



# **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  
MENCION MOTORES**

**MONOGRAFÍA: PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
TECNÓLOGO EN: MECÁNICA AERONÁUTICA MENCION MOTORES**

**TEMA: REMOCIÓN E INSTALACIÓN DEL INLET COWL DEL MOTOR  
CFM56-3 PARA LAS AERONAVES BOEING 737-300/400/500  
MEDIANTE DATOS DE INFORMACIÓN TÉCNICA A REALIZARSE EN  
LA ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO APROBADO OMA-DIAF  
UBICADA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA**

**AUTORA: CHILUISA CHILUISA, CRISTINA MARIBEL**

**DIRECTOR: TLGO. GRANDA GUALPA, EDISON MAURICIO**

**LATACUNGA**

**2020**



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

### CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN

#### MOTORES

#### CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, ***“REMOCIÓN E INSTALACIÓN DEL INLET COWL DEL MOTOR CFM56-3 PARA LAS AERONAVES BOEING 737-300/400/500 MEDIANTE DATOS DE INFORMACIÓN TÉCNICA A REALIZARSE EN LA ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO APROBADO OMA-DIAF UBICADA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA”*** fue realizada por la señorita **CHILUISA CHILUISA, CRISTINA MARIBEL**, 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, 04 de Febrero del 2020

---

TLGO. GRANDA GUALPA, EDISON MAURICIO  
C.C.: 0502736648



**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN**

**MOTORES**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **CHILUISA CHILUISA, CRISTINA MARIBEL**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: ***“REMOCIÓN E INSTALACIÓN DEL INLET COWL DEL MOTOR CFM56-3 PARA LAS AERONAVES BOEING 737-300/400/500 MEDIANTE DATOS DE INFORMACIÓN TÉCNICA A REALIZARSE EN LA ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO APROBADO OMA-DIAF UBICADA 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 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, 04 Febrero del 2020**



---

**CHILUISA CHILUISA, CRISTINA MARIBEL**  
C.C.: 050398739-8



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

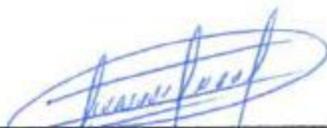
### CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN

#### MOTORES

#### AUTORIZACIÓN

Yo, **CHILUISA CHILUISA CRISTINA MARIBEL**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, publicar la monografía: **“REMOCIÓN E INSTALACIÓN DEL INLET COWL DEL MOTOR CFM56-3 PARA LAS AERONAVES BOEING 737-300/400/500 MEDIANTE DATOS DE INFORMACIÓN TÉCNICA A REALIZARSE EN LA ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO APROBADO OMA-DIAF UBICADA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 04 Febrero del 2020



---

CHILUISA CHILUISA, CRISTINA MARIBEL  
C.C.: 050398739-8

## **DEDICATORIA**

Se lo dedico con todo mi cariño a mi madre quien ha sido mi apoyo incondicional, su ejemplo y sabiduría me ha impulsado a que yo cumpla mis objetivos. Gracias a su amor, esfuerzo, comprensión y a su apoyo moral y económico han hecho que pueda concluir una más de mis metas.

A mi hermano que siempre me ha acompañado desde mi niñez y ha estado para mí en los momentos buenos y malos, siendo mi guía con sus consejos, palabras de aliento para no decaer y ayudándome a sobrellevar esos momentos malos para poder seguir avanzado en todo lo que me he propuesto.

CHILUISA CHILUISA CRISTINA MARIBEL

## **AGRADECIMIENTO**

Dios ha sido mi guía y mi apoyo brindándome su mano cuando más lo necesitado, devolviéndome la salud y dándome la oportunidad de culminar una de mis metas, terminar mi carrera.

Agradezco a mi madre Gloria Chiluisa y a mi hermano Xavier Chiluisa que son las personas más importantes de mi vida que han estado apoyándome incondicionalmente y me ha enseñado que con trabajo y esfuerzo se consigue alcanzar cualquier objetivo propuesto por más difícil que sea.

A mis profesores que compartieron su valioso conocimiento en las aulas de clases que servirán para mi vida profesional. A mis amigos que me han enseñado y ayudado durante la mi vida universitaria y en la realización de este proyecto.

Finalmente quiero agradecer a la Organización de Mantenimiento Aprobado OMA-DIAF quien me abrió las puertas de sus instalaciones y me brindo la ayuda de su personal para realizar este proyecto y culminarlo de mejor manera para obtener mi título.

CHILUISA CHILUISA CRISTINA MARIBEL

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### CARÁTULA

CERTIFICACIÓN .....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	2
1.3 Justificación .....	3
1.4 Objetivo general.....	4
1.4.1 Objetivos específicos .....	4
1.5 Alcance.....	5

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1	Generalidades de las aeronaves Boeing 737-300/400/500.....	6
2.1.1	Historia .....	6
2.1.2	Especificaciones Boeing 737-300-400-500 .....	6
2.2	Motor CFM56-3 de General Electric.....	8
2.2.1	Partes del motor CFM56-3.....	9
a.	Fan.....	9
b.	Compresor .....	9
c.	Cámara de combustión .....	10
d.	Turbina .....	11
e.	Tobera de escape .....	12
2.2.2	Cowling del motor .....	12
2.2.3	Inlet cowl.....	13
2.3	Programas de mantenimiento.....	14
2.3.1	Mantenimiento en línea.....	14
a.	No programado.....	14
b.	Programado.....	14
2.3.2	Mantenimiento menor .....	15
2.3.3	Mantenimiento mayor .....	15
2.4	Diseño estructural en acero .....	15
2.4.1	Alta resistencia .....	16

2.4.2	Elasticidad .....	16
2.4.3	Durabilidad .....	16
2.4.4	Ductilidad.....	16
2.5	Uso del hierro y el acero .....	16
2.5.1	Definición del acero .....	17
2.6	Perfiles de acero.....	17
2.7	Aceros estructurales modernos .....	18
2.8	Medición a la tenacidad .....	19
2.9	Responsabilidades del diseño .....	20
2.9.1	Seguridad .....	21
2.9.2	Costos .....	21
2.9.3	Factibilidad .....	21
2.10	Maquinas industriales para la ejecución del diseño .....	21
2.10.1	Torno .....	21
2.10.2	Fresadora .....	22
2.10.3	Cepilladora .....	23
2.11	Soldadura .....	23
2.11.1	Tipos de soldadura .....	24
a.	Soldadura blanda.....	24
b.	Soldadura fuerte .....	24
c.	Soldadura oxiacetilénica .....	25
d.	Soldadura por Arco Eléctrico .....	26
2.11.2	Procesos de soldadura .....	27

a.	SMAW (Shielded Metal Arc Welding).....	27
b.	GMAW (Gas Metal Arc Welding).....	27
c.	FCAW (Flux cored Arc Welding) .....	27
d.	GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) .....	27
e.	SAW (Sumerged Arc Welding).....	28
2.11.3	Tipos de movimiento de electrodos en la soldadura .....	28
a.	Movimiento de zig-zag (longitudinal).....	28
b.	Movimiento semicircular .....	28
c.	Movimiento entrelazado.....	29
2.12	Líquidos penetrantes .....	29
2.13	Partículas magnéticas.....	30
2.14	Herramientas especiales utilizadas en el campo aeronáutico .....	31
2.14.1	Llave dinamométrica.....	31
2.14.2	Alicates de seguridad.....	31
2.14.3	Herramientas de metal.....	32
2.14.4	Berbiquí .....	33
2.14.5	Soporte de motor .....	33
2.14.6	Gatos hidráulicos .....	33
2.14.7	Eslinga para la cubierta de entrada.....	34
2.14.8	Dolly para la cubierta de entrada .....	34
2.15	Precauciones de seguridad.....	35
2.15.1	Precauciones de seguridad en los talleres.....	35
a.	Seguridad en los talleres, en el manejo de herramienta y maquinaria. ....	35

2.15.2 Equipos y dispositivos de protección personal .....	36
a. Equipos respiratorios .....	36
b. Equipos visuales .....	36
c. Equipos para pies y piernas .....	37
d. Equipos para brazos y manos .....	37

### **CAPÍTULO III**

#### **DESARROLLO DEL TEMA**

3.1 Introducción .....	38
3.2 Preliminares .....	38
3.2.1 Factor técnico .....	39
3.2.2 Factor económico .....	40
3.3 Planteamiento y estudio de Alternativas .....	40
3.3.1 Análisis de las opciones establecidas .....	42
a. Factor de tiempo de construcción .....	42
b. Factor seguridad del soporte .....	42
c. Factor construcción .....	43
d. Factor costo .....	43
3.3.2 Selección de la herramienta a implementar .....	44
3.4 Desarrollo .....	44
3.4.1 Ensamblaje de la herramienta Dolly .....	45
3.4.2 Pruebas de funcionamiento de la herramienta especial (Dolly) .....	46
3.5 Remoción del inlet cowl del motor CFM56-3 .....	48

3.5.1	Desmontaje de los componentes de sujeción del inlet cowl .....	49
3.5.2	Remoción del sensor de temperatura T12 en el inlet cowl .....	50
3.5.3	Remoción del sensor de temperatura T2 del Inlet Cowl. ....	50
3.5.4	Remoción del ducto de TAI.....	51
3.6	Remoción del inlet cowl con el Dolly. ....	52
3.6.1	Ubicación de la herramienta especial. ....	52
3.7	Instalación del Inlet Cowl .....	53
3.8	Presupuesto .....	55
3.8.1	Análisis de costos .....	55
a.	Costos primarios .....	55
b.	Costos secundarios .....	58
c.	Costo total .....	59

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1	Conclusiones .....	60
4.2	Recomendaciones .....	61

