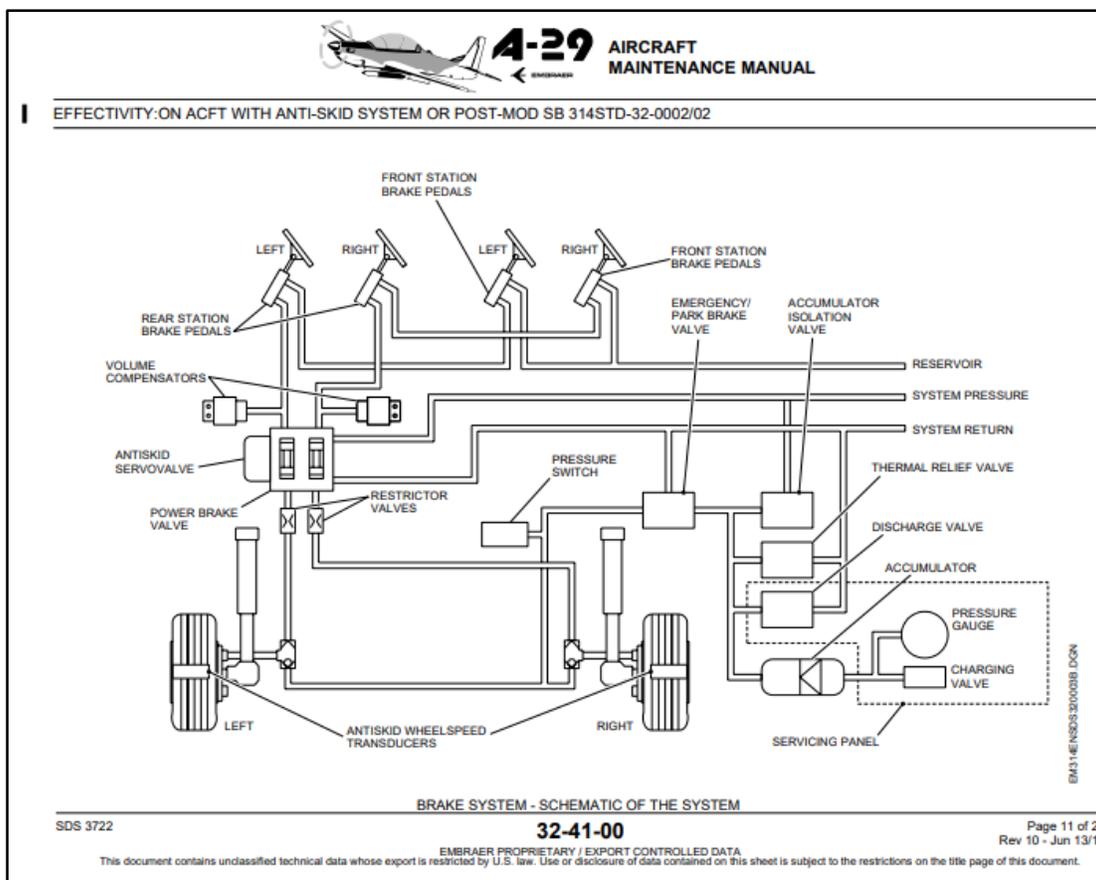


Figura 15. Diagrama esquemático del sistema de frenos del A-29
Fuente: (AMM, 2013)

2.4.4 Componentes

El conjunto de frenos tiene tres partes principales:

- El conjunto de la carcasa del pistón
- El dissipador de calor
- Conjunto de la placa de torsión

a. El conjunto de la cubierta del pistón

(Goodrich, 2004) Declara que el conjunto de la cubierta del pistón realiza las funciones de accionamiento, retracción y ajuste del juego del freno, el conjunto de la carcasa del

pistón está unido al conjunto de la placa de torsión con cinco pernos y arandelas. El conjunto de carcasa de pistón de aluminio contiene cuatro conjuntos de ajuste, un conjunto de válvula de purga hidráulica, un accesorio de purga, un adaptador de purga y un conjunto de válvula de lanzadera. Se instala un empaque preformado en el accesorio de purga para sellar contra fugas de fluido.

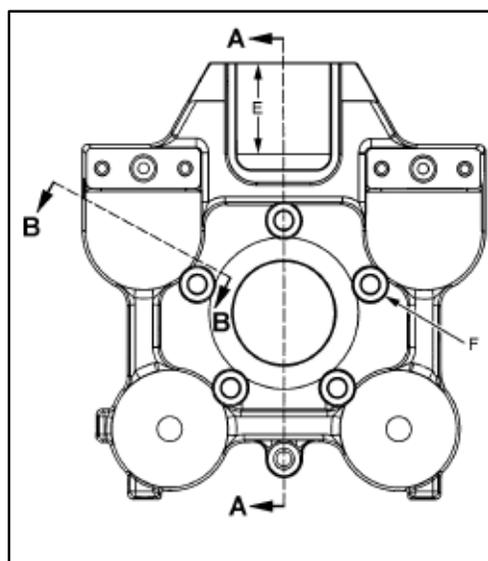


Figura 16. Cubierta del pistón
Fuente: (Goodrich, 2004)

Un empaque preformado y un retenedor del empaque están instalados en el adaptador de purga y el conjunto de la válvula de lanzadera sirve para sellar contra las fugas del fluido. El adaptador de purga y el conjunto de la válvula de lanzadera se intercambian entre los puertos, para instalar el conjunto del freno en el lado derecho o izquierdo del puntal. Un indicador de desgaste del revestimiento se encuentra en la parte inferior del conjunto de la carcasa del pistón y se utiliza como un medio visual para determinar el desgaste del revestimiento.

El indicador de desgaste consta de un pasador indicador de desgaste, buje, resorte y una tuerca autoblocante. El resorte se usa para mantener la cabeza del pasador contra el conjunto de placa de presión. La tuerca de auto bloqueo evita la pérdida del pasador cuando el freno está completamente ajustado. El buje se usa para ajustar la longitud del pasador de desgaste y las roscas en un inserto Heli-Coil que se instala en el conjunto de la carcasa del pistón.

Un conjunto de válvula de lanzadera hidráulica está unido al conjunto de carcasa del pistón con dos pernos y arandelas. El conjunto de la válvula de lanzadera proporciona una operación de emergencia del conjunto de los frenos si se detiene la fuente primaria de presión hidráulica. Un empaque preformado y un retenedor del empaque sellan la unidad contra fugas de fluido. Los adaptadores se instalan en la válvula de lanzadera para instalar las líneas hidráulicas y neumáticas de la aeronave.

