



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE TECNOLOGÍA MECÁNICA AERONÁUTICA

MENCIÓN MOTORES

MONOGRAFÍA: PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

TECNÓLOGA EN: MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN

MOTORES

TEMA: COMPROBACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE DEL STRUT DE LOS MOTORES CFM56-3 PARA LAS AERONAVES BOEING 737-300/400/500 MEDIANTE EL USO DE REGISTROS Y DOCUMENTACIÓN TÉCNICA A REALIZARSE EN LA ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO OMA- DIAF UBICADO EN LA CIUDAD DE LATACUNGA

AUTORA: GUAMANGALLO QUIMBITA, EVELYN GISSELA

DIRECTOR: TGLO. INCA YAJAMÍN, GABRIEL SEBASTIÁN

LATACUNGA

2020



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

MENCIÓN MOTORES

CERTIFICACIÓN

Certifico que la Monografía, *” Comprobación del funcionamiento del sistema de drenaje del strut de los motores cfm56-3 para las aeronaves Boeing 737 - 300/400/500 mediante el uso de registros y documentación técnica a realizarse en la organización de Mantenimiento aprobado OMA-DIAF ubicado en la ciudad de Latacunga”*, fue realizado por la señorita **Guamangallo Quimbita, Evelyn Gissela** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidas por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga 24, enero del 2020

Ing. Inca Yajamín, Gabriel Sebastián
C.C.: 1722580329



UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA

MENCIÓN MOTORES

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Guamangallo Quimbita, Evelyn Gissela**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la Monografía, “**Comprobación del funcionamiento del sistema de drenaje del strut de los motores cfm56-3 para las aeronaves Boeing 737-300/400/500 mediante el uso de registros y documentación técnica a realizarse en la organización de mantenimiento aprobado OMA-DIAF ubicado en la ciudad de Latacunga**”, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciado las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga 24, enero del 2020



 Guamangallo Quimbita, Evelyn Gissela
 C.C.: 0550049209



UNIDAD DE GESTIÓN DE **T**ECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA

MENCIÓN MOTORES

AUTORIZACIÓN

Yo, **Guamangallo Quimbita, Evelyn Gissela** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el Trabajo de Monografía: ***Comprobación del funcionamiento del sistema de drenaje del Strut de los motores cfm56-3 para las aeronaves Boeing 737-300/400/500 mediante el uso de registros y documentación técnica a realizarse en la organización de mantenimiento aprobado OMA-DIAF ubicado en la ciudad de Latacunga***, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga 24, enero del 2020


Guamangallo Quimbita, Evelyn Gissela
C.C.: 0550049209

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a Dios quien supo guiarme por el camino del bien, a mi madre, quien con esfuerzo y dedicación me enseñó a levantarme cuando caía y así poder continuar en los buenos y malos momentos, alentándome con sus sabias palabras de paciencia eres única, perfecta y luchadora, gracias por estar siempre a mi lado cuando más te necesito por tu infinita confianza y tu amor verdadero que me brindas a diario enseñándome que no debo rendirme ante las adversidades.

A mi padre: porque a pesar de todas las circunstancias que hemos pasado siempre estuvo apoyándome en todo momento buscando varias maneras de sacarnos en adelante trabajando duro y eso han formado bases de gran importancia gracias por su apoyo consejos, comprensión y ayuda en todo

Gracias padres por ser el soporte fundamental y sobre todo por apoyarme con los recursos necesarios para poder estudiar.

A mis hermanos Jessy, Kevin y Stefy gracias por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso, estando conmigo en todo momento.

Gracias también a mi querido esposo amigo y buen confidente, por su apoyo y palabras de aliento en momentos difíciles me ha ayudado a ser una mejor persona con su amor, comprensión, ternura y como no agradecerle a Ti mi pequeño Jhossue quien con su sonrisa me inspira a seguir en adelante sin darme por vencida.

EVELYN GISSELA, GUAMANGALLO QUIMBITA

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y la de toda mi familia, por darme la oportunidad de realizarme como persona, y tener la oportunidad de realizar mi proyecto de titulación.

Mi profundo agradecimiento y reconocimiento del esfuerzo y dedicación por parte de mis padres Edwin Guamangallo y Rosa Quimbita, las dos personas más especiales en mi vida, seguido por mi esposo Kevin Teran y sus padres quienes me impulsaron a seguir en adelante para poder ser una persona mejor cada día.

Un agradecimiento a todas las autoridades y personal que forman parte de la DIRECCIÓN DE LA INDUSTRIA AERONÁUTICA “DIAF, por confiar en mí, abrirme las puertas y permitirme desarrollar todo el proceso de construcción y práctica.

De igual manera mis agradecimientos a la Unidad de Gestión y Tecnologías ESPE, a toda la carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Motores, a los señores docentes de la universidad, por transmitir todos sus conocimientos durante nuestra formación profesional.

Un agradecimiento muy profundo, al Tecnólogo Gabriel Inca tutor de mi proyecto de graduación quien ha guiado con su conocimiento, paciencia y responsabilidad como docente.

EVELYN GISSELA, GUAMANGALLO QUIMBITA

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	
CERTIFICACIÓN	I
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	II
AUTORIZACIÓN	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Planteamiento del problema.	2
1.3	Justificación.....	4
1.4	Objetivos.....	5
1.4.1	Objetivo General.....	5
1.4.2	Objetivos Específicos.	5
1.5	Alcance.....	6

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Historia de la Dirección de la Industria Aeronáutica.	7
2.2	Servicios que ofrece la Dirección de la Industria Aeronáutica.	8
2.2.1	Aeronaves Boeing 737.	10
2.2.2	Boeing 737 Classic.	11
2.2.3	Datos importantes de la aeronave Boeing 737.	12
2.3	Presentación de motor CFM.	13
2.3.1	Motor CFM56-3.	13
2.3.2	Parámetros principales del motor.	13
a.	Dimensiones del motor.	14
b.	Sección del compresor.	16
c.	Compresor de alta presión.	17
d.	Compresor de baja presión.	19
e.	Sección de la Turbina.	19
f.	Turbina de alta presión.	20
g.	Turbina de baja presión.	21
2.4	Programa de mantenimiento de la aeronave Boeing 737.	22

a.	Tipos de mantenimiento.....	23
2.5	Limpieza para la aeronave Boeing 737.	24
2.6	Equipo de apoyo en tierra (escalera).....	27

CAPITULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1	Introducción.	30
3.2	Preliminares.....	30
3.3	Factor técnico.	31
3.4	Factor económico.	31
3.5	Equipo de protección personal (EPP).....	32
3.6	Desarrollo.	33
3.6.1	Trabajo de comprobación de la funcionalidad del sistema de drenaje del Strut. .	36
3.6.2	Chequeo funcional del dren del motor por obstrucción.....	39
3.7	Análisis de costos.	54
3.7.1	Rubros.	54
3.7.2	Costos primarios.....	55
3.7.3	Asesoría técnica.	55
3.7.4	Materiales fungibles.....	55

3.8	Costos secundarios.	56
3.9	Costo total.	57

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1	Conclusiones	58
4.2	Recomendaciones	59
	Referencias Bibliográficas	60
	Anexos	¡Error! Marcador no definido.

ANEXO A. Planos del equipo de apoyo

ANEXO B. Manual de prácticas estándar

ANEXO C. Tarea de mantenimiento

ANEXO D. Certificado de cumplimiento de la tarea

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Tipos de inspecciones.</i>	9
Tabla 2. <i>Tipo de decapados y soldadura.</i>	10
Tabla 3. <i>Características del motor.</i>	14
Tabla 4. <i>Tipos de mantenimiento.</i>	24
Tabla 5. <i>Tipos de escaleras.</i>	27
Tabla 6. <i>Ponderación de selección de escalera.</i>	34
Tabla 7. <i>Localización de los carenados .</i>	40
Tabla 8. <i>Costos de asesoría técnica.</i>	55
Tabla 9. <i>Costos de materiales fungibles y otros.</i>	56
Tabla 10. <i>Costos secundarios.</i>	57
Tabla 11. <i>Costo total.</i>	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Tipos de aeronaves a los que brinda servicio la DIAF.....	8
Figura 2.	Interior de la cabina de un 737	11
Figura 3.	Datos importantes de la aeronave.....	12
Figura 4.	Descripción esquemática del CFM56-3	15
Figura 5.	Tipos de inspecciones	16
Figura 6.	Sección de los compresores.....	17
Figura 7.	Partes del compresor.....	18
Figura 8.	Disco del ventilador y compresor de baja presión	19
Figura 9.	Ubicación de turbina de baja presión.....	20
Figura 10.	Turbina de baja presión de los estatores	21
Figura 11.	Esquema de desarrollo del mantenimiento.....	22
Figura 12.	Mantenimiento programado.....	23
Figura 13.	Mantenimiento no programado	24
Figura 14.	Sistema de identificación de solventes	25
Figura 15.	Semáforo de riesgo	26
Figura 16.	Líquido de limpieza identificado	26
Figura 17.	Escalera de acceso	28
Figura 18.	Escalera móvil.	28
Figura 19.	Escalera en forma de arco.....	29
Figura 20.	Equipos de protección personal.....	33
Figura 21.	Ensamblaje del equipo de apoyo.....	35

Figura 22. Escalera terminada.....	35
Figura 23. Identificación de drenes e identificaciones.....	36
Figura 24. Identificación de las líneas de drenaje	37
Figura 25. Limpieza en el strut.....	38
Figura 26. Proceso de limpieza	39
Figura 27. Desinstalación de los carenados	40
Figura 28. Remoción de los sujetadores.....	41
Figura 29. Salida del drenaje del Strut.....	41
Figura 30. Colocación del recipiente.....	42
Figura 31. Realización de la tarea	43
Figura 32. Limpieza del área del Strut	43
Figura 33. Verificación de la caja de desconexión	44
Figura 34. Salida del drenaje	44
Figura 35. Colocación del recipiente.....	45
Figura 36. Realización de la tarea	46
Figura 37. Limpieza del strut.....	46
Figura 38. Verificación del área	47
Figura 39. Salida del drenaje	47
Figura 40. Colocación del recipiente.....	48
Figura 41. Procedimientos de la tarea	49
Figura 42. Limpieza del remanente	49
Figura 43. Área limpia.....	50
Figura 44. Salida del drenaje	50

Figura 45. Colocación del recipiente.....	51
Figura 46. Procedimiento de la tarea.....	52
Figura 47. Limpieza en el Strut	52
Figura 48. Áreas limpias	53
Figura 49. Instalación de los carenados del motor	53

RESUMEN

El presente trabajo de titulación posee procesos específicos y necesarios para llevar a cabo la inspección del drenaje del strut (montante del motor) a través de los programas de mantenimiento, esta tarea el fabricante Boeing lo recomienda realizar cada que existe una inspección de 2000 horas que es un chequeo tipo C que son trabajos y tareas de mantenimiento en el área del pilón de los motores CFM56-3, utilizados en aeronaves Boeing 737-300/400/500. El acceso para la inspección en esta zona se requiere que sea minuciosa por lo tanto es necesario que se tenga la comodidad a través de un equipo de apoyo adecuado es así que se implementó una (escalera especial) para realizar esta tarea en los motores CFM56-3, que permitió acceder hacia el área a ser inspeccionada para comprobar el funcionamiento y así convertirse en un medio de apoyo para el personal técnico que labora en la Organización de Mantenimiento Aprobado OMA-DIAF ubicado en la ciudad de Latacunga que nos apoyó con la ejecución y materialización de este proyecto. En el capitulo II detallamos las características del motor y el tipo de mantenimiento programado para la aeronave además en el capítulo III está el desarrollo de todo lo que se realizó con el análisis técnico y en el capítulo IV se establece las conclusiones y recomendaciones del funcionamiento del drenaje del strut.

Palabras claves

- AERONAVES - MANTENIMIENTO
- AVIONES BOEING 737

ABSTRACT

The present certification work has specific and necessary processes for the implementation of a ground support team (ladder) in order to carry out work and maintenance tasks in the Pylon area of CFM56-3 engines, especially the verification of the operation of the strut drainage system of these engines, used in Boeing 737-300/400/500 aircraft, and inspections of other element involved in this area. In addition, the operation of the system is detailed along with technical documentation describing the steps for checking the operation of the drainage system in the strut. This project takes into account the operation of the drainage system of the strut for CFM56-3 engines, while emphasizing the implementation of a support team (ladder) that allows access to the area to be inspected and then check the operation and thus become a means of support for technical in the city of Latacunga. For the execution and materialization of this project, human and economic resources, construction material, tools helped to achieve this verification system. The familiarization with the operation, maintenance and overhaul, by means of the use of technical documentation facilitates the process of practical learning for the students and prioritizes a specific and didactic knowledge that allows to solve worries to the aeronautical personnel that works in the labor field.