<b>ABREVIATURAS.....</b>	<b>62</b>
--------------------------	-----------

<b>GLOSARIO.....</b>	<b>63</b>
----------------------	-----------

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>65</b>
---	-----------

<b>ANEXOS.....</b>	<b>69</b>
--------------------	-----------

**Anexo A:** Planos de la herramienta especial Dolly

**Anexo A1:** Análisis de la estructura Dolly en Solidwors

**Anexo B:** Tarea del Manual de mantenimiento

**Anexo C:** Certificado de cumplimiento de la tarea

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Boeing 737 .....	6
<b>Figura 2.</b> Motor CFM56-3 .....	8
<b>Figura 3.</b> Fan del motor CFM56-3.....	9
<b>Figura 4.</b> Compresor de alta presión .....	10
<b>Figura 5.</b> Cámara de combustión.....	11
<b>Figura 6.</b> Cámara de combustión interna.....	11
<b>Figura 7.</b> Tobera de escape.....	12
<b>Figura 8.</b> Cubiertas del motor CFM.....	13
<b>Figura 9.</b> Inlet cowl .....	13
<b>Figura 10.</b> Tabla de especificaciones aplicables a la ASTM. ....	19
<b>Figura 11.</b> Prueba de Charpy. ....	20
<b>Figura 12.</b> Máquina de torno.....	22
<b>Figura 13.</b> Fresadora. ....	22
<b>Figura 14.</b> Cepillo mecánico. ....	23
<b>Figura 15.</b> Soldadura blanda. ....	24
<b>Figura 16.</b> Soldadura fuerte .....	25
<b>Figura 17.</b> Soldadura oxiacetilénica.....	26
<b>Figura 18.</b> Soldadura por arco eléctrico.....	26
<b>Figura 19.</b> Movimiento de zig – zag.....	28
<b>Figura 20.</b> Movimiento-circular .....	29
<b>Figura 21.</b> Entrelazado .....	29
<b>Figura 22.</b> Ensayo por líquidos penetrantes. ....	30
<b>Figura 23.</b> Ensayo por partículas magnéticas.....	30
<b>Figura 24.</b> Torquímetro.....	31
<b>Figura 25.</b> Entorchador .....	32
<b>Figura 26.</b> Taladro .....	32
<b>Figura 27.</b> Soporte del motor CFM .....	33
<b>Figura 28.</b> Gatos hidráulicos.....	34

<b>Figura 29.</b> Eslinga .....	34
<b>Figura 30.</b> Herramienta especial Dolly .....	35
<b>Figura 31.</b> Inlet cowl ( Eslinga) .....	40
<b>Figura 32.</b> Inlet cowl (Dolly) .....	41
<b>Figura 33.</b> Diseño de la herramienta especial (Dolly) en SolidWorks.....	45
<b>Figura 34.</b> Ensamblaje de la herramienta DOLLY.....	46
<b>Figura 35.</b> Colocación del inlet cowl. ....	47
<b>Figura 36.</b> Colocación de la faja. ....	47
<b>Figura 37.</b> Remoción de los pernos y funcionalidad de la herramienta. ....	48
<b>Figura 38.</b> Paneles abiertos.....	49
<b>Figura 39.</b> Remoción del sensor T12.....	50
<b>Figura 40.</b> Remoción del sensor de temperatura T2.....	51
<b>Figura 41.</b> Remoción del ducto TAI. ....	51
<b>Figura 42.</b> Verificación de los puntos de apoyo. ....	52
<b>Figura 43.</b> Desmontaje del cowling.....	53
<b>Figura 44.</b> Instalación del inlet cowl con el Dolly.....	54
<b>Figura 45.</b> Finalización de la tarea de mantenimiento.....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	<i>Especificaciones y características del Boeing 737-300-400-500</i> .....	7
<b>Tabla 2.</b>	<i>Características del equipo de la eslinga</i> .....	41
<b>Tabla 3.</b>	<i>Características del Dolly</i> .....	41
<b>Tabla 4.</b>	<i>Factor de tiempo de construcción</i> .....	42
<b>Tabla 5.</b>	<i>Factor seguridad del soporte</i> .....	42
<b>Tabla 6.</b>	<i>Factor construcción</i> .....	43
<b>Tabla 7.</b>	<i>Herramientas utilizadas para la remoción e instalación del inlet cowl</i> .....	49
<b>Tabla 8.</b>	<i>Materiales de la implementación de la herramienta Dolly</i> .....	56
<b>Tabla 9.</b>	<i>Mano de obra</i> .....	57
<b>Tabla 10.</b>	<i>Gastos por la realización de la tarea</i> .....	58
<b>Tabla 11.</b>	<i>Tabla total de costos primarios</i> .....	58
<b>Tabla 12.</b>	<i>Costos secundarios</i> .....	58
<b>Tabla 13.</b>	<i>Costo total del proyecto</i> .....	59

## **RESUMEN**

El presente proyecto, contiene los pasos necesarios e indispensables para realizar la remoción e instalación del inlet cowl del motor CFM56-3 de las aeronaves Boeing 737-300/400/500. A través de la documentación técnica AMM (Manual de Mantenimiento) ATA 71. Esta tarea se la ejecuta cuando se presenten diversos acontecimientos tal como daños estructura, deba ser reemplazado, el motor necesite ser desmontado para una inspección mayor o deba ser llevado a Overhaul, mediante esta tarea se logra mantener la aeronavegabilidad de la aeronave. Las instrucciones de manual para efectuar dicha tarea, manda a que se utilice una herramienta especial (Dolly), la cual no dispone la Organización de Mantenimiento Aprobado OMA-DIA. Mediante una investigación que fue realizada, en el Manual de Lista de Equipos y Herramientas Ilustradas, se logró la implementación de la herramienta Dolly para la remoción e instalación del inlet cowl y convertirse en un apoyo para que el personal de mantenimiento pueda ejercer sus trabajos de manera ordenada y segura, sin poner en riesgo su estado físico. Con este propósito, con la herramienta Dolly y la documentación técnica, se disminuirá el tiempo de trabajo y se reducirá los daños a la estructura del inlet cowl. Para la ejecución de este proyecto se consideró recursos humanos, económicos, materiales de construcción, herramientas y equipos, equipos de protección personal e información técnica.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **AERONAVES BOEING**
- **AERONAVES - MANTENIMIENTO**
- **AERONAVES - MOTORES**

## **ABSTRACT**

The present project contains the necessary and indispensable steps to carry out the removal and installation of the inlet cowl of the CFM56-3 engine of the Boeing 737-300/400/500 aircraft. Through the AMM technical documentation (Maintenance Manual) ATA 71. This task is executed when several events occur such as structure damages, it must be replaced, the engine needs to be disassembled for a major inspection or it must be taken to Overhaul, through this task the airworthiness of the aircraft is maintained. The manual instructions for this task require the use of a special tool (Dolly), which is not available at the OMA-DIA Approved Maintenance Organization. By means of an investigation that was carried out, in the Manual of List of Equipment and Illustrated Tools, the implementation of the Dolly tool was achieved for the removal and installation of the inlet cowl and to become a support so that the maintenance personnel can exercise their works in an orderly and safe way, without putting at risk their physical state. With this purpose, with the Dolly tool and the technical documentation, the work time will be reduced and the damages to the structure of the inlet cowl will be reduced. For the execution of this project, human and economic resources, construction materials, tools and equipment, personal protection equipment and technical information were considered.

### **KEYWORDS:**

- **BOEING AIRCRAFTS**
- **AIRCRAFTS - MAINTENANCE**
- **AIRCRAFTS - ENGINES**

# CAPÍTULO I

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Antecedentes

Para el desarrollo en los procesos de mantenimiento, inspección, remoción e instalación de partes y componentes que tiene una aeronave se ha implementado diversos equipos, máquinas y herramientas especiales para realizar mencionados trabajos aeronáuticos. De igual forma para el avance de la industria aeronáutica del país, se requiere de maquinaria para realizar estos trabajos de una forma segura, sin poner en riesgo el componente de la aeronave y la integridad física del personal técnico.

Hoy en la actualidad la aviación del Ecuador cuenta con la Dirección de la Industria Aeronáutica del Ecuador DIAF con su matriz en la ciudad de Quito, con el paso del tiempo ha optado en contar con talleres perfectamente equipados para la realización de trabajos de mantenimiento, ingeniería, inspecciones, chequeos y remoción e instalación de componentes. Por esta razón la Dirección de la Industria Aeronáutica del Ecuador DIAF se ha logrado convertirse en una Organización de Mantenimiento Aprobado OMA prestando sus servicios en la ciudad de Latacunga, legalmente constituida bajo la RDAC145 y es una entidad reconocida nacional e internacionalmente ya que cuenta con varias certificaciones otorgadas por organismos aeronáuticos avalando el trabajo eficiente y eficaz en todas sus áreas.

Beneficiando de los lazos interinstitucionales que existe entre la Unidad de Gestión de Tecnologías UGT-ESPE y la Dirección de la Industria Aeronáutica del Ecuador DIAF, se aprovecha la oportunidad que brinda la Organización de Mantenimiento Aprobado OMA-DIAF para la realización de tareas de mantenimiento como es la remoción e instalación del Inlet Cowl de los motores CFM56-3 pertenecientes a las aeronaves Boeing 737-300/400/500 que se encuentra en mencionada organización por procesos de inspecciones requeridas y así poner en práctica todos los conocimientos y destrezas adquiridas en las aulas de mencionada Unidad la misma que es encargada de la formación de los futuros profesionales aeronáuticos del país.

## **1.2 Planteamiento del problema**

Realizada una investigación interna en la Dirección de la Industria Aeronáutica del Ecuador DIAF, se determinó la necesidad de implementar una herramienta especial (Dolly) para colocar el Inlet Cowl de los motores CFM56-3, para el proceso de remoción del mismo y también al momento que se requiera de su instalación. Será de gran ayuda para el personal técnico que labora en la Organización de Mantenimiento, encargados de realizar este tipo de trabajos, ya que habitualmente lo hacen de forma incorrecta al poner en riesgo su integridad física y la del Inlet Cowl como tal.