Cada conjunto de ajuste contiene un anillo de respaldo, un retenedor de pasador, el conjunto de pistón, el conjunto del empaque (sello en T), el conjunto de anillo rascador y conjunto de manguito. Un pasador de bloqueo instalado en el conjunto de la carcasa del pistón sostiene el conjunto de frenos en el eje cuando se retira el conjunto de la rueda.

b. El disipador de calor

Como dice (Goodrich, 2004) el disipador de calor incluye todas las partes que tienen superficies de fricción que hacen que el conjunto de frenos detenga la rotación de la rueda. Estas partes incluyen un conjunto de placa de presión, tres cámaras de rotor, dos conjuntos de soporte del estator y un conjunto de placa de torsión de acero. El conjunto de placa de presión tiene terminales de accionamiento en el diámetro interno que

engancha las ranuras en el conjunto de la placa de torsión. Doce placas de desgaste están unidas a la placa de presión con remaches.

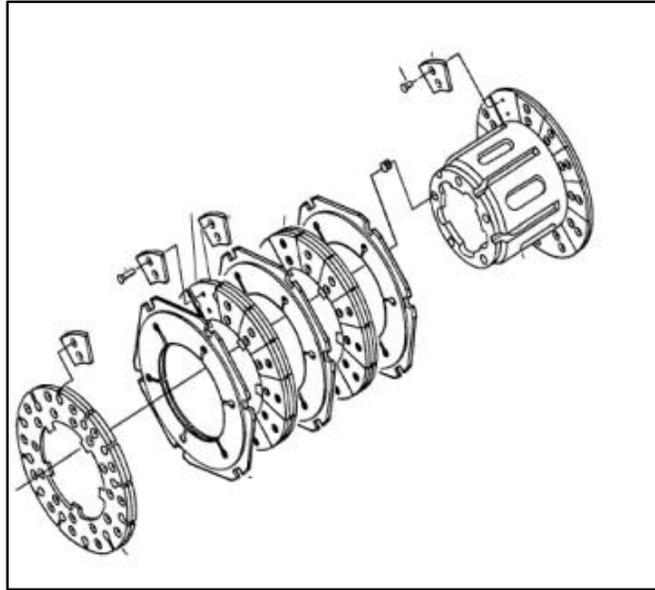


Figura 17. Disipador de calor

Fuente: (Goodrich, 2004)

El conjunto de la placa de presión no gira, pero se desliza según sea necesario sobre el conjunto de la placa de torsión a medida que funciona el conjunto de frenos. Los soportes del rotor tienen ranuras de accionamiento en el diámetro exterior que se acoplan a las inserciones de la orejeta de torque en el conjunto de la rueda. Cada soporte del rotor tiene un soporte de acero con material de revestimiento que se sinteriza a cada lado. El portador del rotor gira con la rueda y se desliza según sea necesario en el inserto de la rueda mientras opera el conjunto de frenos.

Los conjuntos del portador del estator tienen orejetas de accionamiento en el diámetro interno que se enganchan en las ranuras de accionamiento en el conjunto de la placa de torsión. Veinticuatro placas de desgaste están unidas a un soporte de acero con

remaches. Los conjuntos de soporte del estator no giran, sino que se deslizan sobre el conjunto de la placa de torsión a medida que funciona el conjunto del freno.

c. El conjunto de placa de torsión

Como lo hace notar (Goodrich, 2004) el conjunto de la placa de torsión está atornillado al conjunto de carcasa del pistón mantiene el conjunto de placa de presión y los conjuntos de soporte del estator en la alineación correcta con los soportes del rotor. Doce placas de desgaste están unidas a la pata trasera de la placa de torsión con remaches.

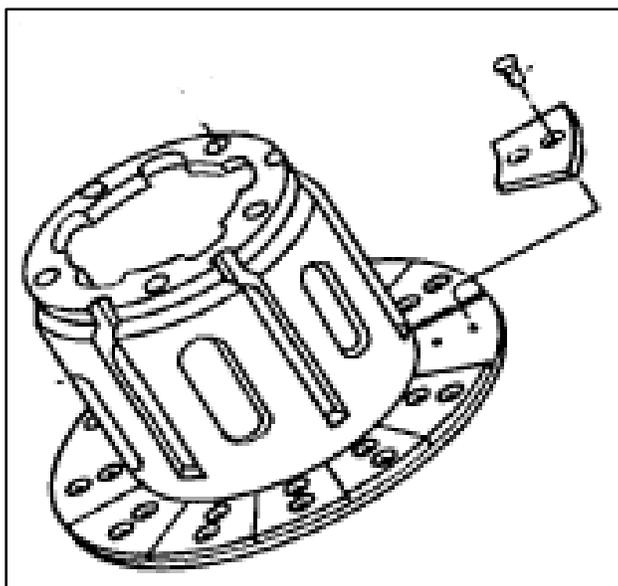


Figura 18. Placa de torsión

Fuente: (Goodrich, 2004)

2.5 Soporte para la inspección del conjunto de frenos

Para realizar la construcción del soporte para la inspección del conjunto de frenos del avión Súper Tucano se utilizó el diagrama de flujo (**ANEXO A**), y para su operación, mantenimiento y seguridad respectivamente (**ANEXOS F – G – H**). Su plano de

construcción: Vista frontal, vista lateral izquierda y vista superior se encuentra detallado respectivamente en (ANEXOS J – K – L).

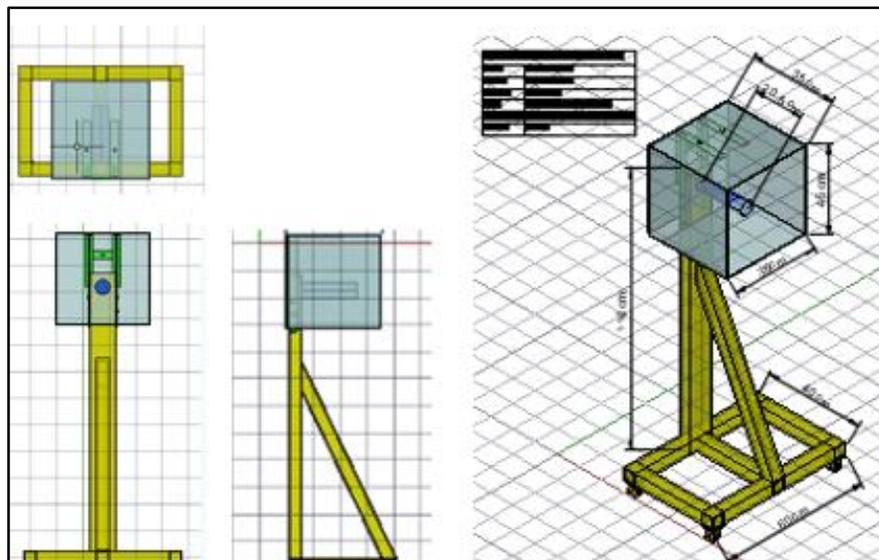


Figura 19. Diseño del soporte

2.5.1 Materiales para la construcción del soporte

2.5.2 Tubo cuadrado y rectangular de acero

(Planes, 2017) Indica que los tubos cuadrados y rectangulares se utilizan habitualmente para fines estructurales y de protección como la construcción de edificios, soportes, barandillas y postes de señalización.