Keywords

- AIRCRAFT - MAINTENANCE
- AIRCRAFT BOEING 737

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

1.1 Antecedentes.

El desarrollo científico y tecnológico en la actualidad exige mejorar la calidad de la educación y logra aportes significativos en el desarrollo de las actividades relacionadas con la aviación comercial y militar, esta es la razón por la cual se realiza este proyecto, para los actuales y futuros profesionales en el área de la mecánica aeronáutica además de constituirse en un aporte para la Organización de Mantenimiento Aprobado OMA – DIAF

La Dirección de la Industria Aeronáutica del Ecuador DIAF, con su matriz ubicada en la ciudad de Quito perteneciente a la Provincia de Pichincha, representa el organismo de más alto nivel en el Ecuador en lo referente a mantenimiento aéreo iniciando sus actividades como una entidad de derecho público adscrita a la Fuerza Aérea Ecuatoriana. Esta a su vez cuenta con la Organización de Mantenimiento Aprobado OMA-DIAF, la cual es una estación reparadora ubicada en la ciudad de Latacunga, Aeropuerto Internacional Cotopaxi y disponible de modernas instalaciones donde se realiza una amplia gama de trabajos en el área de mantenimiento de aeronaves.

La Organización de Mantenimiento Aprobado OMA-DIAF legalmente constituida bajo la RDAC 145 ofrece a los operadores aeronáuticos, productos y/o servicios de mantenimiento, soluciones a problemas tecnológicos, en las siguientes líneas: servicios de mantenimiento aeronáutico, electrónico, inspecciones mayores, pintura, investigación,

ingeniería y modernización de aeronaves tanto civiles como militares en Ecuador y fuera. Además de contar con varias certificaciones de entes aeronáuticos nacionales e internacionales que avalan el trabajo en mencionada organización.

Actualmente han ingresado aeronaves para ser sometidas a varios chequeos que por su tiempo de servicio requieren. Desde años atrás para la Organización de Mantenimiento Aprobado OMA-DIAF han llegado aeronaves Boeing 737-300/400/500 con motores CFM56-3 y para realizar de mejor manera las tareas de mantenimiento en mencionada organización además de su lista de capacidades, se cuenta con la información técnica actualizada tanto customizada como No customizada de las diferentes aeronaves; puesto que son una herramienta de gran utilidad y en ellos se detallan todas las partes de la aeronave y sus motores. Los motores CFM56-3 de las aeronaves Boeing 737-300/400/500 que llegan a la organización son perfectos para la realización de este proyecto ya que ayudará a realizar las tareas y prácticas de mantenimiento querida en el área del pílón, logrando así consolidar el conocimiento adquirido y satisfacer las necesidades como estudiante del aprendizaje y manipulación; además de ser una herramienta practica para los técnicos de mantenimientos que laboran en mencionada organización.

1.2 Planteamiento del problema.

La necesidad de equipos de apoyo en la Organización de Mantenimiento Aprobado bajo la RDAC145, donde realizan diferentes trabajos de mantenimiento, inspecciones y reparaciones mayores en aeronaves Boeing 737-300/400/500, tiene un impacto negativo al no contar con un equipo de apoyo para el acceso hacia los diferentes

componentes que se encuentran alojados en el pilón del motor CFM56-3 siendo necesario implementar un nuevo material que permita acceder a los mismos, el cual será de vital importancia como herramienta técnica para un buen desempeño práctico tanto de los profesionales de la organización como para los estudiantes quienes optan por realizar sus pasantías pre-profesionales.

De no contar con esta herramienta la cual es necesaria para tener acceso a los diferentes componentes que se alojan en el Pílon de los motores CFM56-3 de las aeronaves Boeing 737-300/400/500 y realizar las tareas de prácticas de mantenimiento que estipula el AMM, las personas encomendadas a realizar este tipo de tareas no tendrán un desempeño adecuado, asimismo al momento de realizar trabajos técnicos el profesional tendrá inconvenientes y no será eficiente su desempeño.

Es importante realizar un estudio el cual determine las necesidades evidentes en cuanto a equipos de apoyo para el acceso hacia los componentes alojados en el pilón de los motores CFM56-3 de las aeronaves Boeing 737-300/400/500 y realizar las tareas que el AMM estipula en aquella área, como por ejemplo la comprobación del funcionamiento del sistema del drenaje del Strut, la verificación del funcionamiento de la inspección del gancho conmutador de 490°F entre otras, ya que las consecuencias de no disponer de este equipo de apoyo en tierra causan pérdida de tiempo y dinero para esta institución.

Los chequeos y tareas de mantenimiento para el área del pilón de los diferentes motores CFM 56-3 y en especial la comprobación del funcionamiento del sistema del drenaje del Strut se cumplirán de mejor manera ya que el equipo de apoyo que se

pretende implementar contara con todos los estándares de calidad y seguridad que la organización demanda.

1.3 Justificación.

Es posible mejorar el desempeño laboral del personal técnico encargado de realizar trabajos y chequeos en el área del pilón de los motores CFM56-3, mediante la utilización de un equipo de apoyo para que logre acceder de forma adecuada hacia los componentes en mencionada área. Así también se reducirá lesiones que han desarrollado en sus extremidades mejorando el tiempo empleado optimizando notablemente las actividades.

Este proyecto ayuda al personal de técnicos de la Organización de Mantenimiento Aprobado OMA-DIAF, a la facilidad en tareas y chequeos de mantenimiento como es la comprobación del funcionamiento del sistema de drenaje del strut contribuyendo a optimizar tiempo y utilizando un equipo de apoyo en tierra diseñado esencialmente para este tipo de actividad.

Por lo expuesto anteriormente es importante que la Organización de Mantenimiento Aprobado OMA-DIAF cuente con la implementación de un equipo de apoyo necesario para tareas y chequeos de mantenimiento tan significativos con los más altos estándares de calidad. La Organización de Mantenimiento Aprobado OMA-DIAF serán los principales beneficiarios, puesto que se mejorará el desempeño laboral de su personal técnico e imagen institucional.

El proyecto es factible porque se mejorará notablemente la destreza en la parte práctica y optimizando tiempo en la ejecución de los diferentes trabajos en el área del pilón de los motores CFM56-3, garantizando la seguridad integral del personal.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General.

Ejecutar el chequeo de comprobación del funcionamiento del sistema de drenaje del Strut de los motores CFM56-3 para las aeronaves Boeing 737-300/400/500 mediante el uso de registros y documentación técnica a realizarse en la Organización de Mantenimiento Aprobado OMA-DIAF ubicado en la ciudad de Latacunga.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Recolectar información técnica actualizada necesaria en manuales del fabricante del motor y aeronave aplicable para el desarrollo del proyecto.
- Implementar un equipo de apoyo (escalera) para el acceso hacia el sistema de drenaje alojado en pilón de los motores CFM56-3 de las aeronaves Boeing 737-300/400/500.
- Realizar pruebas de funcionamiento en el equipo de apoyo (escalera) para el acceso hacia el sistema de drenaje del strut y chequeos del motor CFM56-3 de las aeronaves Boeing 737-300/400/500, mediante la utilización de información técnica.

1.5 Alcance.

El presente proyecto está dirigido a la Organización de Mantenimiento Aprobado OMA-DIAF que permitirá a personal de técnicos, inspectores realizar los procedimientos y chequeos en la parte de pilón de los motores CFM56-3 en especial verificar la comprobación del funcionamiento del sistema de drenaje del strut de forma correcta y segura para las aeronaves Boeing 737-300/400/500.

Asimismo, dicho proyecto mejorara notablemente las actividades de mantenimiento con un equipo de apoyo en tierra diseñado especialmente para el acceso, manipulación e inspección del sistema de drenaje del strut de los motores, además no solo únicamente para los motores de las aeronaves serie Boeing 737-300/400/500 sino que también para los motores de las aeronaves Boeing 737-600 al 900 puesto que es el objetivo a corto plazo de la Dirección de la Industria Aeronáutica del Ecuador DIAF.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Historia de la Dirección de la Industria Aeronáutica.

La Dirección de la Industria Aeronáutica DIAF representa el organismo de más alto nivel en el Ecuador en lo referente a mantenimiento aéreo por tal motivo cumple un papel fundamental dentro del país al brindar soporte técnico a la Aviación y ser el mayor representante en la industria de mantenimiento aeronáutico comercial de la nación, su amplia trayectoria de finales de la década de los ochenta cuando nace la idea de que Ecuador dispone de varias capacidades para realizar trabajos en la línea aeronáutica puesto que la Fuerza Aérea Ecuatoriana decide hacer el primer mantenimiento, específicamente en el avión ARAVA, aquel momento los recursos que se mantenían eran limitados en todo aspecto, pese a todas estas circunstancias con soportes en los manuales técnicos respectivos, se desarmó y armó por completo este avión, obteniendo resultados de alta calidad. (DIAF, 2017)

Este hito histórico constituyó un antecedente fundamental para la creación de la institución, así posteriormente buscando un ente que pueda alcanzar la personería jurídica, autonomía operativa, financiera, fondos propios y patrimonio, en marzo de 1989, la Dirección de la Industria Aeronáutica de la FAE, DIAF es activada como una empresa para comercializar los servicios especializados en mantenimiento de aviones, tanto civiles y militares, obtuvo permiso de Operación de la Dirección General de Aviación Civil (DGAC) mediante resolución No. 163, el 27 de octubre de 1992, como estación

reparadora de aviones, motores, hélices y equipos de aviónica, su gestión se circunscribe en la seguridad y calidad de sus procesos como lo certifican sus 25 años de vida. (DIAF, 2017)

La Dirección de la Industria Aeronáutica cuenta con sus respectivas oficinas administrativas que se encuentran ubicadas en la ciudad de Quito, los centros operativos se encuentran ubicados en la ciudad de Latacunga a 120km al sur de Quito, y en la ciudad de Guayaquil en el aeropuerto internacional José Joaquín de Olmedos. (DIAF, 2017)

2.2 Servicios que ofrece la Dirección de la Industria Aeronáutica.

Este centro de mantenimiento se encuentra ubicado en la ciudad de Latacunga, Aeropuerto Internacional Cotopaxi; disponen de un hangar de 3,900 metros cuadrados, donde realizan trabajos de mantenimiento en las siguientes aeronaves:

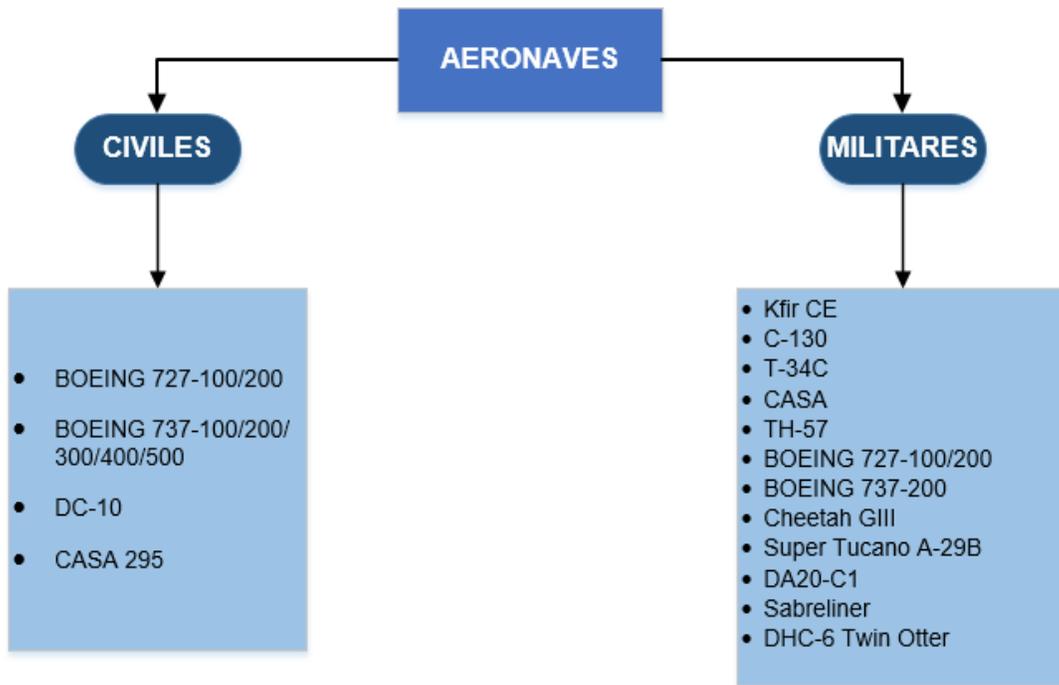


Figura 1. Tipos de aeronaves a los que brinda servicio la DIAF.

Existen diferentes tipos de inspecciones que se le puede realizar a las aeronaves desde visuales hasta reparaciones mayores, en la siguiente tabla nos relacionaremos con diferentes inspecciones que son:

Tabla 1.
Tipos de inspecciones.