Al no disponer de esta herramienta (Dolly) se pone en peligro la estructura del Intel Cowl y la integridad física de su personal de mantenimiento, lo cual causaría inconvenientes a la Organización de Mantenimiento Aprobado OMA-DIAF. Cabe señalar que hoy en día causas principales de incidentes se han suscitado por la ejecución de trabajos sin ocupar las herramientas y equipos apropiados, es por ende que se necesita

de esta herramienta especial (Dolly), para de esta forma cumplir con las instrucciones del manual de mantenimiento.

Con el fin de mejorar el desempeño laboral y seguridad al momento de realizar la remoción e instalación del inlet cowl, es necesario implementar una herramienta especial (Dolly) y de esta manera ahorrar tiempo y que no exista demora en la ejecución de dicha tarea de mantenimiento,

### **1.3 Justificación**

La Organización de Mantenimiento Aprobado OMA-DIAF, y en especial el personal técnico encargado de realizar los diferentes trabajos mantenimiento, serán los beneficiados al implementar una herramienta especial (Dolly), ya que al desmontar y montar el inlet cowl de los motores CFM56-3 se optimizará horas hombre y recursos, además de aportar un material de ayuda para la ejecución de esta tarea sin realizar excesivos esfuerzos físicos.

El desarrollo del presente proyecto ayudará a la Organización de Mantenimiento Aprobado OMA-DIAF a cumplir con todos los procesos descritos en los manuales técnicos de las diferentes aeronaves Boeing 737–300/400/500 que se encuentran en sus instalaciones y deben cumplir sus respectivos chequeos de mantenimiento y garantizar la seguridad en todas sus operaciones. A nivel internacional existen varias organizaciones de mantenimiento que realizan trabajos similares en el Inlet Cowl de los motores CFM56-3 y disponen de este tipo de herramienta (Dolly) para efectuar las tareas requeridas de mantenimiento en el área de motores.

La implementación de esta herramienta (Dolly), permitirá desarrollar de mejor manera los trabajos de remoción, movilización e instalación del Inlet Cowl, en donde los técnicos encargados de este tipo de trabajos puedan cumplir de una forma ordenada las tareas de mantenimiento, conservando así dicho componente del motor de las aeronaves Boeing 737-300/400/500.

#### **1.4 Objetivo general**

Remover e instalar el Inlet Cowl del motor CFM56-3 para las aeronaves Boeing 737-300/400/500, mediante datos de información técnica a realizarse en la Organización de Mantenimiento Aprobado OMA-DIAF ubicada en la ciudad de Latacunga.

##### **1.4.1 Objetivos específicos**

- Recolectar información técnica necesaria en manuales del fabricante del motor y aeronave aplicable para el desarrollo del proyecto.
- Implementar una herramienta especial (Dolly) para la remoción, movilización e instalación del Inlet Cowl de los motores CFM56-3 pertenecientes a las aeronaves Boeing 737-300/400/500.
- Realizar pruebas de funcionamiento en la herramienta especial (Dolly) para la remoción e instalación del Inlet Cowl en el motor CFM56-3 de las aeronaves Boeing 737-300/400/500.

## **1.5 Alcance**

Este trabajo de investigación pretende ofrecer beneficios a todas las personas involucradas en las áreas de mantenimiento, quienes ejecutan sus labores de forma ordenada, precisa, optimizando tiempo y recursos, ya que la herramienta permitirá la remoción e instalación del inlet cowl de forma segura. La Organización de Mantenimiento Aprobado OMA-DIAF podrá continuar con sus trabajos de mantenimiento en las diferentes áreas las cuales se encuentra habilitada, ya que contará con herramientas y equipos de apoyo para la ejecución de dichas tareas.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Generalidades de las aeronaves Boeing 737-300/400/500

##### 2.1.1 Historia

El Boeing 737 comenzó con su diseño en el año 1964 por la empresa norteamericana Boeing, el vuelo inicial de esta aeronave fue en 1967. Es bimotor a reacción, fuselaje estrecho de corto a medio alcance y de pasajeros, se desarrolló como una adaptación procedente del Boeing 707 y 727 de menor precio y dimensión. Este tipo de aeronave cuenta con las mayores ventas de unidades en la historia de la aviación y desde 1967 sigue siendo producido sin interrupción. (EMPTYLEG, 2019)



**Figura 1.** Boeing 737  
Fuente: (EMPTYLEG, 2019)

##### 2.1.2 Especificaciones Boeing 737-300-400-500

El avión 737 fabricado por una compañía de transporte más versátil y de alto rendimiento que ha desarrollado nuevas y mejoradas versiones de este tipo de aeronave.

**Tabla 1.***Especificaciones y características del Boeing 737-300-400-500*

<b>Especificaciones</b>	<b>Boeing 737-300</b>	<b>Boeing 737-400</b>	<b>Boeing 737-500</b>
<b>Pasajeros:</b>	149	168	149
<b>Hitos</b>			
<b>Vuelo inaugural:</b>	24 de febrero de 1984	19 de febrero de 1988	30 de junio de 1989
<b>Lanzamiento de entrega:</b>	28 de noviembre de 1984	15 de septiembre de 1988	28 de febrero de 1990
<b>Aerolínea:</b>	US Air	Piedmont	Southwest Airlines
<b>Entrega final:</b>	17 de diciembre 1999	25 de febrero de 2000	21 de julio de 1999
<b>Power Plant</b>			
<b>Modelo:</b>	CFM56-3	CFM56-3	CFM56-3
<b>Tipo:</b>	B2	C-1	B1
<b>Empuje:</b>	88.9Kn - 20,000lb	104.5Kn - 23,500lb	82.3Kn 18,500lb
<b>Dimensiones/Fuselaje</b>			
<b>Longitud de la aeronave:</b>	33.40M 109Ft 7In	36.45M 119Ft7In	31.01M 101Ft 9In
<b>Altura del fuselaje:</b>	4.01M (13 pies 2 pulgadas)	4.01M (13 pies 2 pulgadas)	4.01M (13 pies 2 pulgadas)
<b>Ancho del fuselaje (exterior):</b>	3.76M (12 pies 4 pulgadas)	3.76M (12 pies 4 pulgadas)	3.76M (12 pies 4 pulgadas)
<b>Ancho de cabina:</b>	3.54M (11 pies 5 pulgadas)	3.54M (11 pies 5 pulgadas)	3.54M (11 pies 5 pulgadas)
<b>Combustible</b>			
<b>Capacidad de combustible:</b>	20,105L (5,312UG)	20,105L (5,312UG)	20,105L (5,312UG)

## 2.2 Motor CFM56-3 de General Electric

El motor CFM56 fue diseñado por Snecma y GE Aviation para formar así una alianza conocida como CFM Internacional, cada una de estas empresas fabrican varios componentes de este motor. El Comercial Fan Motor (CFM56) tiene algunas variantes una de ellas es el CFM56-3 para los Boeing 737-300/400/500 este turbofan tiene el mayor número de unidades fabricadas en la historia.

Es un motor turboventilador de flujo axial consta de dos rotores de alta relación de derivación y compresión. Este tipo de motor tiene dos compresores de turbina de fases múltiples usando ejes concéntricos. El motor CFM<sup>1</sup> 56-3 consta de una etapa de ventilador y tres etapas de compresor que es accionado por la turbina de baja presión de cuatro etapas.



**Figura 2.** Motor CFM56-3  
Fuente: (Pinterest, 2010)

---

<sup>1</sup> CFM: Comercial Fan Motor

## 2.2.1 Partes del motor CFM56-3

### a. Fan

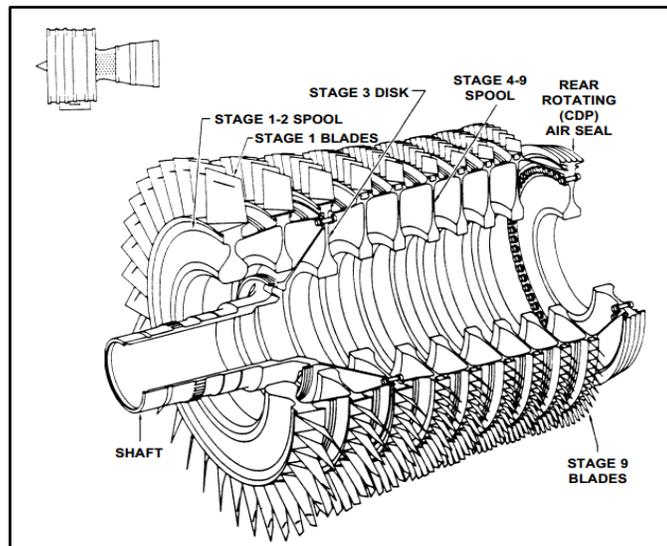
El ventilador es el primer componente de un turbofan, se encarga de acelerar el aire dando lugar a dos flujos de aire. El primer flujo entra por el compresor a la cámara de combustión y el segundo flujo envuelve al núcleo del motor. El flujo de aire proveniente del fan genera un empuje extra enfriando al motor para que sea más silencioso, rodeando al aire de escape que emerge del motor. (magalindol, s.f.)



**Figura 3.** Fan del motor CFM56-3.  
Fuente: (GRUPO CARMAN, 2018)

### b. Compresor

Esta sección del motor turboventilador utiliza alabes en forma de perfil aerodinámico para acelerar y comprimir el aire, el flujo secundario gira en la misma dirección del fan a través de varias etapas compresoras. El compresor prepara el flujo aire para la combustión mediante la adición de presión y calor, dividiendo en dos de baja presión y de alta presión. (Liébana, s.f.)