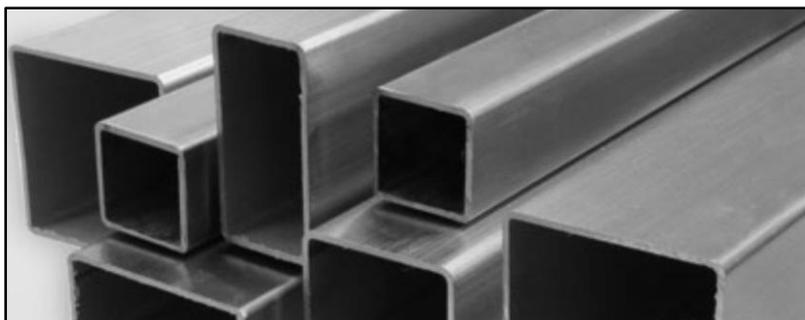


Figura 20. Tubo cuadrado y rectangular de acero

Fuente: (Steel, 2013)

2.5.3 Tubo de acero

(Mallas, 2018) Menciona que al ser una mezcla (hierro y carbón) tiene muchas propiedades interesantes. Es un material crecidamente pesado que el aluminio (tres veces más), por lo que es especialmente estimado para su empleo en estructuras pesadas y/o que requieren resistencia a la corrosión y las temperaturas extremas, como muestra la construcción tanto de viviendas como de grandes estructuras, como puentes, carreteras o soportes. Es factible para soldar, y tiene una facilidad de corte, moldeado y mecanizado moderados.

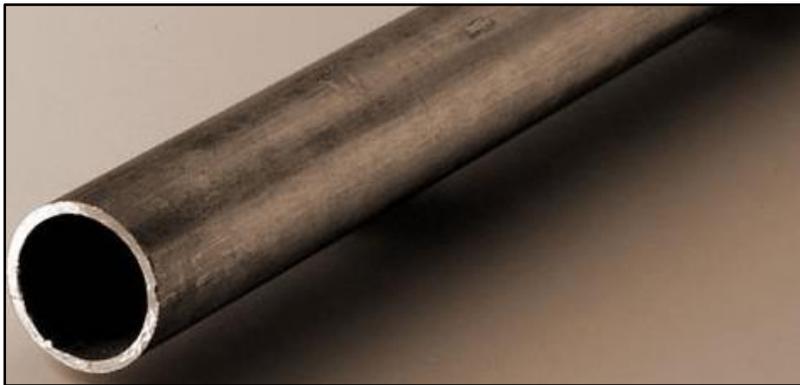


Figura 21. Tubo de acero
Fuente: (Mallas, 2018)

2.5.4 Platina

(Cortes, 2017) Señala que la platina es un acero empleado en construcciones de estructuras metálicas, puentes, edificaciones remachadas, atornilladas o soldadas. Igualmente se emplea en cerrajería y señalización. Este acero dada su alta soldabilidad, permite ser adherido con cualquier tipo de electrodo revestido de acero al carbono.



Figura 22. Tubo de acero
Fuente: (Martinez, 2016)

2.5.5 Acero galvanizado

(Mallas, 2018) Menciona que el acero galvanizado se obtiene mediante el procedimiento de galvanización. Este consiste en un proceso que protege al acero del desgaste de la corrosión, mediante el cual se recubre con zinc para evitar su oxidación. El proceso incluye sumergir las piezas de hierro y acero en zinc fundido, mediante una reacción metalúrgica entre el hierro y el zinc se forman una serie de aleaciones de zinc-hierro que crean una fuerte unión entre el acero y el recubrimiento.



Figura 23. Tubo de acero galvanizado
Fuente: (Gonzales, 2017)

2.5.6 Acrílico

(Morales A. , 2014) Expresa que el acrílico es un termoplástico con una dureza y excepcionalmente cristalino. En su estado natural es transparente pero se puede

pigmentar para conseguir una infinidad de colores. Además se puede dejar sin pigmento para elaborar una lámina completamente transparente. Se produce material en una clase de parámetros de transmisión y difusión de luz, óptimo para diferentes usos. Es inerte a muchas sustancias corrosivas. Su fortaleza a la intemperie hace que sea el material apto para una variedad de aplicaciones al aire libre.

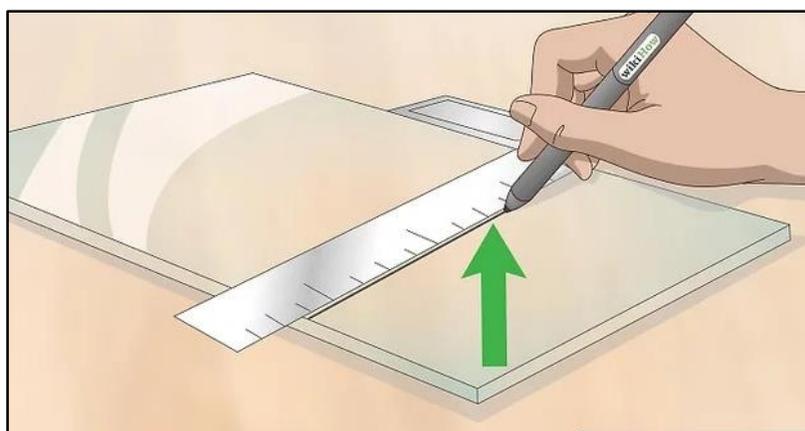


Figura 24. Acrílico
Fuente: (Morales Z. , 2017)

2.5.7 Soldadura SMAW

(Herram, 2013) Detalla que el procedimiento de soldadura por arco es uno de los crecidamente más usados y engloba diversas técnicas. Una de esas técnicas es la soldadura por arco con electrodo metálico revestido (SMAW, por sus siglas en inglés), igualmente es conocida como soldadura por arco con electrodo recubierto o soldadura manual de arco eléctrico. Básicamente es un proceso en la cual el calor de soldadura es generado por un arco eléctrico entre el material de trabajo (metal base) y un electrodo metálico consumible (metal de aporte) recubierto con materiales químicos en una composición adecuada (fundible).



Figura 25. Soldadura SMAW
Fuente: (Saragoza, 2018)

2.5.8 Acabados

(Recti, 2016) Expresa que todas las clases de pinturas y primers se componen de tres elementos básicos: pigmentos para añadir color; solventes para que el producto fluya lo suficiente para extenderse o rociarse; y aglutinantes, que unen al producto y que con el pigmento crean una película rígida después que el solvente se evapora y el producto se seca. Frecuentemente se habla de los “sólidos” en los productos de pintura, refiriéndose al pigmento, los aglutinantes y cualquier distinto aditivo que no se seque o evapore al punto de la aplicación.