Inspecciones Mayores	Inspección Destructiva	Reparaciones Estructurales
Chequeos "B" y "C"	Inspección por el método visual (Boroscopía)	Reparaciones Mayores
Cumplimiento de Directivas de Aeronavegabilidad(AD's)	Inspección por el método de corrientes inducidas (método de ultrasonido)	Reparaciones Menores
Cumplimiento de Boletines de servicio (SB's)	Inspección por el método de líquidos penetrantes	Programas actualizado de mantenimiento por envejecimiento
Programa de control de corrosión progresiva (CPCP's)	Inspección por el método de partículas Magnéticas	Peso y Balance
	Inspección por el método de Radiografía industrial (Rayos X)	Trabajos y reparación en LapJoint

Además, se presenta tipos de reparaciones en el fuselaje de la aeronave Boeing 737 que podrían ser correctivos ya sea en pintura que son aplicados sobre la superficie para proteger e impedir que el fuselaje se corroa, soldadura en cualquier parte de la aeronave con diferentes tipos:

Tabla 2.
Tipo de decapados y soldadura.

Programa de corrección, pintura interior y exterior	Soldaduras especiales
Control de daños en pintura	Acero
Tratamientos Anticorrosivos	Aluminio
Recubrimientos Orgánicos	Titanio

La Dirección de la Industria Aeronáutica DIAF ha trabajado en diferentes tipos de aeronaves que son:

2.2.1 Aeronaves Boeing 737.

El Boeing 737 es un avión de pasajeros, bimotor de reacción, de fuselaje estrecho, a medio alcance, fabricado y desarrollado por la compañía estadounidense Boeing Comercial Airplanes. El 737 se inició con una versión derivada de los Boeing 707 y 727, de menor costo, tamaño y bimotor esta aeronave se empezó a diseñar en el año 1964, realizando su primer vuelo en 1967, y entro en servicio el 10 de febrero de 1968 con Lufthansa, siendo el avión de pasajeros turbo fan con mayor número de unidades más adquiridas en la historia de la aviación siendo el modelo mejor destacado en la fabricación sin interrupción por parte de Boeing brindando la comodidad y seguridad en sus años de servicio, con más de 10.000 aeronaves entregadas y 4.600 pendientes de ser fabricadas a finales de marzo del 2018. (Airlines, 2011)

2.2.2 Boeing 737 Classic.

La serie hoy denominada Classic por parte de Boeing está compuesta por los siguientes modelos:

- Boeing 737-300
- Boeing 737-400
- Boeing 737-500

Esta caracterizado por contar con nuevas tecnologías tales como: motores turbo fan CFM-56, que son un 20% más eficientes que los JT8D, empleados en la original, alas rediseñadas, mejoras aerodinámicas además mejorando la cabina del piloto (cockpit), agregado el sistema EFIS que es el Sistema de Instrumentación en Vuelo Electrónico, en la cabina de pasajeros similar a la utilizada en Boeing 757 con la máxima velocidad para la cual este tipo de aviones alcanza el régimen transónico es número de Mach crítico, cuyo aproximado es de 0,8 mach. (Airlines, 2011)



Figura 2. Interior de la cabina de un 737
Fuente: (AfriPics, 2008)

2.2.3 Datos importantes de la aeronave Boeing 737.

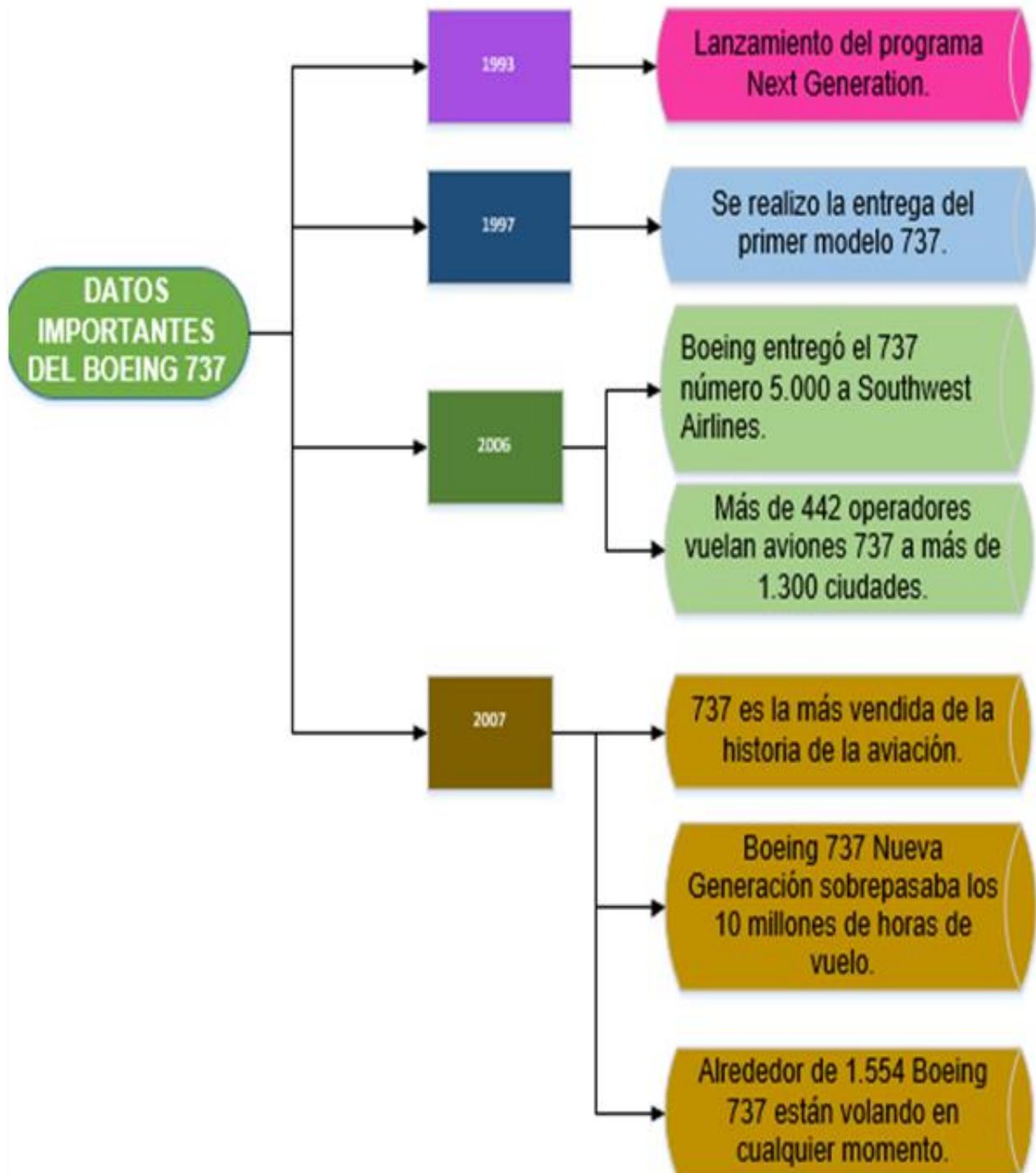


Figura 3. Datos importantes de la aeronave

2.3 Presentación de motor CFM

2.3.1 Motor CFM56-3.

El CFM internacional CFM56-3 es un aerodeslizador de turboventilador de flujo axial y doble bypass de alto rotor, es un derivado de la familia de motores CFM56 que produce un rango de empuje de 18.500 libras a 34.000 libras de fuerza. El motor CFM56-3 produce una fuerza de 20,000 a 23,500 libras dependiendo de si está montado en el 737-300 o en el 737-400 de acuerdo al diseño inicial de aquel motor en donde se ejecutó por primera vez en 1974 y voló en 1977 en el McDonnell Douglas YC-15 como candidato en los Estados Unidos en la competencia de transporte STOL avanzado medio de la fuerza aérea considerado, así como la semana de aviación y tecnología espacial en 1977. El CFM56 ganó la competencia y se convirtió en el nuevo motor de la flota de petróleo KC-135, además el motor principal del Boeing 737 y DC-8 a partir de ahí el CFM56 se actualizó ampliamente y ahora es el motor turboventilador de alto bypass aumentado utilizado con más de 800 millones de vuelo. (Medrano, CFM56-3, s.f.)

2.3.2 Parámetros principales del motor.

El CFM56-3 es un motor de doble eje con un índice de empuje entre 18,500 y 23,500 libras y una relación de compresión de 27:5 a 30:1. Estas aeronaves tienen en particular una variante que tiene una relación de derivación de 6:1 con un diámetro de ventilador de 60 pulgadas y un peso en seco de 4,300 libras, en su diseño consiste de un doble eje con un ventilador, compresor de baja presión, compresor de alta presión, cámara de combustión anular y una sección de la turbina de alta y baja presión, teniendo en cuenta

las siguientes hemos detallado las siguientes características del motor. (Medrano, CFM56-3, s.f.)

Tabla 3.
Características del motor.

Motor	Número en servicio	Aeronave	Número de servicio	Número de operación	Horas de vuelo	Ciclos de vuelo
CFM56-2^a	193	E-3/KE-3E-6	41	4	2,108,171	828,146
CFM56-2B	1966	KC-/RC-135	470	4	12,309,666	5,543,343
CFM56-2C	525	DC-8-70	110	17	15,934,827	6,746,764
CFM56-3	4496	B737-300/400/500	1989	210	189,545,996	134,785,235
CFM56-5^a	1191	A319/A320	535	52	43,276,631	25,708,055
CFM56-5B	4348	A318/319/320/321	2026	127	63,910,182	37,048,141
CFM56-5C	1133	A340	247	46	50,963,689	7,686,726
CFM56-7B	7,282	B737NG	3,398	190	122,665,668	65,169,837
TOTAL	21,134		8,816	531	500,714,830	283,516,247

a. Dimensiones del motor.

Los siete componentes principales del CFM56-3 se enumeran a continuación se ilustran en la figura 4.

1. Amplificador de cuatro etapas: ventilador de una etapa y compresor axial de tres etapas.

2. Compresor de combustión: nueve etapas axiales.
3. Cámara de combustión: flujo axial anular tipo.
4. Turbina de alta presión: etapa única
5. Turbina de baja presión: cuatro etapas
6. Escape: tipo frío (separadas y mixtas)
7. Unidad de accesorio: tres cajas de cambio

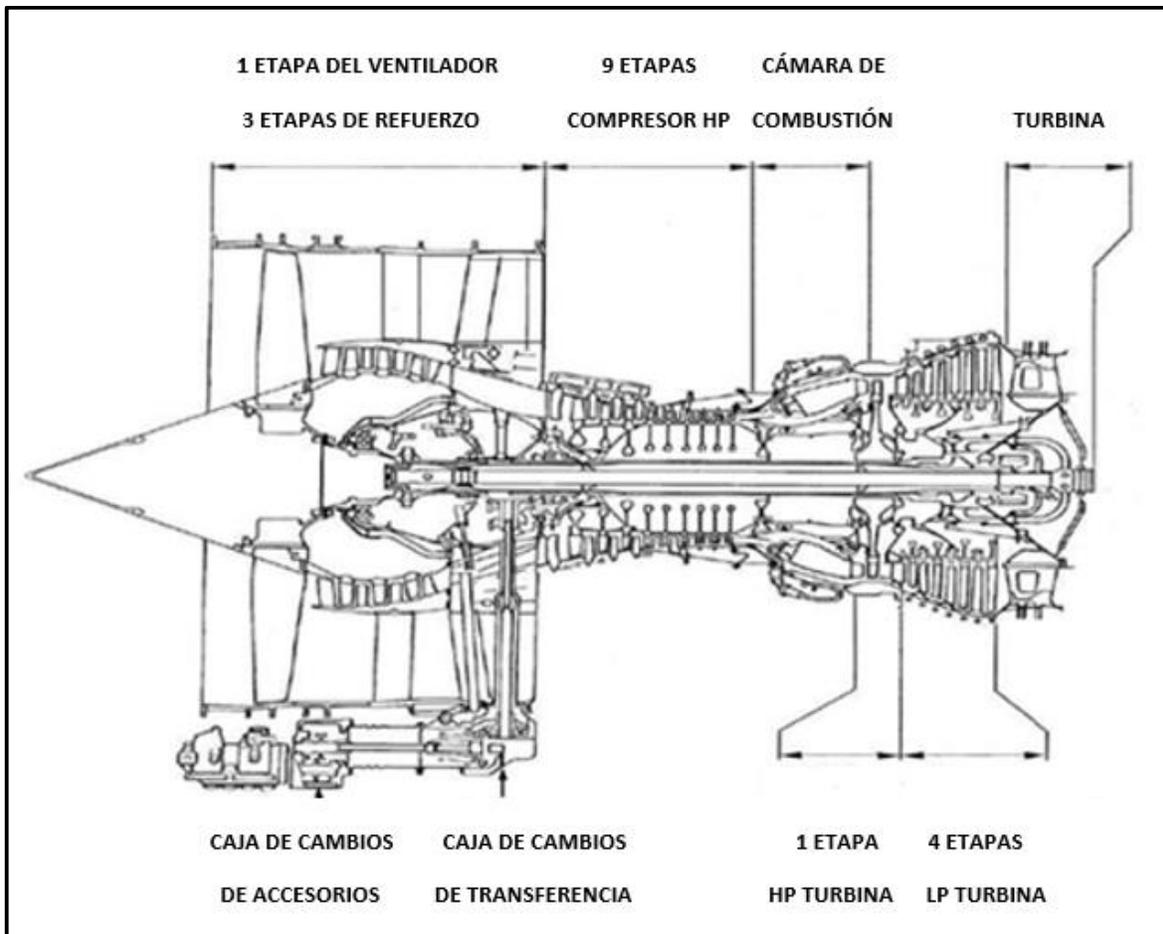


Figura 4. Descripción esquemática del CFM56-3
Fuente: (Medrano, CFM56-3, s.f.)