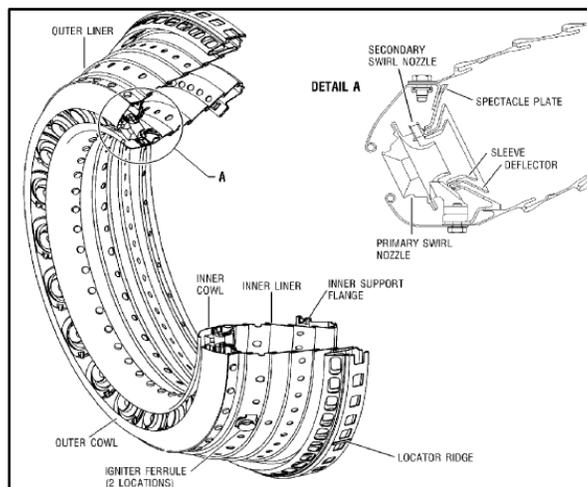
**Figura 4.** Compresor de alta presión

Fuente: (DOCPLAYER, 2010)

- **Compresor de baja presión (LPC):** El LPC está acoplado de manera directa al fan y la turbina de baja presión.
- **Compresor de alta presión (HPC):** El HPC está conectado directo a la alta presión por el eje de la turbina de alta presión.

### c. Cámara de combustión

La cámara de combustión está ubicada en el núcleo de motor. Esta sección utiliza el calor para aumentar la energía del flujo de aire, donde la mezcla aire-combustible se enciende aumentando drásticamente la temperatura dando lugar a la combustión, impulsando el flujo de aire hacia la turbina de alta presión con mayor presión y temperatura a comparación del flujo de ingreso. (Blogspot, 2013)

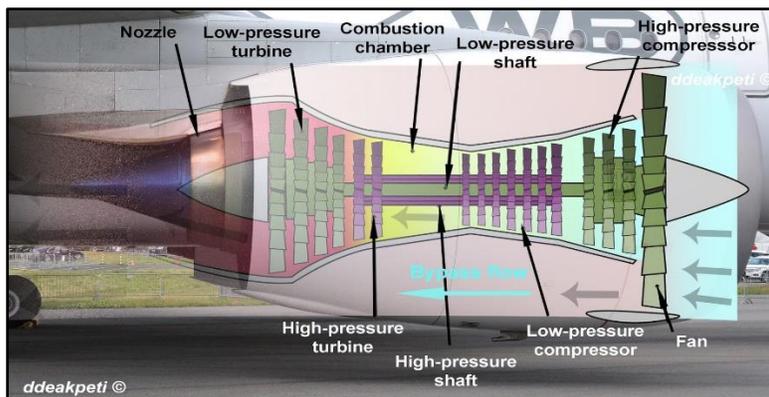


**Figura 5.** Cámara de combustión.

Fuente: (Tristancho, 2020)

#### d. Turbina

La sección de la turbina está compuesta por alabes giratorios en posición de filas semejantes a las del compresor. El aire caliente fluye a alta velocidad sobre los alabes de la turbina genera energía para luego ser utilizados para hacer girar a los compresores y al ventilador, mientras que en la entrada del motor sigue absorbiendo aire para mezclarse con el combustible y posterior combustión. (Hangar fly, 2019)



**Figura 6.** Cámara de combustión interna.

Fuente: (Becoming an Engineer, 2016)

- **Turbina de alta presión (HPT):** La HTP se encuentra debajo de la cámara de combustión y arriba de la turbina de baja presión.
- **Turbina de baja presión (LPT):** La LPT se ubica arriba de la tobera de escape y debajo de la turbina de alta presión.

#### e. Tobera de escape

La tobera de escape impulsa los gases calientes después de atravesar la turbina fuera del motor por la parte posterior de este. El aire acelera debido a los paneles angostos, la aceleración del aire y su peso mismo producen un empuje extra. (Liébana, s.f.)



**Figura 7.** Tobera de escape.  
Fuente: (Flickr Hive Mind, 2019)

#### 2.2.2 Cowling del motor

La cubierta del motor provee una superficie aerodinámicamente lisa sobre el motor y un armazón protector para los componentes y accesorios acoplados en el motor. Esta contiene para cada motor la cubierta de entrada, paneles del ventilador derecho e izquierdo este es desmontable para proporcionar acceso a los componentes.

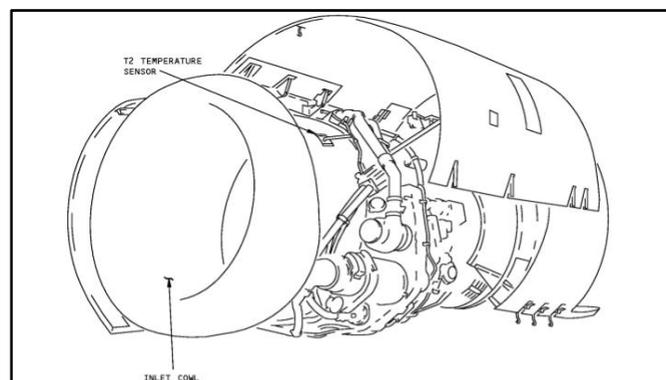


**Figura 8.** Cubiertas del motor CFM.

Fuente: (Dreamstime, 2020)

### 2.2.3 Inlet cowl

La estructura de la cubierta de entrada de admisión de aire es un carenado intercambiable de forma aerodinámica, acoplado en la brida delantera de la caja del ventilador del motor y suministra un camino para la entrada correcta del flujo de aire de entrada para el funcionamiento óptimo del motor. Esta cubierta está fabricada con compartimientos acústicos de aluminio con una capa interna de fibra de carbono y una externa de fibra de vidrio, además en su estructura están instalados ductos anti-hielo, sensores de temperatura T2 y T12.



**Figura 9.** Inlet cowl

Fuente: (BOEING)

## 2.3 Programas de mantenimiento.

Los programas de mantenimiento se efectúan para cada modelo de aeronaves y motores, de esta manera aseguran la operación aérea y la calidad del trabajo.

### 2.3.1 Mantenimiento en línea

#### a. No programado

El mantenimiento no programado sucede cuando se ha detectado alguna avería de manera imprevista. Los problemas van desde neumáticos desgastados, fallas en vuelo o el mal estado de un motor.

#### b. Programado

Este programa debe conservar el certificado de aeronavegabilidad de las aeronaves, está conformado por inspecciones, cambio de componentes, servicios y lubricación, se efectúan con la documentación dada por los fabricantes (motor, célula y componentes). El mantenimiento programado se divide en 3 categorías:

- **El mantenimiento de tránsito:** Es una inspección antes de cada vuelo de manera rápida, comprobando la condición general de la aeronave como daños en los neumáticos, estructurales, niveles de aceite y paneles de acceso.
- **Revisión diaria:** Se efectúa antes de cada primer vuelo del día. Se comprueba el estado general del avión y se genera un tiempo extra para realizar la acción correctiva de algún tipo de daño este no debe durar más de cuarenta y ocho horas

- **Revisión S:** Este chequeo se lo realiza cada 100 horas, donde se comprueba a exterior de la aeronave. Se realizan instrucciones concretas para corregir posibles anomalías.

### 2.3.2 Mantenimiento menor

- **Revisión A:** Se realiza un chequeo general en el interior y exterior de los componentes, estructura y sistemas para comprobar su integridad.
- **Revisión B:** Esta inspección es de mayor intensidad comprobando la seguridad de los sistemas, estructura y componentes, se debe realizar la corrección de elementos con algún tipo de anomalía.
- **Revisión C:** Esta inspección se la realiza por secciones, en el interior y exterior del avión, estructura visible y los sistemas de manera completa y profunda.

### 2.3.3 Mantenimiento mayor

El Programa de Inspección Estructural es un chequeo más extenso y meticuloso que deben ser realizadas a las aeronaves. En general se involucra un número de 275 personas expertas en la realización de diferentes tareas entre actividad y herramienta alrededor de 6 semanas. (Vuela sin Miedo, s.f.)

## 2.4 Diseño estructural en acero

El diseño estructural en el siglo XIX era considerado más como un arte que una ciencia, gracias al desarrollo tecnológico las estructuras de acero se han consolidado como las más segura y ocupadas en el ámbito de la construcción de edificios, maquinarias y

estructuras industriales. La versatilidad de este metal se debe en gran medida a su resistencia, poco peso y fácil elaboración.

#### **2.4.1 Alta resistencia**

Es la capacidad de resistencia mecánica en comparación a su peso dado que permite la construcción de estructuras ligeras como puentes, edificios de gran altura y en sitios con cimientos blandos.

#### **2.4.2 Elasticidad**

El acero él es metal que más se aproxima a un comportamiento linealmente maleable hasta conseguir esfuerzos formidables.

#### **2.4.3 Durabilidad**

La durabilidad del acero puede ser de manera indefinida si se aplica un mantenimiento apropiado.

#### **2.4.4 Ductilidad**

La ductilidad del acero es la propiedad para resistir grandes cantidades de peso sin romperse bajo altos esfuerzos de tensión.

### **2.5 Uso del hierro y el acero**

El hierro es un mineral que se encuentra en abundancia en la corteza terrestre, fue usado por nuestros antepasados en menor escala y ha tenido una gran influencia en el progreso de la civilización a lo largo de la historia. La formación del acero se dio de la

unión del hierro y el carbón, la producción de estos materiales a nivel mundial fue 1955. La producción de estos metales representa el 95% de volumen de todos los metales fabricados en el mundo. Los avances tecnológicos que ha permitido que sean más resistentes, manéales y permitan la fabricación de estructuras metálicas, maquinarias, vehículos, barcos y sus anclajes.