Figura 26. Acabados
Fuente: (Pastor, 2016)

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Preliminares

En el presente capítulo se especifica los procedimientos, pasos y normas que se realizaron para la ejecución de la inspección del conjunto de frenos del avión A-29 Súper Tucano de acuerdo al manual de componentes y partes (IPC) Nro. 2-1700 Cap. 32-48-10, con todos los procedimientos de seguridad empleados para así no causar daño al equipo y personal técnico, en todos los trabajos realizados se emplearon todos los conocimientos adquiridos en la especialidad y carrera de mecánica aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías brindadas por los docentes e instructores, además se puso en práctica todo lo aprendido en las pasantías en los talleres aeronáuticos que nos brindaron conocimientos para profesionalizarnos en la carrera.

Este proyecto de graduación se enfatizó para facilitar los trabajos de mantenimiento, inspección de los conjuntos de frenos y poder proporcionar un soporte y escudo protector al personal técnico del CEMAF (Centro de Mantenimiento de la Fuerza Aérea), para la comprobación funcional de estos componentes una vez terminado su inspección. La inspección es una acción preventiva de suma importancia realizada para evitar daños en el componente en cuestión, debido que al ser realizada evidenciamos la vida útil de todas las partes y mediante varias pruebas funcionales evidenciamos su aeronavegabilidad detallados en el presente capítulo y en el manual de componentes y partes con IPC.

3.2 Medidas de seguridad

- ✓ Utilizar adecuadamente el EPP
- ✓ Identificar medidas de prevención mediante señaléticas
- ✓ Utilización de herramientas y equipos especiales para los trabajos de inspección
- ✓ Utilización de ordenes técnicas y manuales de mantenimiento
- ✓ Pruebas del soporte y comprobación de los trabajos realizados

3.3 Soporte y escudo protector

Posterior a la realización del diseño del soporte y escudo protector se realizó el análisis correspondiente para la verificación mediante los resultados de:

- Mallado sólido (**ANEXO B**)
- Tensión Von Mises (**ANEXO C**)
- Desplazamiento URES (**ANEXO D**)
- Factor de seguridad (**ANEXO E**)

3.3.1 Equipos y herramientas utilizadas para la construcción

Para realizar la construcción del soporte y escudo protector se adquirió el material necesario para proceder a la ejecución del proyecto, así como los equipos de protección necesarios para la seguridad personal y las herramientas necesarias utilizadas en los procesos de metalizado y construcciones metálicas identificados en el siguiente gráfico.



Figura 27. Elementos de seguridad
Fuente: (Steel, 2013)

- ✓ Tubo de acero cuadrado de 5x5 cm
- ✓ Tubo de acero rectangular de 10x5 cm
- ✓ Palatina de 2.5 cm
- ✓ Acrílico o mica 4.5 mm
- ✓ Ruedas de coche
- ✓ Tubo galvanizado
- ✓ Pernos mariposa
- ✓ Pintura acrílica color amarilla
- ✓ Limas
- ✓ Amoladora
- ✓ Suelda
- ✓ Taladro
- ✓ Soplete de pintar
- ✓ Sierra de corte
- ✓ Electrodo 6011
- ✓ Martillo
- ✓ Flexómetro
- ✓ Entenalla

- ✓ Llave mixta Nro 3/8 in y 1/4 in
- ✓ Brocas de acero Nro 3/8 in y 1/4 in
- ✓ Desarmadores
- ✓ Espátulas
- ✓ Rayador
- ✓ Escuadra
- ✓ Equipos de protección personal

La seguridad en el transcurso del trabajo y la forma de construcción son procesos que determinan el correcto estado de elaboración y evitan que los accidentes o incidentes ocurran, para lo cual es obligatorio el seguimiento de los lineamientos en las normas internacionales que están establecidas.

3.3.2 Trazado, verificación de medidas y corte

Se utilizó un flexómetro, un rayador y una escuadra, se señaló las medidas proporcionadas por el plano del diseño de construcción en la superficie de: el tubo cuadrado, rectangular y platinas.



Figura 28. Trazado y verificación de medidas

Posterior a la verificación del trazo se cortó sobre las superficies señaladas con una sierra manual de cerrajería, ideal para metales hierro dulce.



Figura 29. Corte con sierra manual

3.3.3 Unión de la estructura del soporte por soldadura SMAW

Se procedió a soldar el material preparado para la construcción del soporte y la estructura del escudo protector acorde al diseño realizado en AutoCAD. Utilizando electrodo 6011 y 90A para unir con un punto en las juntas de la estructura, posterior se utilizó una escuadra fija de 90° y una escuadra falsa para verificar los ángulos de inclinación mostrados en el plano de diseño del soporte y escudo protector. El método de soldadura por punto es utilizado para realizar una construcción nivelada y evitar errores que se pueden presentar en la alineación del soporte. Posterior a la unión y nivelación se formó un cordón de soldadura para reforzar y evitar rajaduras o desprendimientos con electrodo 6011. Sobre todas las uniones de la estructura del soporte y escudo protector manteniendo el amperaje mencionado.

Terminado el proceso de suelda podemos observar que existen residuos en todas las uniones de los cordones de suelda los cuales fueron removidos con la ayuda de un cepillo de acero para posterior deternimar el acabado del cordón y así poder verificar su calidad.



Figura 30. Unión por soldadura

3.3.4 Acabado del soporte y escudo protector

Se limpió y preparó todas las superficies del soporte y la estructura del escudo protector, y después se aplicó dos capas de recubrimiento. Posterior se aplicó una capa de recubrimiento (UNI PRIMER) a toda la superficie del soporte y la estructura del escudo protector. Después se esperó un estimado de 48 horas para finalizar se aplicó una capa de recubrimiento final (Poliuretano Amarillo Caterpillar) a toda la superficie del soporte y la estructura del escudo protector.



Figura 31. Acabado del soporte y escudo protector

3.3.5 Escudo protector

Posterior al análisis de materiales para la realización del escudo protector, se adquirió una caja de mica de acrílico o PMMA de 4.5 mm acorde a las dimensiones de los planos realizados y se perforó para sujetarse con un ángulo de aluminio de 1 in y 8 pernos de $\frac{1}{4}$ in en las esquinas no reforzadas.

Posterior se reforzó las uniones no reforzadas y se realizó cuatro perforaciones con una broca de $\frac{1}{4}$ in en la parte superior y posterior de la estructura para ser sujetadas con pernos mariposa como se puede observar a continuación.



Figura 32. Escudo protector reforzado

Para la utilización de la herramienta se tomó en cuenta la seguridad como el factor más importante así para sobre guardar el mismo se identificó a la herramienta con señales de advertencia y uso obligatorio detallados a continuación.



Figura 33. Identificación y señalética de seguridad

3.3.6 Instalación

Para la instalación del escudo protector sobre la estructura del soporte se colocó el escudo protector en su estructura, se sujetó el escudo en la parte superior y posterior de su estructura con penos tipo mariposa 3/8 in. Posterior se verificó que la instalación quede correcta.



Figura 34. Instalación del soporte y escudo protector

3.3.7 Ubicación del soporte para la inspección del conjunto de frenos

En la actualidad el soporte y escudo protector se encuentra en la Sección de Overhaul de componentes y Trenes de Aterrizaje del CEMAF perteneciente a la FAE ubicada en la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi.