En un motor CFM56-3 se puede realizar las siguientes inspecciones de acuerdo a los chequeos que se requiera existiendo así diferentes tipos de acuerdo a la zona donde se realice la inspección.

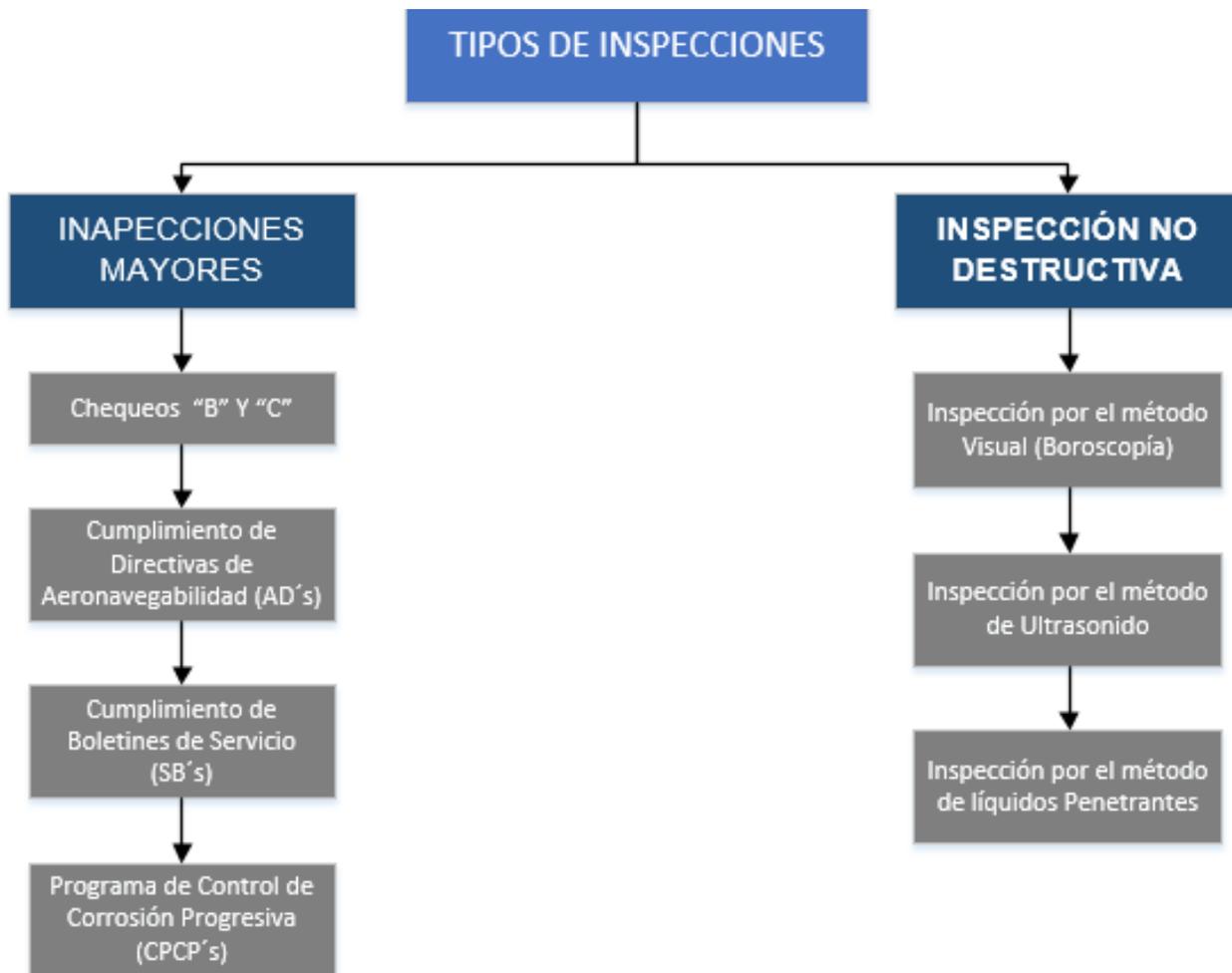


Figura 5. Tipos de inspecciones

b. Sección del compresor.

La sección de compresores del CFM56 agrega energía al flujo de aire y lo convierte en alta presión total en elaboración para la cámara de combustión la sección de

compresor también es responsable del suministro de aire de purga para otros fines, como la presurización de la pala de la turbina y la cabina.

En la sección de la turbina es transferida por un eje la energía hacia el rotor donde agrega energía cinética al flujo de aire al incrementar la energía cinética se transfiere a la energía potencial que es la presión estática por los estatores, las palas del estator están diseñados como pequeños difusores y convierte la energía cinética en energía potencial al desacelerar el aire. (Medrano, CFM56-3, s.f.)

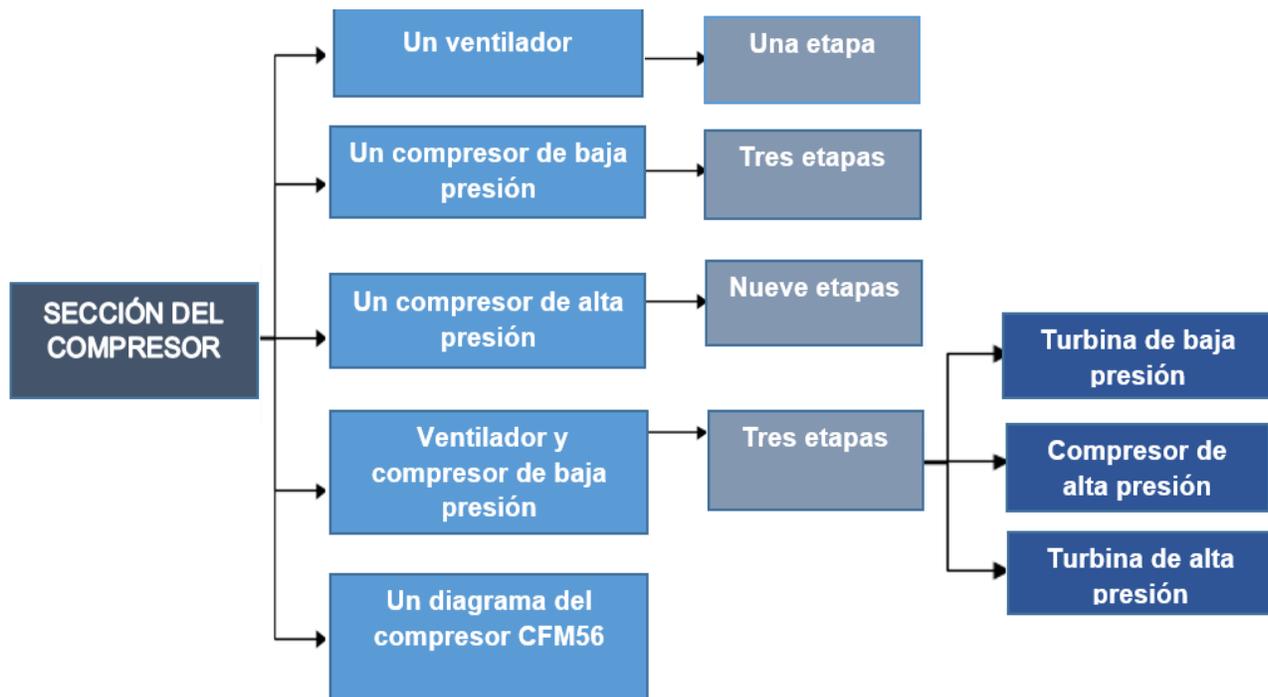


Figura 6. Sección de los compresores.

c. Compresor de alta presión.

El conjunto del compresor de alta presión está diseñado para comprimir más el aire para la preparación de la combustión, en general la estructura del compresor HP es de diámetro interno constante de nueve etapas, alta velocidad, disco de tambor, diseño axial

en relación se entiende que la compresión y la energía transferida al aire disminuye con cada etapa porque el aire comprimido es más difícil de comprimir que a lo largo del sistema crean una compresión decreciente. (Villar, CFM56-3, s.f.)

Los beneficios de tener un sistema de diámetro interno contante incluyen la idea de que las cuchillas son más largas que el diámetro externo constante por lo tanto se induce menos perdidas de acuerdo al espesor de la capa limite además tiene un elemento de menor tamaño que permite más volumen para el flujo de aire secundario y la distribución de aire purgado. (Villar, CFM56-3, s.f.)

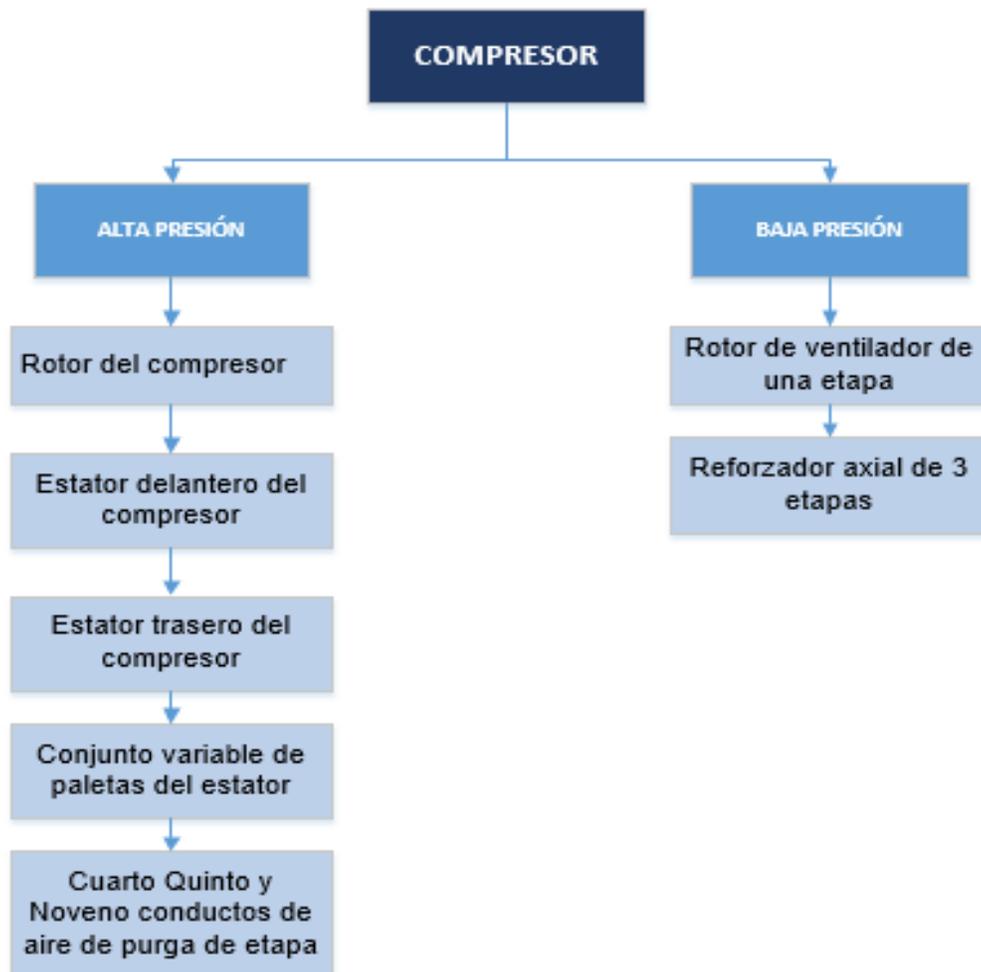


Figura 7. Partes del compresor

d. Compresor de baja presión.

El compresor axial de baja presión (LPC) también se define como la asamblea de refuerzo para el CFM-56 que consiste en un rotor, ventilador de una etapa y un reforzador axial de tres etapas que se monta mediante un cargador en la parte posterior del disco del ventilador. (Villar, CFM56-3, s.f.)