### 2.5.1 Definición del acero

El acero es una aleación del hierro con un porcentaje de carbono, usado como materia prima en la construcción por su resistencia, versatilidad, adaptabilidad y a precio bajo, mediante tratamientos térmicos, aleaciones y manipulación mecánica sus propiedades son manipuladas. (CONSTRUMÁTICA, s.f.)

### 2.6 Perfiles de acero

Los perfiles de acero se clasifican de acuerdo al proceso de producción:

- **Perfiles laminados.** - Tienen uniformidad estructural ya que no muestran soldadura su laminado ocurre en caliente hasta formación deseada.
- **Perfiles conformados en frío.** - Se los realiza con una perfiladora sin calor, las planchas planas son dobladas en forma de U o C.
- **Perfiles tubulares con costura.** - Son fabricados en procesos de moldeado de planchas, dependiendo de la dimensión y espesor se usan para el transporte de líquidos, gases y estructuras.

## 2.7 Aceros estructurales modernos

El acero puede cambiar sus propiedades debido a la adición de carbono y otros elementos como el níquel, manganeso, silicio y cobre, el porcentaje exacto de estos lo especifica la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ATMS), la presencia de una cantidad de estos materiales se considera acero aleado. La constitución química del acero es de gran importancia sobre sus propiedades de soldabilidad, resistencia a la corrosión y fisura. (McCorman, 2013, págs. 15-30)

Los aceros estructurales se agrupan en varias clasificaciones según ASTM:

- **Aceros al carbono:** A36, A53, A500, A501 y A529.

Estos aceros tienen como principales elementos de resistencia al carbono y al manganeso.

- **Aceros de baja aleación y de alta resistencia:** A572, A618, A913 y A992.

Los aceros de baja aleación y alta resistencia obtienen su resistencia aparte del carbono y manganeso de la adición de columbio cromo, vanadio, silicio, cobre y níquel.

- **Aceros de baja aleación, alta resistencia y resistentes a la corrosión:** A242, A588 Y A847.

En estos aceros se emplea un pequeño porcentaje de cobre para que sea resistente a la corrosión.

Aplicación de las especificaciones ASTM para varios elementos estructurales																
Tipo de Acero	Designación ASTM	Esfuerzo <sup>a</sup> Mínimo de fluencia Fy (ksi)	Resistencia mínima a la Tracción Fu (ksi)	Aplicado a varias secciones												
				W	M	S	HP	C	MC	L	HSS		Tubo Acero			
											Rect.	Circular				
Carbon	A36	36	58-80 <sup>p</sup>													
	A53 Gr. B	35	60													
	A500	Gr. B	42	58												
			46	58												
		Gr. C	46	62												
			50	62												
	A501	36	58													
A529 <sup>f</sup>	Gr. 50	50	65-100													
	Gr. 55	55	70-100													
De alta Resistencia y baja Aleación	A572	Gr. 42	42	60												
		Gr. 50	50	65 <sup>d</sup>												
		Gr. 55	55	70												
		Gr. 60 <sup>e</sup>	60	75												
		Gr. 65 <sup>a</sup>	65	80												
A618 <sup>l</sup>	Gr. I & II	50 <sup>g</sup>	70 <sup>g</sup>													
		50	65													
	Gr. III	50	50 <sup>h</sup>	60 <sup>h</sup>												
		60	60	75												
A913	65	65	80													
	70	70	90													
	A992	50-65 <sup>i</sup>	65 <sup>i</sup>													
	A242	42 <sup>l</sup>	63 <sup>l</sup>													
46 <sup>k</sup>		67 <sup>k</sup>														
50 <sup>j</sup>		70 <sup>j</sup>														
A588	50	70														
A847 <sup>f</sup>	50	70														

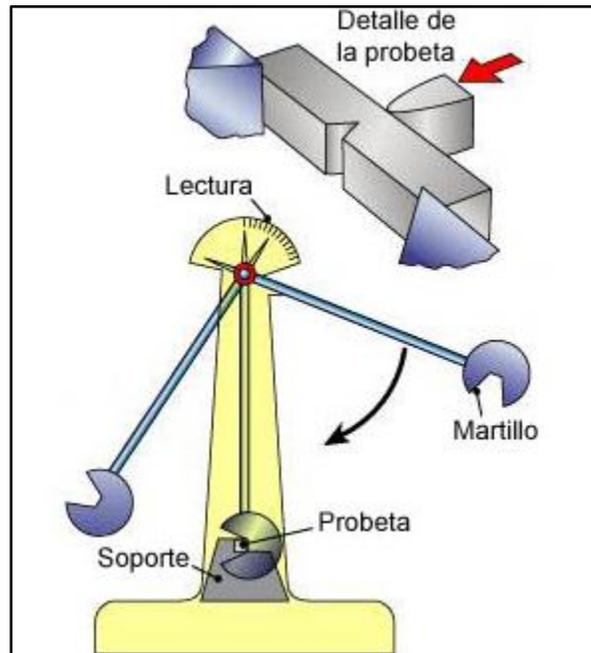
= Preferentemente material especificado  
 = Otro material especificado aplicable, la disponibilidad del cual puede ser confirmado anterior a lo especificado.  
 = No se aplica el material especificado

**Figura 10.** Tabla de especificaciones aplicables a la ASTM.  
Fuente: (Introducción al diseño de estructuras de acero, s.f.)

## 2.8 Medición a la tenacidad

La medición de la tenacidad es la medida general para observar la fisura y resistencia al impacto o su capacidad para atraer aumentos imprevistos en los esfuerzos de rotura. Además, mientras más baja temperatura mayor es su fragilidad.

La prueba de Charpy ayuda a identificar aceros débiles, ya que esta prueba ayuda a calcular la energía requerida para fragmentar una pequeña barra con una muesca específica.



**Figura 11.** Prueba de Charpy.  
Fuente: (Vélez, 2018)

## 2.9 Responsabilidades del diseño

Las estructuras deben tener la suficiente resistencia, esto lo debe de planificar el ingeniero a cargo del diseño, además este debe tomar en cuenta la distribución adecuada de las partes de la estructura para que puedan ser ensambladas sin ningún problema, además del material que debe ser utilizado sin dejar a un lado la parte económica y las respectivas seguridades.

### **2.9.1 Seguridad**

La estructura además de soportar cargas impuestas debe tolerar vibraciones, deflexiones que puedan presentarse en cualquier momento y no cause grietas y perturbación a los ocupantes.

### **2.9.2 Costos**

La resistencia de la estructura es importante ya que brindan seguridad, pero también el constructor debe tener en cuenta de reducir costos de construcción, tomando en cuenta materiales de tamaño estándar, simple que no necesiten un mantenimiento enorme.

### **2.9.3 Factibilidad**

Las estructuras deben diseñarse sin mucha complejidad ya que al momento de montarse no hay mayores problemas. Es por eso que el diseñador tiene la necesidad de conocer sobre los métodos de construcción como tolerancia, resistencia y aplicarlos en su diseño.

## **2.10 Maquinas industriales para la ejecución del diseño**

### **2.10.1 Torno**

Es considerado como una máquina- herramienta realiza un pulido rápido de piezas de metal, madera y plástico. El torneado de una pieza es considerada como la primera operación de mecanizado. La rotación es su principal movimiento, introduciendo la cuchilla para cortar el material de forma rectilínea. (TECNOLOGÍA, s.f.)



**Figura 12.** Máquina de torno  
Fuente: (TECNOLOGÍA, s.f.)

### 2.10.2 Fresadora

El fresado se lo puede realizar en diferentes materiales como la madera, acero, metales no férricos, sintéticos y en la fundición de hierro. Esta herramienta tiene varios filos de corte con un movimiento rotativo para arrancar la viruta, además puede devastar y afinar piezas.



**Figura 13.** Fresadora.  
Fuente: (Máquinas - herramientas, s.f.)

### 2.10.3 Cepilladora

La cepilladora efectúa un movimiento lineal de su extremidad en vaivén, mientras que para dar profundidad del corte y avance se dan por medio de la mesa de trabajo para remover la viruta y dar forma a las superficies planas, inclinadas o verticales.



**Figura 14.** Cepillo mecánico.  
Fuente: (Máquinas - herramientas, s.f.)

### 2.11 Soldadura

La soldadura es el medio de producción que se utiliza contantemente para unión localizada de dos piezas de metal conseguida mediante la aplicación de calor. El material de relleno u aportación es rociado mientras las piezas a soldar son fundidas, la unión fija entre ambos materiales se observa cuando estos se van enfriado y retirando el exceso de material. (TECNOLOGÍA, s.f.)

Tipos de soldadura por material de aportación:

- **Homogénea.** - El material de relleno debe ser de las mismas características o no se utiliza relleno.

- **Heterogénea.** - Este tipo de soldadura se realiza con metales de igual características, pero diferente relleno o viceversa metal de diferentes características con o sin relleno.

### 2.11.1 Tipos de soldadura

#### a. Soldadura blanda

**Aplicaciones:** Unión de latas, segmentos de latón, chapas galvanizadas, bronce, cañerías de plomo y elementos electrónicos.

- **Tipo de soldadura:** Heterogénea
- **Material de aportación:** Aleación estaño-plomo
- **Temperatura:** 400°C
- **Herramienta:** Soldador eléctrico



**Figura 15.** Soldadura blanda.  
Fuente: (TECNOLOGÍA, s.f.)

#### b. Soldadura fuerte

**Aplicaciones:** Uniones de cobre, latón, aleaciones de plata, bronce y acero.

- **Tipo:** Heterogénea
- **Material de aportación:** Latón o cobre
- **Temperatura:** 800°
- **Herramienta:** Soplete de gas



**Figura 16.** Soldadura fuerte  
Fuente: (TECNOLOGÍA, s.f.)

### c. Soldadura oxiacetilénica

Este tipo de soldadura no necesita de material de relleno, debido a su propia naturaleza se puede lograr sin necesidad de otro material.