3.4 Inspección del conjunto de frenos

3.4.1 Herramientas y equipos para la inspección del conjunto de frenos

- ✓ Llave estrellada de 12 puntas de 7/16 in

- ✓ Juego de destornilladores punta estrella y plano
- ✓ Torquimetro
- ✓ Cepillo de alambre
- ✓ Scotch-Brite
- ✓ Llave mixta 9/16 in
- ✓ Soporte y escudo protector para inspección
- ✓ Banco hidráulico para chequeos funcionales
- ✓ Martillo de goma

3.4.2 Elementos de seguridad para la inspección del conjunto de frenos

- ✓ Overol de trabajo
- ✓ Zapatos punta de acero
- ✓ Guantes de nitrilo
- ✓ Gafas protectoras

3.4.3 Desmontaje

a. Preparación para el desmontaje

Según el manual de componentes y partes Ata 32 – 48 – 10, numeral 1, literales A-B-C, página 301. Se procedió a realizar la desconexión de las líneas hidráulicas, se selló el puerto hidráulico con una tapa o tapón después se cortó el alambre de freno para retirar el pasador de bloque, después se retiró el conjunto de frenos del eje.



Figura 35. Sellado del puerto HYD

Continuando el proceso de preparación para el desmontaje se procedió a realizar los procedimientos que detalla el manual de componentes y partes ATA 32 – 48 – 10, numeral 2, literales A-B-C-D-E-F-G, páginas 301 - 302. Dónde se utilizó el soporte y escudo protector, banco hidráulico de pruebas y equipo de protección personal para realizar lo siguiente: Se colocó el conjunto de frenos en el soporte y escudo protector, se instaló la cañería en los puertos de conexión, después se procedió a presurizar con 3000 - 3500 psi. A continuación se midió la longitud del indicador de desgaste desde el extremo del indicador de desgaste hasta la padre inferior de la tuerca en el extremo del pasador con una predicción de 0.8 mm o 1/32 de pulgada, a continuación se alivió la presión y se retiró el conjunto de frenos.



Figura 36. Preparación para el desmontaje

b. Remoción del disipador de calor

Según el manual de componentes y partes ATA 32 – 48 – 10, numeral 3, literales A-B-C-d, páginas 302 - 303. Para realizar la remoción del disipador de calor se procedió a colocar el conjunto de frenos en una superficie limpia con el conjunto de la carcasa del pistón en la parte superior, a continuación se procedió a retirar los pernos y arandelas con una llave N° 7/16 del conjunto del alojamiento del pistón. Después se retiró el conjunto de la placa de presión, los soportes del rotor y el soporte del estator del conjunto de la placa de torsión



Figura 37. Remoción del conjunto de frenos

3.4.4 Limpieza

Equipo y materiales

- Gafas protectoras
- fuente de aire comprimido
- Cepillos de cerdas plásticas suaves (resistentes a los disolventes)
- Disolvente, alcohol butílico

PRECAUCIÓN: El daño a las piezas o la limpieza insatisfactoria puede ser el resultado si las piezas no se limpian correctamente con agua productos de limpieza. Obedezca cuidadosamente las instrucciones del fabricante instrucciones.

a. Limpieza de piezas metálicas

Según el manual de componentes y partes ATA 32 – 48 – 10, numeral 1, literales A-B, páginas 342 – 403. Para realizar la limpieza se procedio a limpiar las piezas metálicas

con productos de limpieza solventes, hasta asegúrese de que las roscas de los pernos y las tuercas estén completamente limpias.

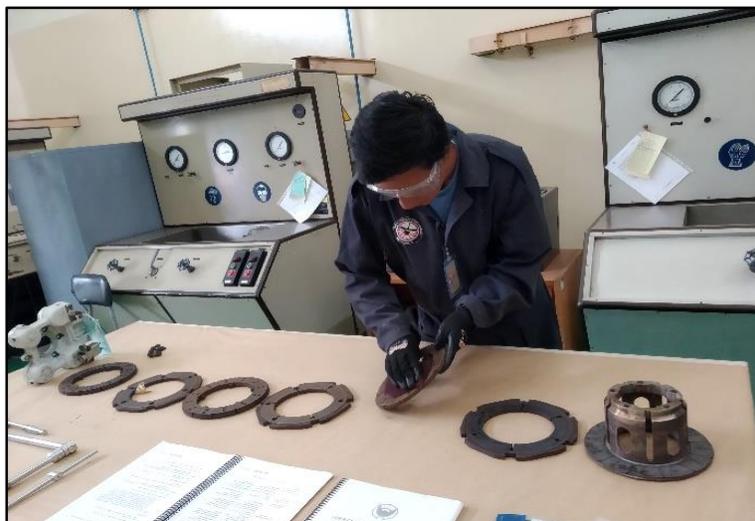


Figura 38. Limpieza de piezas metálicas

b. Limpiar las partes no metálicas

Según el manual de componentes y partes ATA 32 – 48 – 10, numeral 2, página 403. Se procedió a limpiar las piezas no metálicas con alcohol butílico o productos de limpieza acuosos.

3.4.5 Inspección

Según el manual de componentes y partes ATA 32 – 48 – 10, numeral 1, literales A-B-C, página 501. Se procedió a examinar todas las partes metálicas en busca de corrosión, grietas, mellas, rasguños, gubias, distorsión, hilos dañados y otras fallas.



Figura 39. Inspección

a. Inspección del porta rotor

Según el manual de componentes y partes ATA 32 – 48 – 10, numeral 2, literales A-B-C-D-E-F, páginas 501 – 502. Se procedió a examinar cada porta-rotor para ver si está desgastado, si tiene grietas o si está plano. Según el manual se permite una grieta en el material de revestimiento, en el caso de presentarse más de una grieta se procederá a desechar el porta rotor. Después se procedió a medir los diámetros para verificar si el porta rotor entra en los diámetros correctos. Posterior se examinó cada porta rotor asegurándonos de que está plano hasta 0,020 pulgadas (0,51 mm) o menos.



Figura 40. Inspección del porta rotor

b. Inspección del porta estator

Según el manual de componentes y partes ATA 32 – 48 – 10, numeral 3, literales A-B-C-D, páginas 503 – 504. Se procedió a examinar visualmente el porta estator para ver si tiene grietas. Una grieta que comienza en el diámetro exterior y se mueve hacia el diámetro interior es permitida si la grieta no tiene más de 6,35 mm (0,250 pulgadas) de largo, después se midió el diámetro de cada agujero de remache.

c. Inspección de la placa de par de torsión

Según el manual de componentes y partes ATA 32 – 48 – 10, numeral 4, literales A-B-C-D, páginas 505 – 506. Se procedió a examinar visualmente la placa de par en busca de grietas y examinar las superficies laterales de las ranuras de los tacos de torsión para ver si están desgastadas o dañadas.