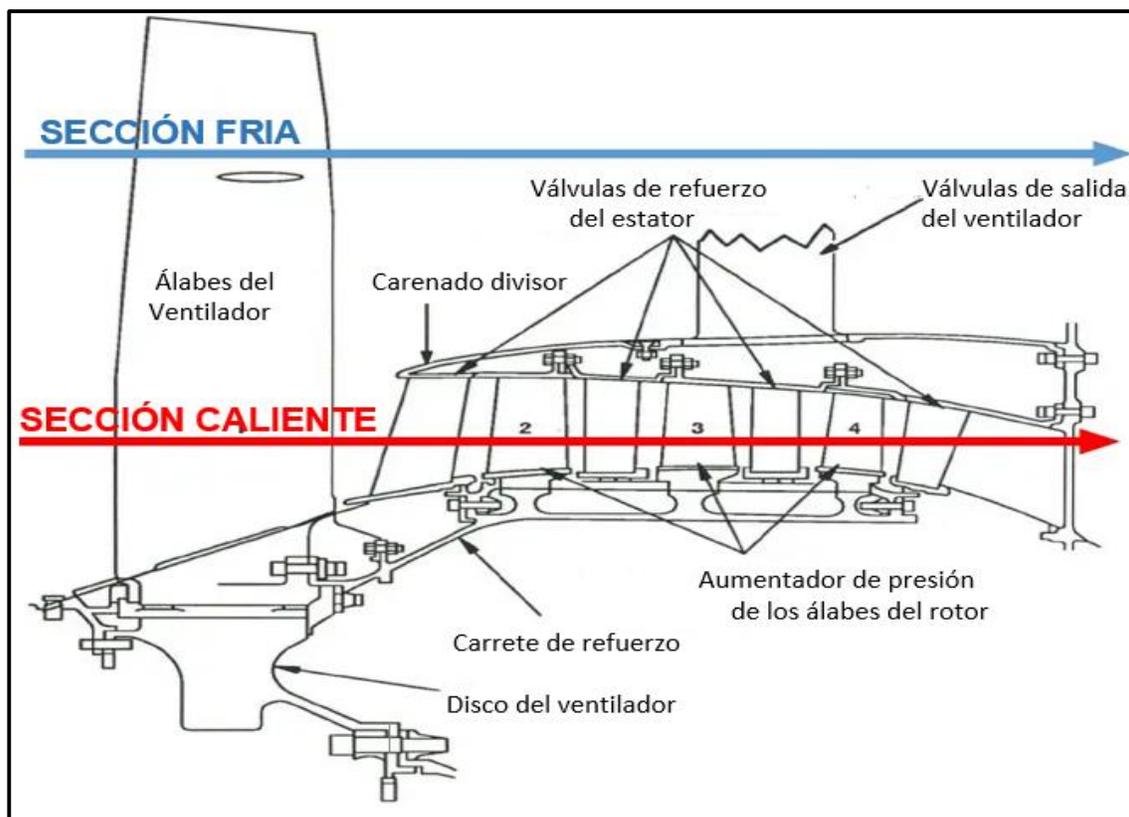


Figura 8. Disco del ventilador y compresor de baja presión
Fuente: (Villar, CFM56-3, s.f.)

e. Sección de la Turbina.

La tarea principal de la sección de la turbina es extraer energía del flujo de gas a través del eje de carrete que forma parte de la energía extraídas por las turbinas en la sección caliente después de la cámara de combustión para conducir los rotores del

compresor se usa para impulsar los accesorios del motor a través de la unidad de accesorios y la caja de engranajes ubicados en la sección del compresor en la parte delantera del motor, que tiene sistemas de rotor de turbina doble que corresponden a los carretes respectivos; la turbina de alta presión (HPT) impulsa al compresor de alta presión y a la turbina de baja presión impulsa al compresor de baja presión, las etapas de la turbina consisten en un estator fijo, seguido de un rotor de turbina que se mueve con su respectivo carrete.

f. Turbina de alta presión.

La turbina de alta presión consiste en una sola etapa axial que se coloca justo a la salida de la caja de combustión, las boquillas están montadas dentro del extremo de la caja de combustión además las boquillas se enfrían internamente mediante aire de combustión secundaria que ingresa a los compartimientos de las paletas y de salida de la paleta. (Villar, CFM56-3, s.f.)

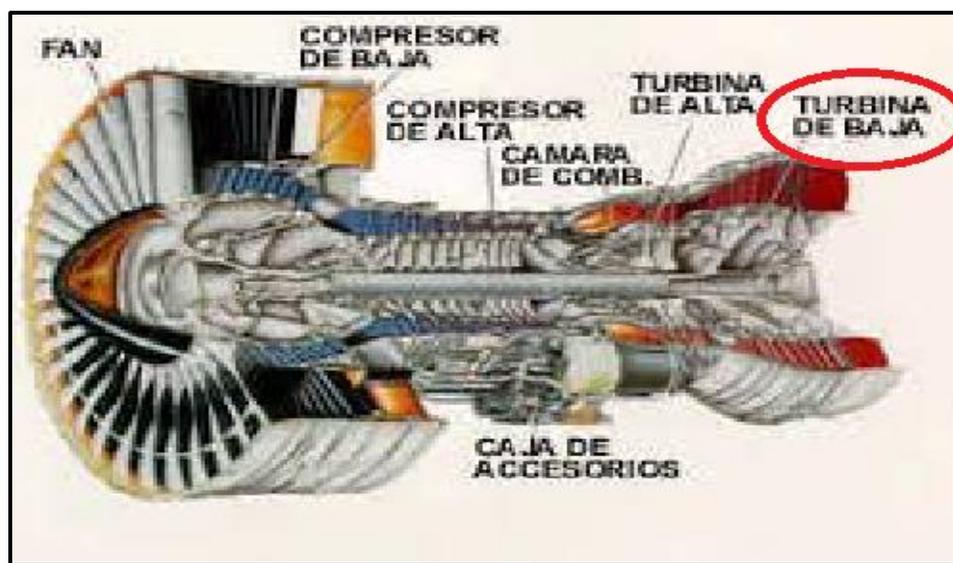


Figura 9. Ubicación de turbina de baja presión
Fuente: (Villar, CFM56-3, s.f.)

g. Turbina de baja presión.

La turbina de baja presión consta de cuatro etapas colocadas axialmente, la primera boquilla es parte de la cubierta de la turbina de alta presión y las otras tres boquillas están fijadas por el estuche de la turbina de baja presión. (Villar, CFM56-3, s.f.)

El soporte de la boquilla y la caja de combustión dirigen al aire del compresor de alta presión (HPC) de la quinta etapa a través de los alabes de la boquilla para enfriar, el aire se presuriza y se enfría la cavidad después de pasar a través de las paletas entre el lado izquierdo del rotor de la turbina de alta presión. (Villar, CFM56-3, s.f.)

En la turbina el tipo axial de baja presión de cuatro etapas gira dentro de la carcasa de la turbina de baja presión además los discos están soportados por el disco de tambor de la turbina de baja presión que está conectado al compresor de baja presión a través del eje. (Villar, CFM56-3, s.f.)

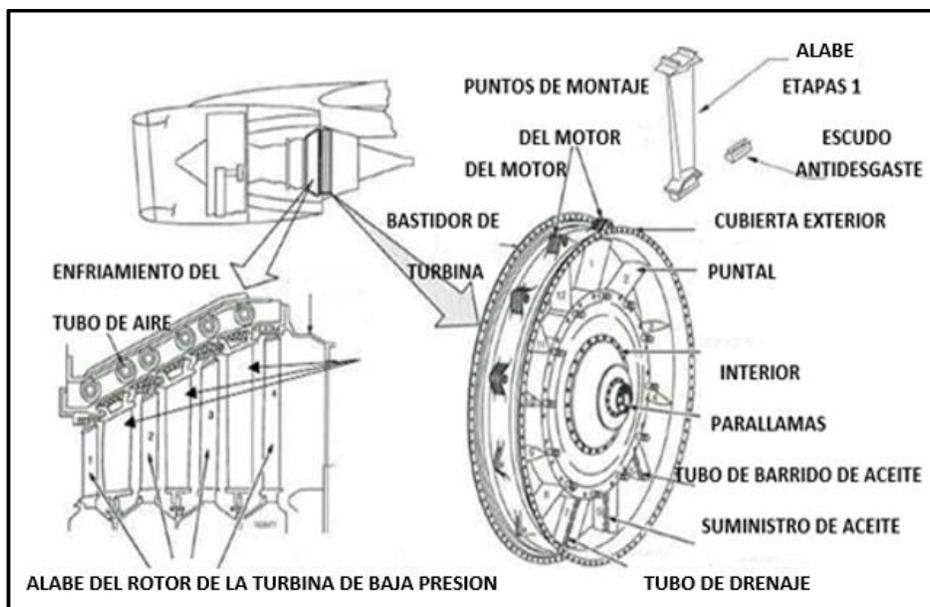


Figura 10. Turbina de baja presión de los estatores

Fuente: (Villar, CFM56-3, s.f.)

2.4 Programa de mantenimiento de la aeronave Boeing 737.

El mantenimiento consiste básicamente en una serie de inspecciones habituales que deben realizarse en todas las aeronaves en un tiempo específico o después de una utilización determinada. Las compañías aéreas y centros de mantenimiento de aeronaves se rigen por un programa de inspección continua aprobada por la Administración Federal de Aviación (FAA).

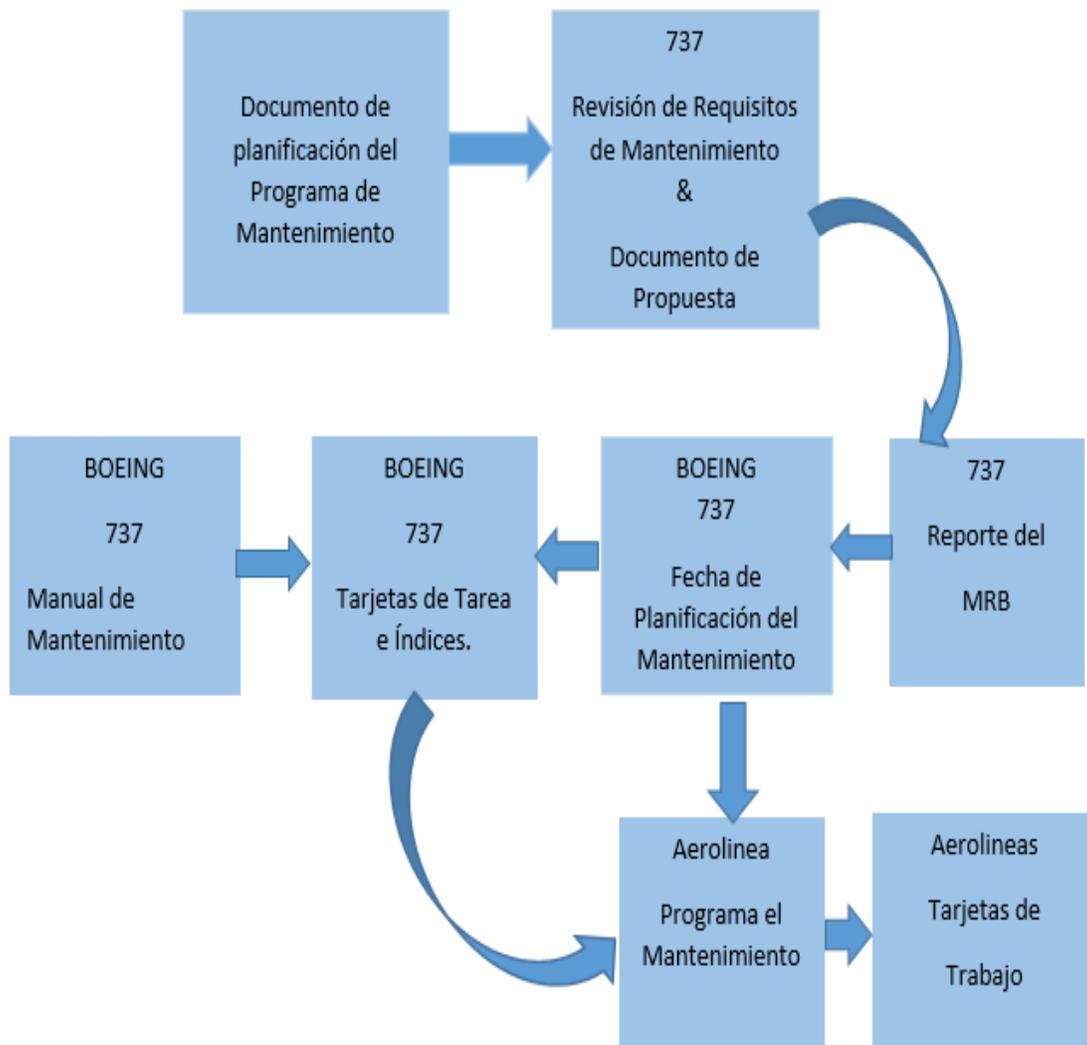


Figura 11. Esquema de desarrollo del mantenimiento

a. Tipos de mantenimiento.

- **Mantenimiento Programado.**

El mantenimiento programado es aquel que se lleva a cabo sobre la base del seguimiento de un plan determinado de revisiones y componentes de recambio, el objetivo es la conservación de la aeronavegabilidad de la aeronave y el restablecimiento del nivel de fiabilidad especificado.



Figura 12. Mantenimiento programado.

Fuente: (Southwest, 2018)

- **Mantenimiento no programado.**

Es aquel mantenimiento que se lo realiza en el momento que se detecta un fallo que pone en peligro la aeronavegabilidad de la aeronave, impidiendo la confiabilidad y seguridad.