- **Aplicación:** Unión de acero-hierro
- **Tipo:** Homogénea
- **Material de aportación:** No necesita
- **Temperatura:** Mayor de 3.00°C
- **Herramienta:** Soplete oxiacetilénico



**Figura 17.** Soldadura oxiacetilénica

Fuente: (TECNOLOGÍA, s.f.)

#### d. Soldadura por Arco Eléctrico

El sistema de soldadura eléctrica con electrodo recubierto se caracteriza por la creación y mantenimiento de un arco eléctrico entre una varilla metálica llamada electrodo, y la pieza a soldar. (TECNOLOGÍA, s.f.)



**Figura 18.** Soldadura por arco eléctrico

Fuente: (TECNOLOGÍA, s.f.)

## 2.11.2 Procesos de soldadura

### a. SMAW (Shielded Metal Arc Welding)

El proceso SMAW se lo realiza con un material fundible y electrodos de acero, el núcleo de este se derrite soldando las piezas y rellenando áreas, dando como resultado dióxido de carbono al estar expuesto al calor. El gas que expulsa actúa como escudo frente al oxígeno de la atmósfera, evitando la oxidación y la escoria sobre el charco de soldadura. (De máquinas y herramientas, 2014)

### b. GMAW (Gas Metal Arc Welding)

Este proceso conocido como soldadura de gas de arco metálico o de gas de metal inerte (MIG), se lo realiza con un electrodo que no se funde y un gas inerte que se abastece aparte y debido a sus características evita la ausencia de óxido y escoria.

### c. FCAW (Flux cored Arc Welding)

El proceso de arco de núcleo fundente el electrodo de acero contiene en su interior un polvo que al quemarse produce un gas que ejerce como una coraza y una capa de escoria que protege la soldadura.

### d. GTAW (Gas Tungsten Arc Welding)

Este proceso conocido como gas inerte de tungsteno (TIG) se lo realiza de una forma lenta pero precisa, es ocupado para la unión metales finos. El electrodo de tungsteno no se consume durante la soldadura y requiere de gases inertes o simi-inertes como recubrimiento para protección de la soldadura.

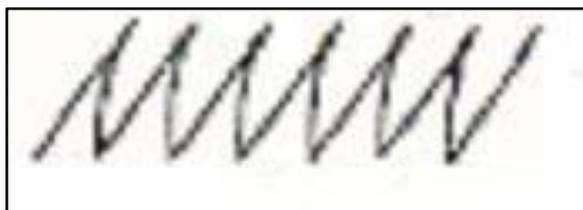
### e. SAW (Sumerged Arc Welding)

El proceso de soldadura de arco sumergido se lo ejecuta con un material protector granulado que atraviesa un flujo constante sobre el arco, resultando la ausencia de luz y el humo expulsado. La contaminación atmosférica es evitada por el material protector que crea una escoria que protege a la soldadura. (De máquinas y herramientas, 2014)

### 2.11.3 Tipos de movimiento de electrodos en la soldadura

#### a. Movimiento de zig-zag (longitudinal)

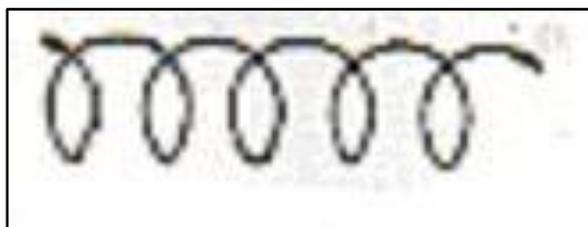
El movimiento se lo realiza zigzagueando en línea recta en sentido del cordón, se lo ejecuta en una posición plana para conservar el orificio caliente y lograr una excelente penetración. (FERREACEROS LA PAZ, 2017)



**Figura 19.** Movimiento de zig – zag  
Fuente: (FERREACEROS LA PAZ, 2017)

#### b. Movimiento semicircular

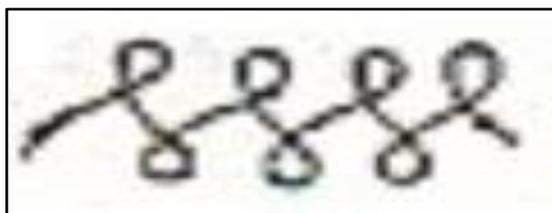
El electrodo se mueve a través de la junta, describiendo un arco o media luna, lo que asegura la buena fusión en los bordes. Es recomendable, en juntas chaflanadas y recargue de piezas.



**Figura 20.** Movimiento-circular  
Fuente: (FERREACEROS LA PAZ, 2017)

### c. **Movimiento entrelazado**

Este movimiento se usa generalmente en cordones de terminación, en tal se aplica al electrodo una oscilación lateral, que cubre totalmente los cordones de relleno. Es de gran importancia que el movimiento sea uniforme, ya que se corre el riesgo de tener una fusión deficiente en los bordes de la unión. (FERREACEROS LA PAZ, 2017)



**Figura 21.** Entrelazado  
Fuente: (FERREACEROS LA PAZ, 2017)

## 2.12 **Líquidos penetrantes**

El ensayo no destructivo por líquidos penetrantes detecta deformaciones superficiales en materiales no permeables ya sean metálicos o no metálicos, donde se aplica un líquido fluorescente o de color sobre la superficie a someter a la prueba, el restante del fluido será limpiado y luego se aplicará un revelador, con la ayuda de una lámpara ultravioleta en una habitación oscura se muestran las discrepancias en el material.



**Figura 22.** Ensayo por líquidos penetrantes.  
Fuente: (SCI CONTROL & INSPECCIÓN, 2018)

### 2.13 Partículas magnéticas

El ensayo no destructivo por partículas magnéticas detecta deformaciones superficiales y debajo de la superficie del material, se lo realiza en la atracción de un polvo metálico hacia las deformaciones en el material bajo la influencia de un campo magnético, el polvo se acumula en la discontinuidad y se ubica las fallas. (SCI CONTROL & INSPECCIÓN, 2018)



**Figura 23.** Ensayo por partículas magnéticas.  
Fuente: (SCI CONTROL & INSPECCIÓN, 2018)

## 2.14 Herramientas especiales utilizadas en el campo aeronáutico

### 2.14.1 Llave dinamométrica

Esta herramienta es conocida como torquímetro, utilizada para instalar tuercas, tornillos, ferretería en general de aviación con un ajuste o tensión específica. La llave se aprieta con un par específico, cuando se llega a la medida indicada hace un clic para saber que está dado el torque adecuado.



**Figura 24.** Torquímetro  
Fuente: (FERREACEROS LA PAZ, 2017)

### 2.14.2 Alicates de seguridad

Los alicates de alambre de seguridad o entorchadores permiten trenzar el alambre de aluminio para sujetar tuercas, pernos y tornillos para evitar que se aflojen por motivo de vibraciones o movimientos fuerte de la aeronave. De esta manera evitar cualquier tipo de accidentes y causar daños.



**Figura 25.** Entorchador  
Fuente: (FERREACEROS LA PAZ, 2017)

### 2.14.3 Herramientas de metal

Estas herramientas son utilizadas para la reparación de estructuras de los aviones, sirven para cortar, doblar, moler y sujetar de metal. Los taladros y pistolas de remaches son esenciales para la instalación de remaches que sujetan pieles de aeronaves y otros componentes estructurales integrales. (SION HERRAMIENTAS, 2016)



**Figura 26.** Taladro  
Fuente: (FERREACEROS LA PAZ, 2017)

#### 2.14.4 Berbiquí

El berbiquí sirve para aflojar tornillos muy duros, haciendo ejercer una ejercer presión al apoyar el cuerpo sobre él.

#### 2.14.5 Soporte de motor

Para cambiar el motor de un avión se utilizan plataformas llamadas cunas donde posa el motor por un tiempo establecido ya sea por cambio del componente o posibles fallas.



**Figura 27.** Soporte del motor CFM  
Fuente: (FERREACEROS LA PAZ, 2017)

#### 2.14.6 Gatos hidráulicos

Se usan para elevar grandes pesos de la aeronave. Los gatos hidráulicos pequeños se usan para cambiar una rueda del tren de aterrizaje. Los gatos hidráulicos grandes se usan para comprobar el funcionamiento del tren de aterrizaje.



**Figura 28.** Gatos hidráulicos  
Fuente: (FERREACEROS LA PAZ, 2017)

#### 2.14.7 Eslinga para la cubierta de entrada

Se usa para quitar o instalar cubiertas de ventiladores del inversor de empuje del motor CFM56-3, cubiertas de entrada y accesorios del motor de una manera segura para su manejo. Ajustable, y se conecta al carenado de forma rápida y fácil. (AGSE, 2018)



**Figura 29.** Eslinga  
Fuente: (AGSE, 2018)

#### 2.14.8 Dolly para la cubierta de entrada

El Dolly está diseñado para soportar las cubiertas de entrada del motor durante la instalación y extracción de la cubierta. Su estructura está elaborada en su totalidad con

materiales de acero, es forma triangular, cuenta con tres bases ajustables para llegar al cowling y una faja que evita el movimiento del mismo.



**Figura 30.** Herramienta especial Dolly  
Fuente: (AGSE, 2018)

## 2.15 Precauciones de seguridad

### 2.15.1 Precauciones de seguridad en los talleres.

#### a. Seguridad en los talleres, en el manejo de herramienta y maquinaria.

El taller de soldadura o torno presenta muchos peligros debido a la variedad de sus equipos y herramientas:

- Para trabajos en láminas metálicas, existen peligros determinados en el uso de cortadoras, taladros neumáticos y pistolas de remachar.
- El proceso de soldadura genera riegos para la salud y peligros de incendios. Se deben tomar precauciones y utilizar equipo de protección, ventilación adecuada y medidas de seguridad contra incendios.
- Los talleres de pintura al aplicar de barniz de recubrimiento, deben seguir las más exactas normas de orden y limpieza.