Figura 41. Inspección de la placa de torsión

d. Inspección de la placa de presión

Según el manual de componentes y partes ATA 32 – 48 – 10, numeral 5, literales A-B-C-D-E páginas 507 – 508. Se procedió a examinar visualmente la placa de presión en

busca de grietas, en el manual nos dice si una grieta que comienza en el diámetro exterior y se mueve hacia el diámetro interior es permitida y si la grieta no tiene más de 6,35 mm (0,250 pulgadas) de largo. En este caso la placa no tiene grietas estando dentro del parámetro establecido. Una vez realizado este procedimiento se examinó cada placa de presión para asegurarse de que esté plana hasta 0,020 pulgadas (0,51 mm) o menos, comprobado esto que este bien procedemos a medir el diámetro de cada agujero de remache de la placa de presión.

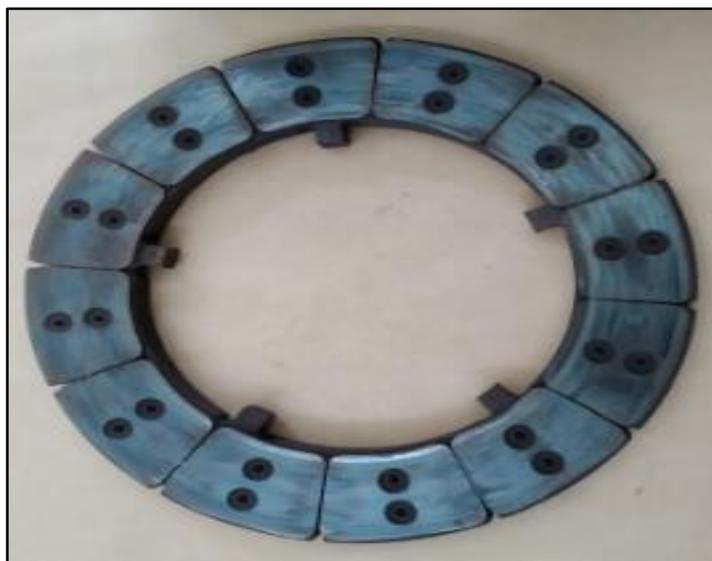


Figura 42. Inspección de la placa de presión

e. Inspección de la placa de desgaste

Según el manual de componentes y partes ATA 32 – 48 – 10, numeral 5, literales A-B-C-D, página 509. Se procedió a examinar visualmente cada placa de desgaste que no tenga deterioro en este caso vamos a proceder a remplazar las placas de desgaste. Antes de remplazar las placas procedimos a examinar cada placa de desgaste para ver si hay remaches sueltos y si existen grietas.



Figura 43. Inspección de la placa de desgaste

f. Inspección del alojamiento del pistón

Según el manual de componentes y partes ATA 32 – 48 – 10, numeral 8, literales A-B-C-D-E, páginas 514- 515. Se procedió a examinar visualmente el ensamble de la caja del pistón en cada cambio de la placa de desgaste para ver si hay daños en la superficie y grietas este proceso se realizó con el objetivo de detectar la corrosión y reparar las áreas con corrosión.



Figura 44. Inspección del alojamiento del pistón

g. Inspecciones misceláneas

Según el manual de componentes y partes ATA 32 – 48 – 10, numeral 9, literales A-B-C-D-E-F, páginas 516- 517. Se procedió a realizar una inspección visual para detectar corrosión, grietas y daños en las roscas o en el radio por debajo de la cabeza del perno los pernos que encontramos defectuosos los procedemos a remplazar. De la misma manera se procedió a inspeccionar cada arandela para detectar corrosión y daños.



Figura 45. Inspecciones misceláneas

3.4.6 Ensamblaje

a. Instalación del disipador de calor

Según el manual de componentes y partes ATA 32 – 48 – 10, numeral 3, literales A-B-C-D, página 709. Se procedió a colocar la placa de torsión sobre una superficie limpia con los agujeros de los tornillos de montaje en posición vertical. Se aseguró de que todos los insertos de Heli-Coil estén instalados en los agujeros de los pernos de montaje. Después se deslizó un porta-rotor y un porta-estator en el conjunto de la placa de par y

así se repitió este proceso hasta que se instale el tercer porta-rotor. Después se instaló el conjunto de la placa de presión con el lado de la placa de desgaste contra el porta-rotor.



Figura 46. Instalación del disipador de calor

b. Terminar el ensamblaje del freno

Según el manual de componentes y partes ATA 32 – 48 – 10, numeral 4, literales A-B-C-D-E, páginas 710 - 711. Se procedió a colocar el conjunto de la caja del pistón en el conjunto de la placa de par y alinear los orificios de los pernos de montaje. A continuación se aplicó compuesto antiadherente AMS-2518, (MIL-T-5544 opcional) a las roscas y superficies de los cojinetes de los pernos y arandelas. Continuando el procedimiento se instaló una arandela en cada perno con el lado avellanado hacia la cabeza del perno. Después se procedió a instalar los pernos con las arandelas a través del conjunto de alojamiento del pistón y en el conjunto de la placa de par. A continuación se realizó un par de apriete o torque preliminar y final de los tornillos.



Figura 47. Terminar el ensamblaje del freno

c. Torque preliminar y final

Se Aplicó el torque a los pernos y esto lo hacemos de manera cruzada para el ajustar y así se unan correctamente estos componentes.



Figura 48. Torque preliminar

El torque final de 75 lib.in a los pernos fue realizado en sentido de las agujas del reloj en un movimiento continuo.



Figura 49. Torque final

3.4.7 Preparación para pruebas funcionales

Según el manual de componentes y partes ATA 32 – 48 – 10, numeral 1, literales A-B-C-D-E-F-J-K, páginas 101 - 102. Se procedió a montar el conjunto de frenos en el soporte para después ser llenado con líquido hidráulico. A continuación se conectó la fuente de presión a uno de los adaptadores de entrada en el conjunto de la válvula del inversor. Realizado lo anterior se quitó el tornillo y la arandela de la válvula de purga.

Luego se instaló una cañería de purga en la válvula de purga para aliviar las burbujas que aire dentro del líquido hidráulico poniendo la cañería de purga en un contaminador de residuos sólidos. A continuación se presurizó el conjunto del freno a 2,1 bar (30 psi) o menos. Para las pruebas funcionales se aflojó la válvula de purga hidráulica y se purgó el conjunto del freno hasta que el líquido hidráulico fluya sin burbujas de aire. Después se apretó la válvula de purga hidráulica y se redujo la presión de frenado a 0 psi (0 bar).



Figura 50. Preparación para pruebas funcionales

3.4.8 Pruebas de alta presión

Según el manual de componentes y partes ATA 32 – 48 – 10, numeral 2, literales A-B-C-D-E-F-J, página 103. Se instaló la cuña de división o el Split Shim entre el conjunto de la placa de presión y el primer portador del rotor. Después se cubrió el dissipador de calor con un material que no permita que el fluido hidráulico toque las piezas de acero. A continuación se colocó el escudo protector alrededor del conjunto del freno para presurizar el conjunto del freno a 4500 - 4550 psi. Luego se mantuvo la presión durante cinco minutos.