Figura 13. Mantenimiento no programado
Fuente: (Avianca, 2018)

Existen varios tipos de mantenimiento que se los puede realizar a una aeronave de acuerdo a las necesidades o tiempo cumplido para mantener una excelente aeronavegabilidad tal y como se detalla en la tabla 4.

Tabla 4.
Tipos de mantenimiento.

Tipos de mantenimiento	Horas de tiempo calendario del avión	Tiempo de mantenimiento (horas Hombre)
A	400-600 Horas	10 horas
B	6 -8 meses	1 a 3 días
C	20 a 24 meses	1 a 2 semanas
D	Cada 6 años	1 meses

2.5 Limpieza para la aeronave Boeing 737.

Para un funcionamiento óptimo del motor se requiere un mantenimiento eliminando la acumulación de material no deseado sobre la superficie de la aeronave, se

debe de tomar en cuenta las recomendaciones y precauciones al momento de realizar mencionada tarea, puesto que para este procedimiento de limpieza de las partes se debe contar con la respectiva información técnica del MSDS (Hoja de Datos de Seguridad), propia del agente para la limpieza respectiva

Antes de realizar la manipulación de cualquier producto químico se debe estar familiarizado con lo siguiente:

1. Tener en cuenta la peligrosidad de cualquier producto químico de acuerdo al nivel de riesgo dependiendo de su composición y a los equipos de protección que se utiliza en la industria aeronáutica.



Figura 14. Sistema de identificación de solventes

2. Confirmar el registro de MSDS del producto químico el grado de peligrosidad para identificarlo con la respectiva etiqueta de seguridad y así evitar incidentes al momento de la manipulación.



Figura 15. Semáforo de riesgo

3. Existen varios productos de limpieza para diferentes zonas o componentes de la aeronave, pero la más utilizada en la limpieza de líneas es el alcohol industrial.



Figura 16. Líquido de limpieza identificado
Fuente: (MABEK SOLUCIONES S.A.S, 2014)

2.6 Equipo de apoyo en tierra (escalera).

Una escalera es un equipo de apoyo en tierra que es diseñada para varios trabajos que estén situados a diferentes alturas de una aeronave, una escalera está conformada por varios escalones (peldaños) de acuerdo a las necesidades del técnico dependiendo de la tarea o chequeos que se pueda realizar y puede disponerse de diferentes tipos, modelos o tamaños según las necesidades estas pueden ser fijas, transportables o móviles.

Tabla 5.
Tipos de escaleras.

Características	Escalera de acceso	Escalera móvil	Escalera en forma de arco
Servicios	Inspección del fuselaje Limpieza en diferentes áreas de la aeronave	Inspección del fuselaje. Decapados de pintura.	Inspección del fuselaje. Decapados de pintura. Inspección en el pilón de la aeronave. Inspección visual en cualquier área de la aeronave.
Costo	800\$	1.000\$	1.300\$
Estabilidad	80%	90%	100%
Mantenimiento	Cada 1 meses	Cada 2 meses	Cada 3 meses

- **Escalera de acceso.**

Puede ser una escalera de acceso a la capota de la aeronave para su respectivo mantenimiento, en su diseño es estrecho y sin tirantes para alcanzar por ejemplo los

motores en aviones de fuselaje ancho de altura ajustable para el pylon y acceso de pre enfriador con una altura ajustable y una plataforma intermedia. (Zarges, 2016)



Figura 17. Escalera de acceso

Fuente: (Zarges, 2016)

- **Escalera móvil.**

La escalera móvil tiene un sistema es giratorio, con anillo para remolcar y ruedas neumáticas con una coordinación de inclinación de 45° para subir y bajar de una forma segura en la zona de trabajo para efectuar la operación que se desea realizar a la aeronave es totalmente cerrada para evitar riesgos de caída.



Figura 18. Escalera móvil.

Fuente: (Zarges, 2016)

- **Escalera de plataforma.**

La escalera de plataforma permite realizar diferentes mantenimientos en la aeronave a diferentes alturas, considerando las normas adecuadas para el diseño para la parte inferior de la escalera sin relleno se puede encoger en caso de remolcado para maniobrar mejor considerando que la altura de trabajo es de hasta 3,90 metros, su uso es en diferentes aeronaves la plataforma es segura y consta de rejillas pasamanos en los laterales de la escalera con protecciones para la aeronave y sobretodo es antideslizante y permeable bien equipada.



Figura 19. Escalera en forma de arco.
Fuente: (EduardoEscalona, 1988)

CAPITULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Introducción.

El presente proyecto de titulación se enfoca a ser de gran utilidad para el personal técnico que labora en la Organización de Mantenimiento Aprobado OMA-DIAF ubicado en la ciudad de Latacunga, pues se convertirá en un medio de apoyo para mencionado que se efectúan en el área del pilón del ala de los motores CFM56-3, en especial para la comprobación del funcionamiento del sistema de drenaje del strut de los motores CFM56-3 para las aeronaves Boeing 737-300/400/500, e inspección de otros elementos que intervienen en dicha área.

3.2 Preliminares.

La función del sistema de drenaje del Strut es la de permitir la evacuación del agua que se acumula en el interior del pilón del ala de los motores CFM56-3, causando inconvenientes a los diferente componentes y sistemas del motor. Principalmente, el sistema de drenaje está compuesto por una red de canales que recogen y conducen las aguas a otra parte, fuera del área a ser drenada, impidiendo al mismo tiempo, la entrada de las aguas externas, es por ello la necesidad de mantener este sistema en perfectas condiciones y den este capítulo se presenta la información detallada de los procedimientos para realizar el mantenimiento y la comprobación del funcionamiento del sistema de drenaje del Strut de los motores CFM56-3 para las aeronaves Boeing 737-300/400/500, además de la implementación de un equipo de apoyo en tierra (Escalera)

para lograr acceder a mencionado sistema puesto 1ue mejorara notablemente la habilidad en la parte práctica y optimizara tiempo en la ejecución de los diferentes trabajos en el área del pilón del ala de los motores CFM56-3, garantizando la seguridad integra del personal técnico.

Para el estudio se consideran los siguientes factores:

3.3 Factor técnico.

El personal técnico que labora en la Organización de Mantenimiento Aprobada OMA-DIAF ubicada en la ciudad de Latacunga, son los principales beneficiarios de este proyecto pues está enfocado a la elaboración e implementación de un equipo de apoyo en tierra (escalera) para poder acceder al sistema de drenaje del Strut para comprobar su funcionalidad, aportando de esta manera un medio de apoyo práctico para el personal técnico, en tal virtud se considera factible, ya que además se dispone de información técnica de aeronaves que poseen motores CFM56-3 e información propia del fabricante de mencionado motor, además del conocimiento técnico en este tipo de motores.

3.4 Factor económico.

Para la implementación de este equipo de apoyo en tierra (escalera) y para lograr acceder al sistema de drenaje del Strut y su posterior comprobación de la funcionalidad de mencionado sistema fue necesario analizar los gastos que genero los materiales a utilizar para la elaboración del proyecto, así como también se consideró los gastos personales para la finalización de este proyecto.

3.5 Equipo de protección personal (EPP).

En la elaboración e implementación de este equipo de apoyo en tierra (escalera), y lograr acceder posteriormente al sistema de drenaje del Strut para realizar la comprobación de funcionalidad de dicho sistema, se promueve el uso racional y efectivo de los equipos de protección personal (EPP) en los lugares de trabajos, en especial en áreas de vital importancia en el campo aeronáutico.

- **Protección para manos:** Guantes para evitar infecciones o contaminación y protegerse de solventes o temperaturas muy elevadas.
- **Protección ocular:** Gafas de protección ocular por salpicaduras, además de máscaras y cascos para soldadura por arco (pantalla de soldador).
- **Protección auditiva:** Uno de los factores más importantes que debemos tomar en cuenta para la selección de equipo protector de oídos es la capacidad que tiene de reducir el nivel de decibeles al que está expuesto.
- **Protección para el sistema respiratorio:** Mascarillas utilizada para partículas de polvo y vapores orgánicos o químicos.
- **Calzado de protección:** Botas industriales con punta de acero para protección de objetos que caigan, o con suela especial para evitar accidentes.

- **Protección para el tronco:** Chaleco para protegerse de temperaturas elevadas al omento de soldar. (WordPress, 2014)



Figura 20. Equipos de protección personal
Fuente: (WordPress, 2014)

3.6 Desarrollo.

Para realizar este trabajo fue necesario implementar una escalera en forma de arco que fue diseñada de acuerdo a los requerimientos de los técnicos dentro de ciertas normas establecidas en la empresa mediante el cual se desea ofrecer seguridad y ahorro de tiempo en las diferentes tareas que se necesite realizar pese a ello como medida de seguridad, en todos los casos deben existir escaleras normales o de emergencia para permitir varios tipos de servicio es así que esta escalera brinda múltiples servicios por su fácil desmontaje.

Tabla 6.
Ponderación de selección de escalera.

Programa de diseño de la escalera										
Características		Escalera Arco			Escalera Móvil			Escalera de Acceso		
1	Factibilidad	40%	4	1.6	30%	2	0.6	30%	3	0.9
2	Seguridad	30%	3	0.9	40%	3	1.2	30%	3	0.9
3	Utilidad	30%	3.9	1.33	30%	2.5	0.75	40%	2.5	1
Selección Prevista		1		3.8	1		2.55	1		2.8

La elaboración e implementación de este tipo de apoyo en tierra (escalera) se procedió a realizar el esquema mediante la ayuda del Software SolidWorks y posteriormente obtener los planos precisos ya que se debe tomar en cuenta la seguridad. Los planos pueden ser observados en el ANEXO A.

El primer paso para poder acceder al sistema de drenaje del Strut del motor CFM56-3 y su posterior comprobación de la funcionalidad de mencionado sistema que será de vital ayuda para los trabajos técnicos fue necesario realizar la construcción de un equipo de apoyo (escalera) que ofrezca una excelente resistividad, durabilidad y seguridad de acuerdo a su utilización.



Figura 21. Ensamblaje del equipo de apoyo

Tomando en cuenta que esta escalera nos sirve para realizar un chequeo en el sistema de drenaje del Strut en los motores CFM56-3 consiste en una serie de tuberías las cuales ayudan a evacuar líquidos hacia el exterior, por ende, se necesita que mencionado sistema se encuentre en óptimas condiciones para la cual la OMA- DIAF se realizan trabajos de mantenimiento en diferentes áreas de las aeronaves y motores.



Figura 22. Escalera terminada

3.6.1 Trabajo de comprobación de la funcionalidad del sistema de drenaje del Strut.

El motor cuenta con un sistema de drenes para permitir que, en una eventual fuga de alguno de los componentes o accesorios del motor, el líquido de agua salga hacia el exterior del motor y evitar acumulación para prevenir posibles riesgos del mismo. Todas las líneas de dren permiten que los fluidos (combustible, aceite, hidráulico e inclusive agua) salgan hacia el exterior del motor por orificios ubicados estratégicamente en la cubierta.

Las líneas de dren están identificadas con las placas para determinar que componente tiene una posible fuga. Las placas de identificación se localizan en la parte interior de la cubierta del fan en algunos casos.

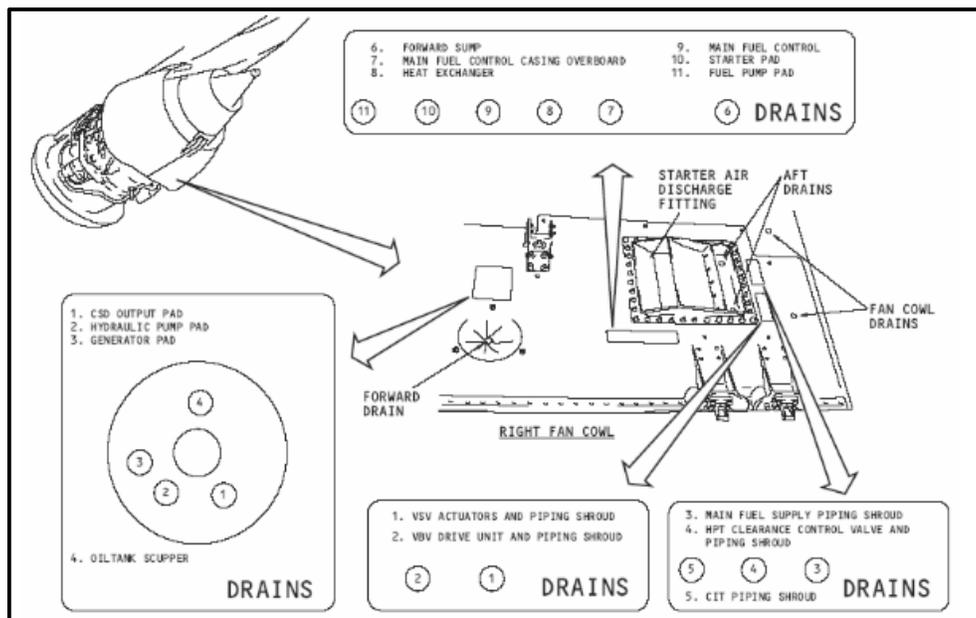


Figura 23. Identificación de drenes e identificaciones

Fuente: 737-300/400/500 Maintenance Training Manual

El sistema consiste de puntos de inyecciones de agua, también de varias cañerías alijadas en la parte superior del strut, las cuales se dirigen hacia la parte posterior del motor y también hacia la parte inferior permitiendo drenar la acumulación de líquido.