- No se debe llevar largos destornilladores y limas en los bolsillos del overol o mandil.
- Las llaves están destinadas para tirar de ellas, no para presionar sobre ellas.
- Las limas deberán estar dotadas de mango antes de utilizarlas y nunca se arrojarán herramientas puntiagudas en la caja de herramientas.
- El hábito del buen orden es una técnica muy eficaz de prevención de accidentes e incendios.

## 2.15.2 Equipos y dispositivos de protección personal

### a. Equipos respiratorios

Es imperativo que el equipo respiratorio sea escogido cuidadosamente y usado sólo para protegerse contra las sustancias para las cuales ha sido fabricado.

- **Máscara de oxígeno:** Son para vapores tóxicos, ambiente con gases y ausencia de oxígeno.
- **Máscara de filtro metálico:** Se utiliza contra los polvos irritantes y tóxicos.

### b. Equipos visuales

Hay una gran variedad de gafas para la protección contra cualquier peligro para los ojos.

- **Gafas industriales:** Para fines generales.
- **Gafas de acetato:** Sirven para trabajos en circuitos eléctricos, ambientes inflamables y explosivos.

- **Gafas para soldadores:** Se usan contra las chispas proyectadas, salpicaduras de metal y rayos luminosos dañinos.

**c. Equipos para pies y piernas**

- **Zapatos con puntera de seguridad:** Sirven para protección de los pies.
- **Zapatos conductores.** Para aislar la electricidad estática generada por las personas.
- **Zapatos para instalaciones eléctricas.** Protegen de contactos con cables eléctricos.

**d. Equipos para brazos y manos**

- **Guantes de soldador.** Fabricados de cuero de res reforzado con tela.
- **Guantes de electricista.** Son de caucho, protegen contra descargas eléctricas y quemaduras.

## CAPÍTULO III

### 3. DESARROLLO DEL TEMA

#### 3.1 Introducción

El presente trabajo de titulación está orientado a beneficiar y servir de apoyo al personal de mantenimiento que trabaja en la Organización de Mantenimiento Aprobado OMA-DIAF ubicada en la ciudad de Latacunga, por consiguiente, se implementara la herramienta especial Dolly como un medio más práctico y seguro para colocar el inlet cowl de los motores CFM56-3 para el proceso de remoción del mismo y también al momento que se requiera su instalación.

#### 3.2 Preliminares

Los motores turbina de alto by pass en especial los CFM56-3, poseen un inlet cowl que permiten el paso del aire hacia el fan de una manera óptima para la operación del motor con un arrastre aerodinámico mínimo, la cubierta de entrada tiene un achatamiento en la parte inferior para dar un libramiento apropiado con el piso y ruido generado por el aire que entra al motor es reducido por unos paneles acústicos localizados en la superficie anterior. Como los motores CFM56-3 de las aeronaves Boeing 737-300/400/500 que se encuentran por procesos de inspección en la Organización de Mantenimiento Aprobada OMA<sup>3</sup>-DIAF<sup>4</sup>, necesitan ser removidos o instalados y es necesario realizar trabajos de mantenimiento en la cubierta de entrada de dichos motores, es por ello la necesidad de

---

<sup>3</sup> OMA: Organización de Mantenimiento Aprobado.

<sup>4</sup> DIAF: Dirección de la Industria Aeronáutica del Ecuador

contar con una herramienta especial (Dolly) que será de gran ayuda para el personal técnico quienes son los encargados de realizar este tipo de trabajos, ya que habitualmente lo hacen de forma inapropiada poniendo en riesgo su integridad física y la del inlet cowl como tal.

En este capítulo se presenta información detallada de los procedimientos para efectuar los trabajos de remoción e instalación de la cubierta de entrada de los motores CFM56-3, mediante la elaboración de la herramienta. Además, se detalla los estudios de factibilidad y planteamiento de alternativas que se tomarán en cuenta para la elaboración del proyecto de titulación.

Factores para el estudio:

### **3.2.1 Factor técnico**

La Organización de Mantenimiento Aprobado OMA-DIAF y el personal de técnicos que trabajan son los favorecidos de este proyecto que está orientado a la elaboración e implementación de una herramienta especial (Dolly), que contribuirá como medio de soporte práctico, para la ejecución de tareas de mantenimiento en el motor que necesitan la remoción del cowling, siendo factible la fabricación de esta herramienta, teniendo en cuenta que se cuenta con la información técnica del fabricante de la aeronave y del motor CFM56-3.

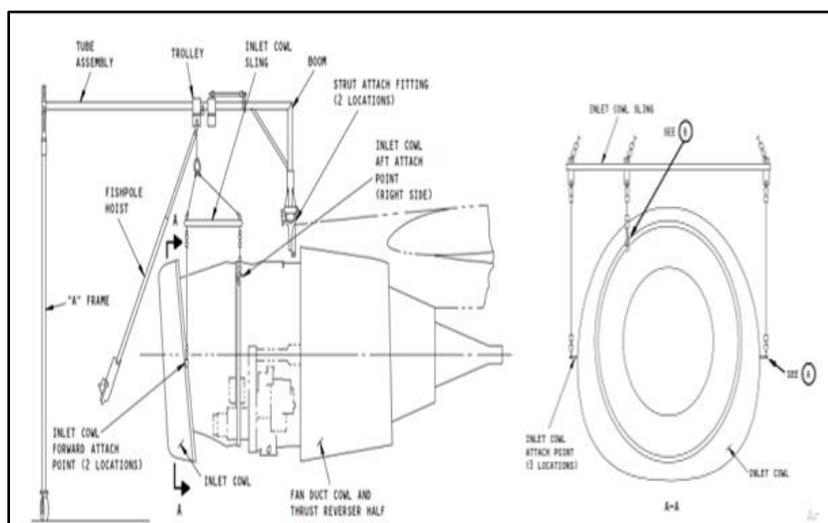
### 3.2.2 Factor económico

Para la realización de trabajos de mantenimiento como es la remoción e instalación de los inlet cowl de los motores ya mencionados y de la construcción de una herramienta (Dolly) fue preciso considerar los costos que se obtuvo luego de una comparación del precio de los materiales para la elaboración de la estructura y los gastos particulares generados para la culminación del proyecto.

### 3.3 Planteamiento y estudio de Alternativas

Antes de realizar el proyecto se planteó dos opciones de herramientas para colocar el Inlet Cowl de los motores CFM56-3 para los trabajos de remoción e instalación. Para el desarrollo del presente trabajo, se creyó conveniente tomar dos modelos referenciados de la documentación técnica investigada, referente al ATA 71 (CFM56-3) del AMM:

#### - OPCIÓN N° 01

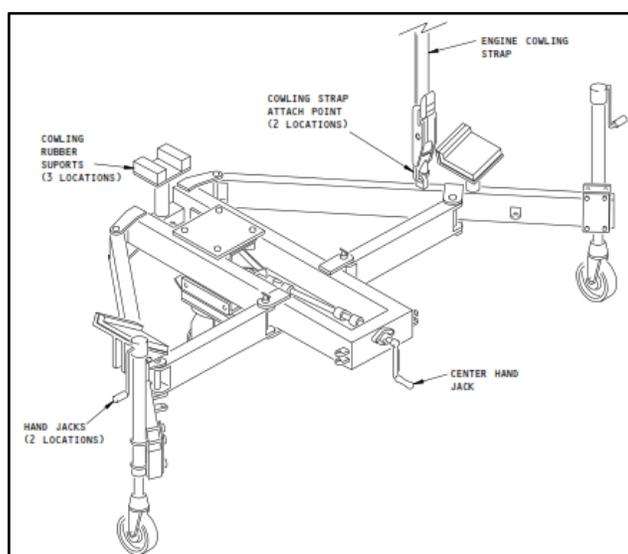


**Figura 31.** Inlet cowl ( Eslinga)

Fuente: 737-300/400/500 Manual de Mantenimiento

**Tabla 2.****Características del equipo de la eslinga**

Tipo de herramienta	Características
Eslinga	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiene un brazo que conecta a los accesorios de montante delantero y el strut, el marco "A" se conecta a una pluma.</li> <li>- Se utiliza un tecele con una eslinga para que el Inlet Cowl se mueva verticalmente y en direcciones longitudinales.</li> <li>- La pluma tiene un pivote en el accesorio del strut del motor y está sostenida por el marco "A", que incluye rodillos, para que el Inlet Cowl se mueva radialmente.</li> </ul>

**- Opción N° 02****Figura 32.** Inlet cowl (Dolly)

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

**Tabla 3.****Características del Dolly.**

Tipo de soporte	Características
Dolly	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La plataforma rodante es un aparato que tiene una base estructural montada sobre tres ruedas.</li> <li>- Las tres ruedas permiten que la plataforma móvil se mueva en dirección longitudinal.</li> <li>- Tres gatos de mano permiten que la plataforma móvil se mueva en dirección vertical.</li> </ul>

### 3.3.1 Análisis de las opciones establecidas

En este punto hace referencia a los factores que ambas opciones tienen en mayor o menor porcentaje. A continuación, se detalla en el recuadro los factores.

#### a. Factor de tiempo de construcción

**Tabla 4.**

*Factor de tiempo de construcción*

1. Factor de tiempo de construcción	
<b>Opción N°01</b> <b>(Eslinga)</b>	- Tiempo de fabricación más retardado y minucioso. - Su construcción retrasarían remoción del inlet cowl..
<b>Opción N°02</b> <b>(Dolly)</b>	- Su construcción es más rápida - Apresuraría la remoción del inlet cowl del motor.

#### - Análisis del factor planteado:

El factor de rapidez de construcción indica que la opción N° 02, es la apropiada ya que su construcción e implementación de la herramienta especial (Dolly) se lo hará en un corto tiempo.