Al cabo de cinco minutos, la presión se redujo a 0 psi (0 bar). Realizado lo anterior se retiró el escudo protector y después se examinó el conjunto del freno en busca de fugas.



Figura 51. Pruebas de alta presión

3.4.9 Pruebas de funcionamiento

a. Prueba de fuga estática

Según el manual de componentes y partes ATA 32 – 48 – 10, numeral 3, literales A-B-C, páginas 104 – 105. Se procedió a cubrir el dissipador de calor con un material que no permita que el fluido hidráulico toque las piezas de acero. Después se coloca el escudo protector alrededor del conjunto del freno. Y se presurizó el conjunto del freno a 3000 - 3050 psi. (206,8 - 210,3 bar). Luego se mantuvo la presión durante cinco minutos. Y al cabo de cinco minutos, se redujo la presión a 0 psi (0 bar). Después se retiró el escudo protector y se examinó el conjunto del freno en busca de fugas. Aquí nos dice el manual que no se permite ninguna fuga que pueda medirse (menos de una gota).



Figura 52. Pruebas de funcionamiento

b. Prueba dinámica de fugas

Para realizar las pruebas dinámicas de fugas se colocó el escudo protector alrededor del conjunto del freno y se presurizó el conjunto del freno a 3000 - 3050 psi (206,8 - 210,3 bar). Después se bajó a 0 psi (0 bar) durante 25 ciclos. Luego se examinó el conjunto de freno para ver si cada pistón tiene la misma retracción. Al final de los 25 ciclos, se alivió la presión a 0 psi (0 bar), y se retiró el escudo protector. Realizado lo anterior se examinó el conjunto del freno en busca de fugas.



Figura 53. Prueba dinámica de fugas

c. Prueba de aprobación

Para realizar las pruebas de aprobación se procedió a colocar el escudo alrededor del conjunto del freno y se presurizó el conjunto del freno a 3000 - 3050 psi (206,8 - 210,3 bar). Después fue reducida la presión a 4,8 - 5,5 bar (70 - 80 psi) y se mantuvo ahí esa presión. Una vez realizado este procedimiento se retiró el escudo protector y se giró el primer rotor 360 grados con la fuerza de la mano.

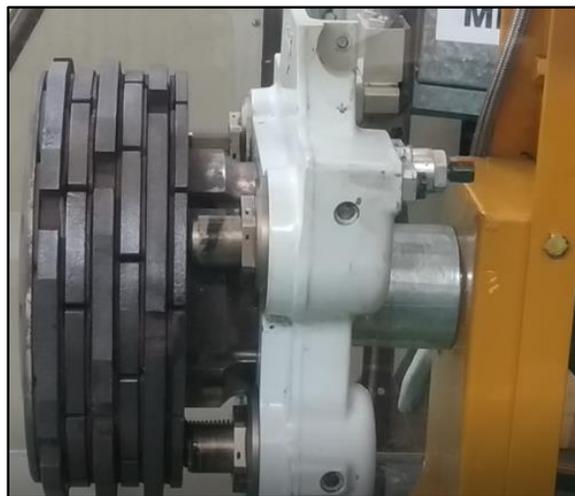


Figura 54. Prueba de aprobación

3.4.10 Prueba de ensamblaje de la válvula del inversor

Según el manual de componentes y partes ATA 32 – 48 – 10, numeral 4, literales A-B-C--E-F-G-H-I-J-K-L-M-N-O-P-Q-R-S-T, páginas 105 – 106. Se procedió como primer paso a conectar la fuente hidráulica a uno de los adaptadores de entrada del conjunto de la válvula del inversor. Después se cubrió el dissipador de calor con un material que no permita que el fluido hidráulico toque las piezas de acero. A continuación se colocó el escudo protector alrededor del conjunto del freno. Y se presurizó el conjunto del freno a 6,9 - 10,3 bar (100 - 150 psi). Después se alivió la presión a 3,1 - 3,8 bar (45 - 55 psi), se mantuvo y se verificó que no exista fuga de líquido hidráulico.

Realizado el procedimiento anterior se presurizó el conjunto del freno a 3000 - 3050 psi (206,8 - 210,3 bar) y se mantuvo así durante un minuto, se verificó fugas de líquido hidráulico. Posterior se procedió a reducir la presión a 0 psi (0 bar). Y se retiró el escudo protector, la fuente hidráulica del adaptador de entrada del conjunto de la válvula del inversor. A continuación se retiró la manguera del purgador de la válvula del purgador para después se montó el tornillo y la arandela en la válvula de purga. Después se realizó una marca en el conjunto del freno para indicar que ha pasado o ha fallado la prueba de funcionamiento.



Figura 55. Prueba de ensamblaje de la válvula del inversor

3.4.11 Ajuste la longitud de la clavija del indicador de desgaste

Según el manual de componentes y partes ATA 32 – 48 – 10, numeral 4, literales A-B-C--E-F, página 107. Se procedió a colocar el escudo protector alrededor del conjunto del freno. Y se presurizó el conjunto del freno a 206,8 - 210,3 bar (3000 - 3050 psi) y se mantuvo esa presión. Después se ajustó el buje hasta que el pasador indicador de desgaste mida 0,75 pulgadas. Para este procedimiento se midió desde la parte superior del casquillo hasta la parte inferior de la tuerca. Realizado lo anterior se redujo la presión a cero psi (0 bar), se retiró el escudo protector y se desconectó el conjunto del freno.