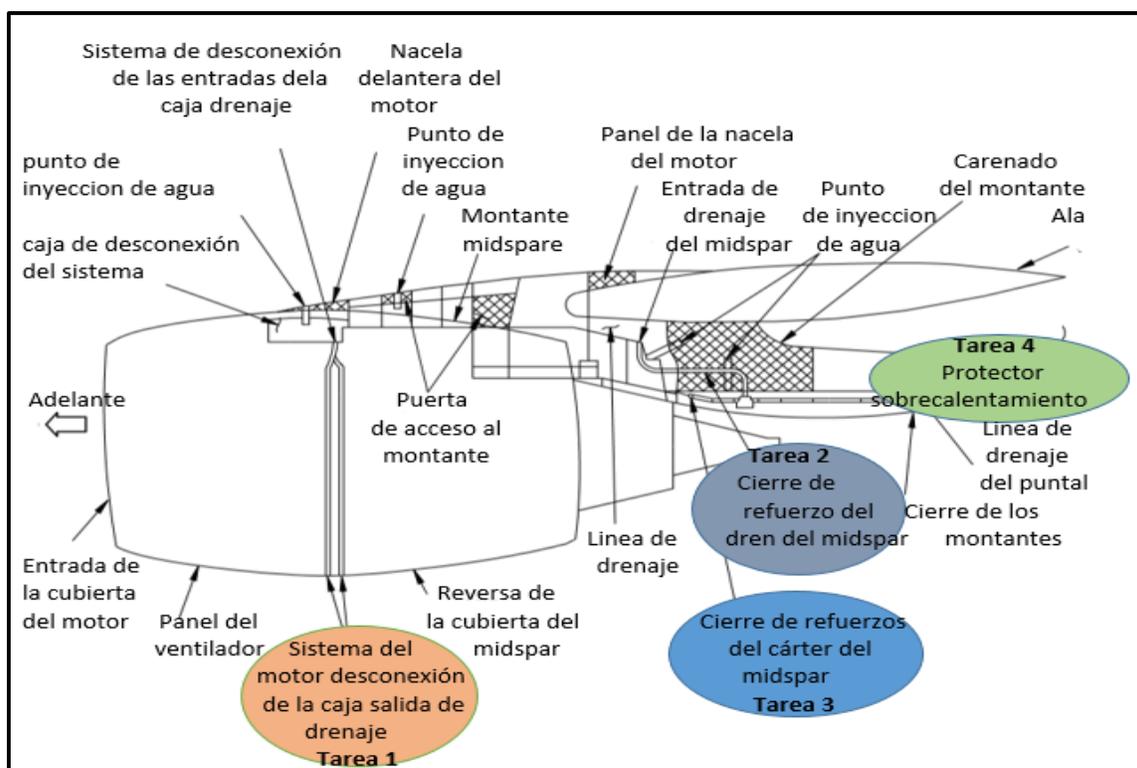


Figura 24. Identificación de las líneas de drenaje
Fuente: 737-300/400/500 Task Card

Antes de empezar con la comprobación de funcionamiento del sistema de drenaje del strut en los motores CFM56-3 con la ayuda del equipo de apoyo (escalera) implementando y mediante la utilización del EPP, se realizó la limpieza del área de donde se encuentran cada dren y su parte superior del motor, mencionada limpieza se realizó con alcohol industrial y guaipe de acuerdo al Manual de Prácticas Estándar (SOPM) Pág. 11 y 12 Lit. E, tomado como referencia de los manuales No Customizados pertenecientes a las aeronaves Boeing 737. ANEXO B

Limpieza general

Este método es utilizado para remover la suciedad cuando es especificada su localización mediante una revisión.



Figura 25. Limpieza en el strut

1. Se eliminó la suciedad suelta, la grasa no deseada o el aceite con un paño húmedo de alcohol, teniendo cuidado con el área.
2. Se obtuvo el solvente aplicable para limpiar, considerando que el solvente puede ser utilizado según sea necesario eliminar la suciedad.
3. Se limpió la superficie humedeciéndola con el solvente para que la suciedad se remoje y ayude a la limpieza.
4. Se enjuago la superficie con solvente limpio y wipe.
5. Se limpió el exceso de solvente (alcohol) y se dejó que seque y se pueda proceder a la tarea.



Figura 26. Proceso de limpieza

Se finalizó la limpieza y se verificó los materiales a utilizar en el trabajo de mantenimiento y funcionalidad, realizando detalladamente todos los ítems estipulados en la referencia de la Task Card 54-011-00-01, para cumplir el mantenimiento en el área del sistema de drenaje de strut del motor CFM56-3 perteneciente a las aeronaves Boeing 737-300/400/500. A continuación, se detalla los ítems realizados; a la vez se puede corroborar en el ANEXO C.

Se procedió a realizar la tarea en el pilón del ala del motor CFM56-3 que para su comprobación de funcionalidad se debe realizar cuatro tipos de tareas que serán detalladas a continuación:

3.6.2 Chequeo funcional del dren del motor por obstrucción.

A. Referencias

54-31-01 P/B 401 – Paneles de acceso del Strut desmontaje/ instalación

54-32-01 P/B 401 = Avance delantero – desmontaje / instalación.

Tabla 7.
Localización de los carenados.

Numero	Nombre y localización
5738	Ventilador conducto del lado LH
5739	Ventilador conducto del lateral RH motor No 1
5747	Carenado del motor
5847	Carenado del motor

Se desinstaló los carenados del motor para realizar las respectivas cuatro tareas del drenaje del strut.



Figura 27. Desinstalación de los carenados

Tarea 1. Comprobación del drenaje de la caja de desconexión del sistema.

- a. Se utilizó los procedimientos que nos indica en la tarjeta de tarea 54-31-01/401, se removió y colocó los sujetadores de la abrazadera.



Figura 28. Remoción de los sujetadores

- b. Se encontró la salida de drenaje del strut debajo del motor en la parte posterior de la salida de aire del dispositivo de arranque del panel de la cubierta del ventilador.

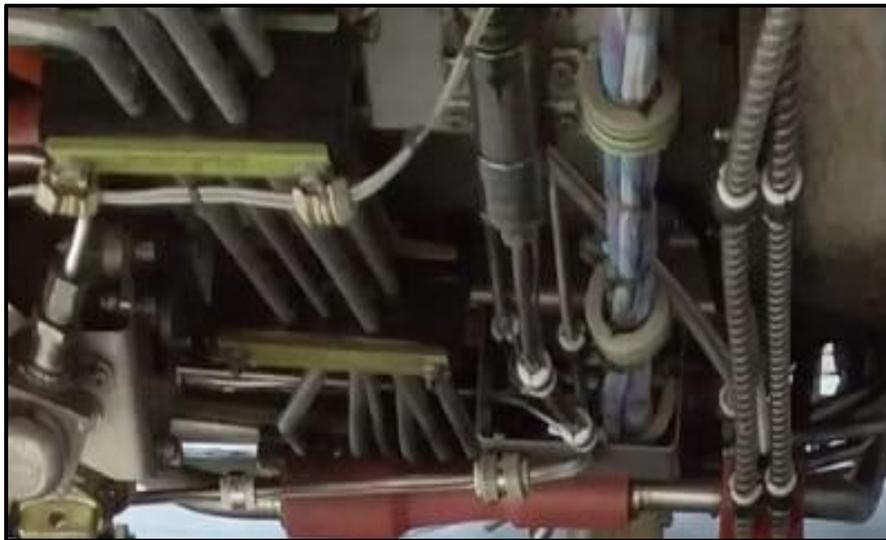


Figura 29. Salida del drenaje del Strut

- c. Se colocó un recipiente seco que tiene la capacidad de contener 10 litros de agua debajo de la caja de desconexión del sistema de salida del drenaje.



Figura 30. Colocación del recipiente

- d. Se realizó la comprobación del drenaje de la siguiente manera:
- Se colocó un embudo de cuello largo y una manguera de desagüe, colocando 256 onzas de agua que equivale a 7,571 litros de agua limpia del grifo en la caja de desconexión del sistema.
 - Se aplicó agua suavemente sobre el fondo de la caja de desconexión con aproximadamente 50% en el lado derecho e izquierdo.
 - Se aseguró que el agua recogida en la salida del drenaje no sea inferior a las 250 onzas líquidas que equivale a 7.393 litros durante 3 minutos después de haber aplicado completamente el agua.
 - Se verificó que la caja de desconexión del sistema esté libre de obstrucciones y contaminación



Figura 31. Realización de la tarea

- e. Se limpió toda el agua que quedo sobre el Strut con abundante guaípe y franelas para evitar que quede residuos.



Figura 32. Limpieza del área del Strut

- f. Se verificó que todas las áreas de la caja de desconexión del sistema estén limpias.



Figura 33. Verificación de la caja de desconexión

Tarea 2. Chequeo del drenaje del Strut central

- a. Se encontró la salida del drenaje en el ensamble del protector térmico.



Figura 34. Salida del drenaje

- b. Se colocó un recipiente seco, de 10 litros de capacidad debajo de la salida del drenaje del conjunto del protector térmico.



Figura 35. Colocación del recipiente

- c. Se realizó el chequeo del drenaje de la siguiente manera:
- Con un embudo de cuello largo y una manguera de drenaje se colocó 256 onzas de fluido que equivale a 7,571 litros de agua limpia del grifo en el extremo delantero de la columna central del Strut
 - Se aplicó agua aproximadamente al 50% en los dos lados izquierdo y derecho en el centro del strut.
 - Se aseguró que el agua recogida en la salida del drenaje no sea inferior a 240 onzas líquidas 7.098 litros en 6 minutos después de haber aplicado el agua.
 - Se verificó que el área central del strut esté libre de obstrucciones y contaminación.



Figura 36. Realización de la tarea

- d. Se retiró todo el remanente del agua que quedo en el strut con franelas y guapes para evitar residuos.



Figura 37. Limpieza del strut

- e. Se verificó que todas las áreas del centro del Strut estén limpias.



Figura 38. Verificación del área

Tarea 3. Chequeo de cierre de drenaje de la viga central del Strut.

A. Procedimiento.

- a. Se encontró la salida de drenaje en el ensamblaje del protector térmico.



Figura 39. Salida del drenaje

- b. Se colocó un recipiente seco STD-193 de 1 litro de agua debajo de la salida del drenaje del ensamblaje del protector térmico.



Figura 40. Colocación del recipiente

- c. Se realizó la comprobación de la siguiente manera:
- Con un embudo de cuello largo STD 1155 y una manguera de drenaje se colocó 32 onzas de fluido esto equivale a 0,946 litros de agua limpia en la cara posterior del drenaje.
 - Se aseguró que el agua recolectada en la salida del drenaje no sea menor de 26 onzas líquidas que equivale a 0,769 litros después de pasar 3 minutos de aplicar el agua.
 - Se verificó que la red de cierre del Strut esté libre de obstrucciones y contaminación.

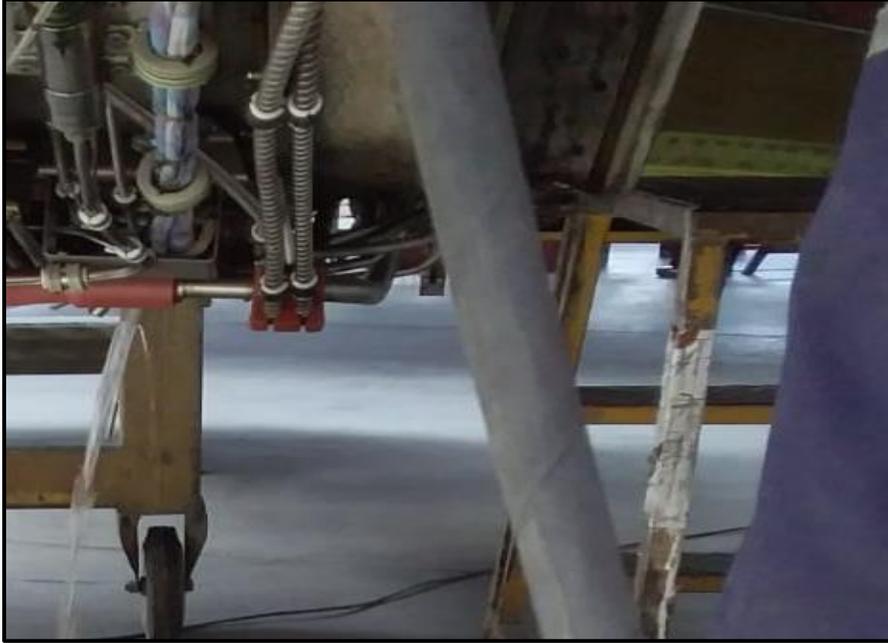


Figura 41. Procedimientos de la tarea

- d. Se retiró el remanente de agua que quedo en el Strut.



Figura 42. Limpieza del remanente

e. Se aseguró que todas las áreas estén limpias.



Figura 43. Área limpia

Tarea 4. Chequeo del drenaje del protector térmico.

A. Procedimiento

a. Se encontró la salida del drenaje en el ensamblaje del protector térmico.



Figura 44. Salida del drenaje

- b. Se colocó un recipiente seco, mínimo de una pinta que equivale a 0,5 litros de agua por debajo de la salida de drenaje.



Figura 45. Colocación del recipiente

- c. Se realizó el drenaje de la siguiente manera:
- Con un embudo de cuello largo y una manguera de drenaje, colocamos 16 onzas de fluido que equivale a 0,473 litros de agua limpia al extremo delantero del conjunto del protector térmico.
 - Nos aseguramos que el agua recolectada en la salida del drenaje no sea menor de 14 onzas que equivale a 0,414 litros después de 3 minutos de aplicarlo.
 - Nos aseguramos que la superficie esté libre de obstrucción y contaminación.



Figura 46. Procedimiento de la tarea

d. Se limpió toda el agua que quedo en el Strut.

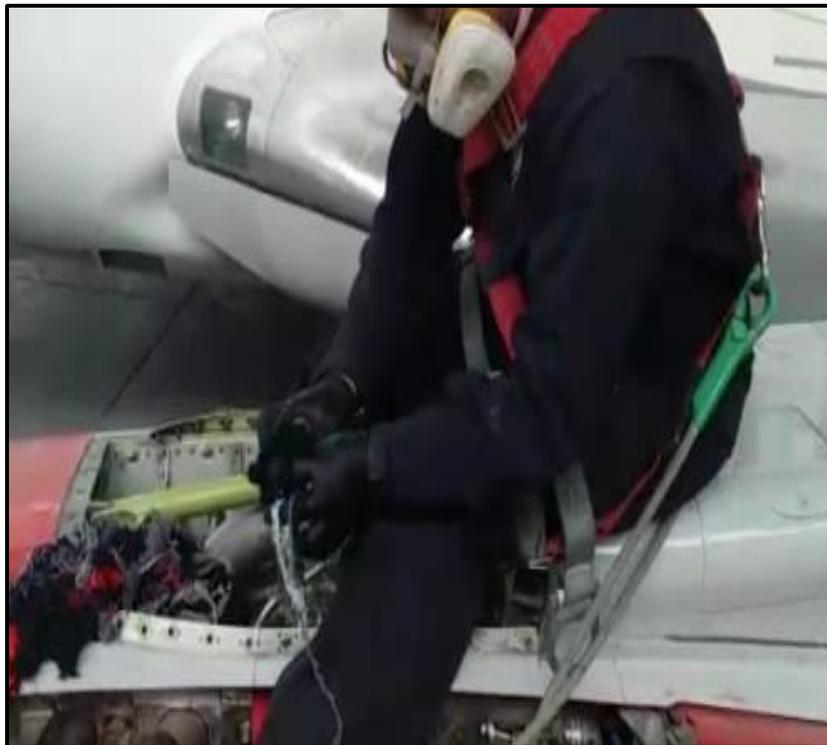


Figura 47. Limpieza en el Strut

- e. Se verificó que todas las áreas de la superficie superior del protector térmico estén limpias.



Figura 48. Áreas limpias

Se finalizó las tareas del drenaje del strut y se instaló los carenados del motor.



Figura 49. Instalación de los carenados del motor

Se cumplió con las con las cuatro tareas que nos permitió realizar el chequeo de funcionamiento de los diferentes drenajes del motor siendo las tareas satisfactorias ya que no se encontró obstrucción en las líneas de dren. Se detalla la certificación de cumplimiento de la tarea. Anexo D

3.7 Análisis de costos.

Al implementar este equipo de apoyo (escalera) la misma que es de gran ayuda para el personal técnico que labora en la Organización de mantenimiento Aprobado OMA-DIAF ubicado en la ciudad de Latacunga, ya que por medio de este equipo de apoyo se facilitara varias tareas de mantenimiento en el área del Strut del motor son necesarias cumplir, además que servirá para procesos de desmontajes y montaje de los motores puesto que en el Strut también se encuentra los puntos para la sujeción de los motores. Y para lograr cumplir este objetivo se tomó en cuenta el apoyo por parte de técnicos de la Organización, durante la elaboración de la estructura y ejecución del chequeo de comprobación de funcionalidad del sistema de drenaje del strut de los motores CFM56-3 para las aeronaves Boeing 737-300/400/500, además de infraestructura, equipos herramientas, registros y documentación técnica, mismos que fueron indispensables para la elaboración de este proyecto de graduación.

3.7.1 Rubros.

El costo total de la realización de este proyecto practico se detallan en los siguientes rubros.

- Asesoría técnica

- Material fungible utilizado
- Costos secundarios

3.7.2 Costos primarios.

Este costo comprende al material utilizado para la elaboración del equipo de apoyo (escalera) que beneficiara al personal técnico de la OMA-DIAF.

3.7.3 Asesoría técnica.

El costo de la asesoría técnica está dado por la indicación recibida respecto a los registros y documentación técnica y para la elaboración del equipo de apoyo en tierra (escalera) por parte del personal técnico altamente calificado, entrenado y habilitado.

Tabla 8.
Costos de asesoría técnica.

No	Detalle	Costo
1	Asesoría técnica	80\$
	Total	80\$

3.7.4 Materiales fungibles.

En la siguiente tabla se detallan los materiales que se utilizaron en la elaboración del equipo de apoyo (escalera), tanto fungibles como solventes.

Tabla 9.
Costos de materiales fungibles y otros.

Ord	Descripción	Cant.	V.U.	V. Total
1	Perfiles angulares de acero de 1 ½ x 2.3 de 3mm	2 EA	27.00	54.00
2	Tubos de acero de 75 x 75 de 5mm	4 EA	72.00	284.00
3	Tubo de acero de 2" de 3mm	1 EA	29.00	29.00
4	Tubos de acero de 1 ½ x 2.3 de 3mm	2 EA	31.00	62.00
5	Plancha de malla tipo rombo de 2"	1 EA	75.00	75.00
6	Cadena gruesa	3 M	7.00	21.00
7	Cadena delgada	1 M	3.00	3.00
8	Garruchas fijas de 4"	2 EA	22.00	44.00
9	Garruchas móviles de 4"	2 EA	26.00	54.00
10	Electrodos AGA 6011	20 libras	2.30	46.00
11	Discos de corte de 14"	3 EA	14.00	42.00
12	Disco de corte de 7" 1/16	5 EA	12.00	60.00
13	Cepillo de alambre	1 EA	3.80	3.80
14	Guaípe	3 libras	6.00	6.00
15	Macilla automotriz	1 litro	8.00	8.00
16	Pintura amarilla Caterpillar	2 galones	26.00	52.00
17	Thinner industrial	2 galones	2.00	16.00
18	Equipos de protección personal	1 kit	30.00	30.00
19	Scotch brate	2 u	1.25	2.50
20	Equipos Auxiliares	2EA	11.25	22.50
			TOTAL	\$912.30

3.8 Costos secundarios.

En la siguiente tabla se detallan los costos que intervienen en el desarrollo

de la parte teórica del proyecto de titulación.

Tabla 10.
Costos secundarios.

No	Designación	Costo
1	Gastos de movilización	10.00\$
2	Internet	20.00\$
3	CD del proyecto	5.00\$
TOTAL		35.00

3.9 Costo total.

En la siguiente tabla se detalla el costo total que se utilizó para realizar este proyecto de titulación.

Tabla 11.
Costo total.

No	Designación	Costo
1	Asesoría Técnica	80.00\$
2	Material fungible	912.30\$
3	Gastos secundarios	35.00\$
TOTAL		1027.30

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se recopiló toda la información técnica referente a los trabajos de mantenimiento en el sistema de drenaje el Strut del motor CFM56-3 con sus características y sistemas utilizados para aeronaves Boeing 737-300/400/500, y se realizó cuatro tareas para realizar el chequeo de funcionamiento del strut de la aeronave que se encuentra operable en la Organización de Mantenimiento OMA – DIAF.
- El equipo de apoyo en tierra implementado es idóneo para la ejecución del chequeo funcional de dren del strut del motor CFM56-3, se comprobó así la estabilidad maniobrabilidad y seguridad de la misma al momento de realizar cualquier tipo de tarea.
- El equipo de apoyo en tierra (escalera especial) presenta todas las medidas de seguridad de manera que todo el personal técnico que labora en la Organización de Mantenimiento Aprobado OMA-DIAF puede hacer uso para todo tipo de trabajos que conlleve a realizarse sobre el strut del motor CFM56-3, además la operación, funcionamiento y pruebas realizadas al sistema de drenaje fueron satisfactorias ya que se utilizó una línea de aire para evitar que exista cualquier tipo de obstrucción y así poder dar cumpliendo cada uno de los objetivos planificados.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda seguir los procedimientos de la información técnica utilizados en este proyecto para realizar diferentes trabajos en el área del Strut del motor CFM56-3, especialmente en los trabajos de drenaje del strut del motor.
- Continuar con la implementación de nuevos sistemas de comprobación en diferentes sistemas de las aeronaves y sistemas de moto propulsores de aviación, siguiendo estándares de seguridad y apoyo técnico al personal aeronáutico.
- Se recomienda realizar programas de inspección periódicas al equipo de apoyo en tierra con la finalidad de preservar la vida útil, además tener en cuenta la investigación de nuevas innovaciones en equipos y sistemas de comprobación para los diferentes sistemas de las aeronaves modernas.

Referencias Bibliográficas

- AfriPics. (9 de noviembre de 2008). *BRR423*. Recuperado el 07 de Diciembre de 2019, de <https://www.alamy.es/foto-interior-de-la-cabina-de-un-boeing-737-31855547.html>
- Airlines, S. (2011). Recuperado el 17 de Diciembre de 2019, de EcuRed: https://www.ecured.cu/Boeing_737
- Avianca. (16 de mayo de 2018). *Avianca*. Recuperado el 03 de Diciembre de 2019, de <https://www.nlarenas.com/2018/05/business-de-avianca-ecuador-a-bogota-desde-quito/>
- DIAF. (2017). *HISTORIA DE LA DIAF*. Recuperado el 15 de Octubre de 2019, de <https://diaf.gob.ec/historia/>
- EduardoEscalona. (1988). *Inedesca S.A.* Recuperado el 08 de Diciembre de 2019, de <http://www.inedesca.com.mx/servicio-aereo-escalera-mantenimiento.html>
- MABEK SOLUCIONES S.A.S. (2014). Recuperado el 14 de Enero de 2020, de <https://www.mabek.com.co/es/productos-complementarios/170-alcohol-industrial-al-96-3750-cc.html>
- Medrano, L. E. (s.f.). *CFM56-3*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2019, de Turbofan Engine Description: https://www.academia.edu/31930244/CFM56-3_Turbofan_Engine_Description?fbclid=IwAR3pUPWUMRvXDEpy485PE70rf3aHXIW4CVSOJudaEOItkMp5dncLUhoE6es
- Medrano, L. E. (s.f.). *CFM56-3*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2019, de Overview and main parameter: https://www.academia.edu/31930244/CFM56-3_Turbofan_Engine_Description?fbclid=IwAR3pUPWUMRvXDEpy485PE70rf3aHXIW4CVSOJudaEOItkMp5dncLUhoE6es

- Southwest, a. (19 de abril de 2018). Recuperado el 27 de Diciembre de 2019, de <https://qz.com/1257124/southwest-airlines-opposed-recommended-safety-check-on-engines-fan-blade/>
- Villar, L. D. (s.f.). *CFM56-3*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2019, de Propulsion and Gas Turbine: https://www.academia.edu/31930244/CFM56-3_Turbofan_Engine_Description
- Villar, L. D. (s.f.). *CFM56-3*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2019, de Propulsion and Gas Turbine Engines: https://www.academia.edu/31930244/CFM56-3_Turbofan_Engine_Description
- WordPress, E. (JUNIO de 2014). *WordPress*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2019, de <https://soportehigiene.wordpress.com>
- Zarges. (2016). *zarges,aviation.2016*. Recuperado el 05 de Enero de 2020, de <https://www.esclerasyandamios.com/catalogo/aviacion/>

ANEXOS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCION MOTORES

CERTIFICACIÓN

Se certifica que la presente monografía fue desarrollada por la señorita
GUAMANGALLO QUIMBITA, EVELYN GISSELA.

En la ciudad de Latacunga a los 24 días de enero del 2020.

Aprobado por:

Tlgo. Inca Yajamin, Gabriel Sebastián
DIRECTOR DEL PROYECTO



Ing. Rodrigo Bautista
DIRECTOR DE CARRERA



Abg. Sarita Plaza
SECRETARIA ACADÉMICA