Figura 56. Medición del indicador de desgaste

CAPÍTULO IV

Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Se implementó un soporte y escudo protector para la ejecución de los trabajos de mantenimiento e inspección del conjunto de frenos del avión Súper Tucano para el departamento de overhaul y componentes del CEMAF de la Fuerza Aérea, empleando todos los procedimientos de construcción y aplicando las normas de seguridad adecuadas.
- Se realizó la inspección del conjunto de frenos del avión Súper Tucano de acuerdo a la información recolectada y los procedimientos establecidos en el manual de mantenimiento y de componentes, empleando los conocimientos adquiridos durante la formación en la carrera de mecánica aeronáutica en la UGT ESPE.
- Se realizó la comprobación y pruebas funcionales del componente aeronáutico en inspección de acuerdo a los manuales técnicos manteniéndose dentro de los parámetros establecidos y determinando su disponibilidad para ser instalado en la aeronave Súper Tucano.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda seguir todos los procedimientos establecidos en los manuales técnicos para los trabajos de mantenimiento e inspección de componentes aeronáuticos y utilizar todos los equipos y herramientas especiales
- Continuar con los proyectos de investigación en los talleres aeronáuticos y en la UGT ESPE para explotar el potencial de sus alumnos en tareas de mantenimiento aeronáutico.
- Utilizar correctamente el soporte y escudo protector en las tareas de mantenimiento de componentes aeronáuticos ya que son equipos especiales para trabajos específicos y tomar en cuenta las normas de seguridad para estos trabajos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcazar, C. d. (7 de agosto de 2018). *Notimundo*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2019, de <https://notimundo.com.ec/el-escuadron-de-super-tucanos-se-traslada-a-la-frontera-norte/>
- AMM. (2013). *ATA 32-41-00*.
- Comercio, E. (noviembre de 2012). *El comercio*. Recuperado el 12 de Octubre de 2019, de <https://www.elcomercio.com/actualidad/seguridad/10-super-tucanos-no-fecha.html>
- Cortes, F. (2017). *Ferro Cortes*. Recuperado el 14 de Octubre de 2019, de <https://www.ferrocortes.com.co/category/lineas/perfileria/platinas/>
- DIAZ, D. (). *FAC*. Recuperado el 16 de Octubre de 2019, de <https://www.fac.mil.co/incorporacion/>
- Ecuador, A. (2016). *Servicio de Acreditación Ecuatoriano*. Recuperado el 16 de Octubre de 2019, de <https://www.acreditacion.gob.ec/que-es-la-inspeccion/>
- Ecuavisa. (noviembre de 2012). *Ecuavisa*. Recuperado el 17 de Octubre de 2019, de <https://www.ecuavisa.com/noticias/nacionales/67935-varios-aviones-super-tucanos-no-vuelan-por-falta-de-repuestos.html>
- Espectador, E. (11 de agosto de 2008). *El Espectador*. Recuperado el 18 de Octubre de 2019, de <https://www.elespectador.com/noticias/judicial/articulo-embraer-entrega-el-ultimo-de-los-25-super-tucano-colombia>
- FAE. (2005). *Manual General de Mantenimiento*.
- Flores, A. (09 de junio de 2019). *Estrategia y negocios*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2019, de <https://www.estrategiaynegocios.net/lasclavesdeldia/1291894->

330/aeroman-se-consolida-como-la-mayor-estaci%C3%B3n-reparadora-de-aeronaves-del-continente

Force, A. (2015). *Air Force Technology*. Recuperado el 18 de Octubre de 2019, de https://www.airforce-technology.com/projects/super_tucano/

Framer, A. (2016). *Air Framer*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2019, de http://www.airframer.com/news_story.html?release=4816

Gonzales, J. (10 de DIC de 2017). *lksteelpipe*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2019, de <http://es.lksteelpipe.com/news/how-to-distinguish-the-hot-dip-galvanized-steel-10841014.html>

Goodrich. (2004). *COMPONENT MAINTENANCE MANUAL*.

Gorodenkoff. (2019). *Shutterstock*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2019, de https://www.shutterstock.com/es/search/hangar+avion?people_model_released=true&commercial=true&safe=true

Hernandez, F. A. (2012). *Sites Google*. Recuperado el 22 de Octubre de 2019, de <https://sites.google.com/site/sistemadefrenos29/diferentes-tipos-de-frenos>

Herram. (7 de jun de 2013). *Máquinas y Herramientas*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2019, de <https://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/soldadura-smaw-que-es-y-procedimiento>

Mallas, A. y. (30 de Jun de 2018). *Aceros y Mallas*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2019, de <https://acerosymallas.com.mx/acero-galvanizado-caracteristicas-y-usos/>

Manov, A. (24 de marzo de 2009). *Super tucano*. Recuperado el 11 de Diciembre de 2019, de <http://cazaslatinos.blogspot.com/2009/03/super-tucano-emb-314.html>

Martinez, C. (2016). *Inverconssa*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2019, de <http://tienda.inverconssa.com/tienda/platina-acero/>

- Morales, A. (2014). *Acrilicos*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2019, de <http://www.acrilico-y-policarbonato.com/acrilico.html>
- Morales, Z. (2017). *Acrilico*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2019, de <http://www.acrilico-y-policarbonato.com/acrilico-propiedades.html>
- Nacional, D. (26 de Junio de 2010). *Defensa Nacional*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2019, de <https://defensanacional.foroactivo.com/t320-el-exito-del-super-tucano>
- Page, S. (27 de abril de 2009). *Strategy page*. Recuperado el 24 de Octubre de 2019, de <https://www.strategypage.com/htm/htairfo/articles/20090427.aspx#startofcomments>
- Pastor, J. (2016). *Prueba de ruta*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2019, de <https://www.pruebaderuta.com/mejores-pistolas-para-pintar-autos.php>
- Perez, A. (20 de Jun de 2011). *Slideshare*. Recuperado el 2 de Diciembre de 2019, de <https://www.slideshare.net/alfonpe/el-coche-electrico-8366009>
- Planes, F. (03 de 10 de 2017). *Planes*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2019, de <https://ferrosplanes.com/tubo-cuadrado-caracteristicas-fabricacion-corte-uso/>
- Raudales, J. (02 de 06 de 2015). *Blogger*. Recuperado el 06 de Enero de 2020, de <http://frenosdeaireencaros.blogspot.com/2015/06/la-razon-utilizar-el-aire-comprimido-es.html>
- Rdac. (23 de Mar de 2010). *Rdac 001*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2019, de Dgac: <https://www.aviacioncivil.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/06/1.-RDAC-Parte-00123-Mar-10-1.pdf>
- Recti. (2016). *Recticenter*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2019, de <https://www.recticenter.cl/single-post/2016/10/31/Tipos-de-primer-y-sus-funciones-1>

- Saragoza, M. (2018). *Soldadura smaw*. Recuperado el 11 de Diciembre de 2019, de <https://soldaduras.online/soldadura-smaw/>
- Sites. (2015). *Sites*. Recuperado el 20 de Octubre de 2019, de <https://sites.google.com/site/sistemadefrenos29/diferentes-tipos-de-frenos>
- Steel. (2013). *Sunnysteel*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2019, de <http://www.sunnysteel.com/espanol/Por-que-tubo-de-acero-de-soldadura.php#.XilBechKjIV>
- Telégrafo, E. (07 de agosto de 2018). *El Telégrafo*. Recuperado el 24 de Noviembre de 2019, de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/judicial/12/supertucanos-sobrevuelos-frontera-ecuador-colombia>
- Vera, E. (2011). *Edición Vera*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2019, de Edición Vera: <http://edicionvera.com/noticias/regionales/aviones-tucano-arribaron-iii-brigada-area-reconquista.html>

ANEXOS



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
AVIONES

CERTIFICACIÓN

Se certifica que la presente monografía fue desarrollada por el señor **Tigse Molina, Byron Marcelo.**

En la ciudad de Latacunga a los 27 días de enero de 2020.

Aprobado por:



Ing. Muñoz Grandes, Milton
DIRECTOR DEL PROYECTO



Ing. Bautista Zurita, Rodrigo
DIRECTOR DE CARRERA



Ab. Plaza Carrillo, Sarita
SECRETARIA ACADEMICA