#### b. Factor seguridad del soporte

**Tabla 5.**

*Factor seguridad del soporte*

2. Factor seguridad del soporte	
<b>Opción N°01</b> <b>(Eslinga)</b>	- Puede ocasionar accidentes al trasladar el inlet cowl del motor. - Tiene la base menor longitudinalmente al tamaño del inlet cowl del motor. - Falta de estabilidad.
<b>Opción N°02</b> <b>(Dolly)</b>	- Carece de inconvenientes. - El tamaño y forma de su base lo hace más seguro. - Posee un gato mecánico que ayuda a maniobrar la altura requerida.

- **Análisis del factor propuesto:**

Este factor indica que la opción N° 02 la herramienta especial Dolly, posee la seguridad necesaria para mantenerlo estable al Inlet Cowl del motor y por ende facilitará la movilidad del mismo.

**c. Factor construcción**

**Tabla 6.**

*Factor construcción*

3. Factor Construcción	
<b>Opción N°01 (Eslinga)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboración estructural tiene complejidad.</li> <li>- Llevaría mucho tiempo en construirlo.</li> <li>- Material difícil de hallar, ya que debe ser aprobado bajo condiciones aeronáuticas.</li> </ul>
<b>Opción N°02 (Dolly)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resulta menos complicada la realización de su estructura.</li> <li>- Facilidad de material, no es difícil de hallar.</li> </ul>

- **Análisis del factor planteado:**

El factor construcción ayudará mucho en la elección de la mejor alternativa siendo la más factible la herramienta especial Dolly.

**d. Factor costo**

- **Análisis del factor planteado:**

Con el análisis de este factor se puede determinar que la mejor opción es la de la herramienta Dolly, ya que tiene un costo muy inferior con respecto a su competidor, siendo esta una gran ventaja contra la otra alternativa.

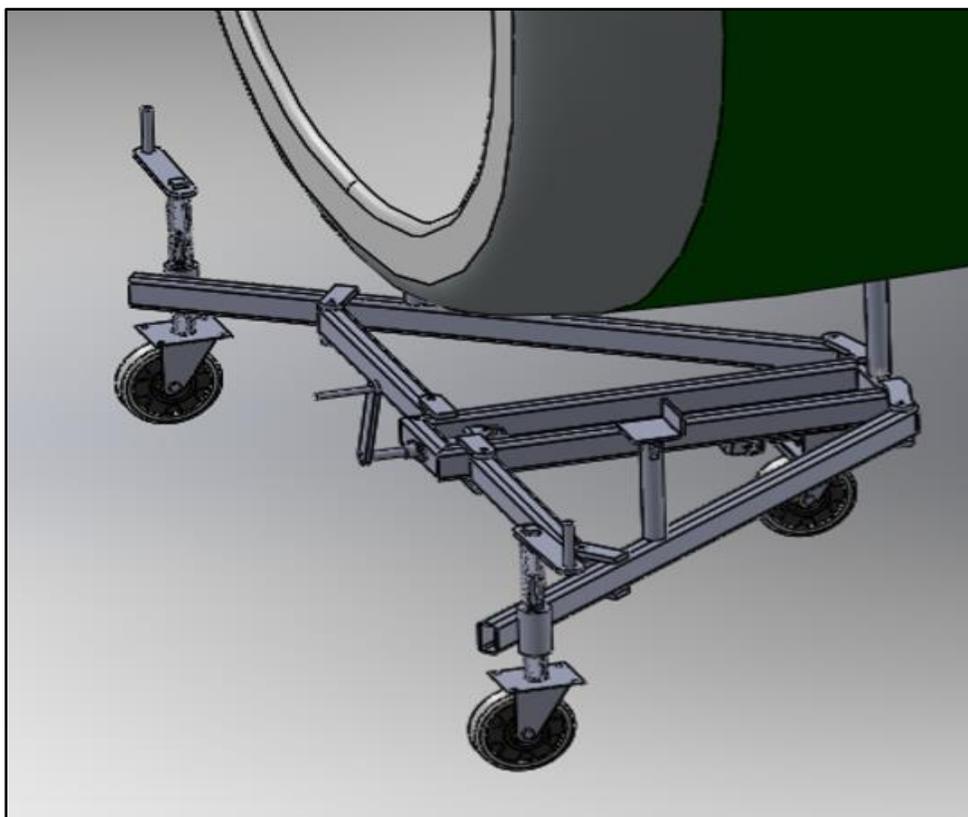
### **3.3.2 Selección de la herramienta a implementar**

Después de haber considerado las opciones anteriores se comprobó que existe una gran diferencia de una de la otra, por lo cual se puede plantear que la alternativa más idónea es la opción N° 02 la herramienta especial Dolly, siendo la más segura, menor costo económico y su elaboración en un menor tiempo, para beneficiar así los trabajos de remoción e instalación del inlet cowl de los motores CFM56-3 y a la vez disminuyendo cualquier tipo de accidentes.

Una vez realizada la investigación sobre herramientas que son utilizadas para colocar las cubiertas de entrada de motores CFM56-3, se tomó como opción idónea la de la herramienta especial Dolly, teniendo en cuenta a la misma como favorita por su buen desempeño y así seguir con los trabajos de mantenimiento que el personal técnico realiza en mencionada Organización de Mantenimiento.

### **3.4 Desarrollo**

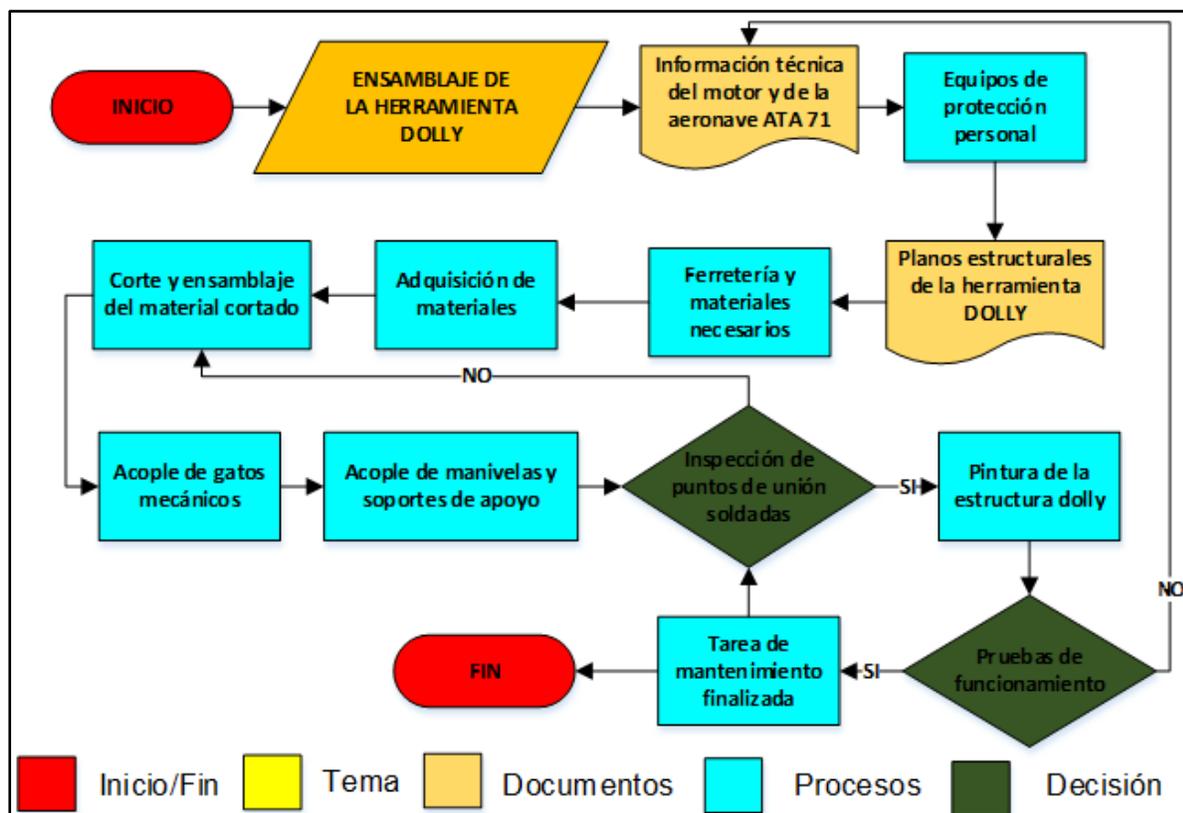
Para elaboración e implementación de esta herramienta, se diseñó la herramienta mediante la ayuda del software SolidWorks y de esta manera obtener los planos precisos ya que se debe tomar en cuenta la seguridad tanto del componente como de quienes van a manipular la herramienta especial Dolly. Los planos pueden ser observados en el Anexo A y además del análisis de los puntos críticos donde se podrían presentar rajaduras y deformar el material Anexo A1.



**Figura 33.** Diseño de la herramienta especial (Dolly) en SolidWorks.

### 3.4.1 Ensamblaje de la herramienta Dolly

El primer paso para dar inicio a los trabajos de remoción e instalación del Inlet Cowl de los motores CFM56-3, fue la implementación de una herramienta especial (Dolly) previa a una investigación en el Manual de Mantenimiento y Manual de Equipos de Apoyo y Herramientas Ilustradas ATA71. Además, se debe contar con los equipos de protección personal, planos estructurales, materiales idóneos que soporte el peso de 116kg del cowling y herramientas necesarias. A continuación, en el diagrama de flujo se describe el proceso de implementación de la herramienta especial (Dolly):



**Figura 34.** Ensamblaje de la herramienta DOLLY.

### 3.4.2 Pruebas de funcionamiento de la herramienta especial (Dolly)

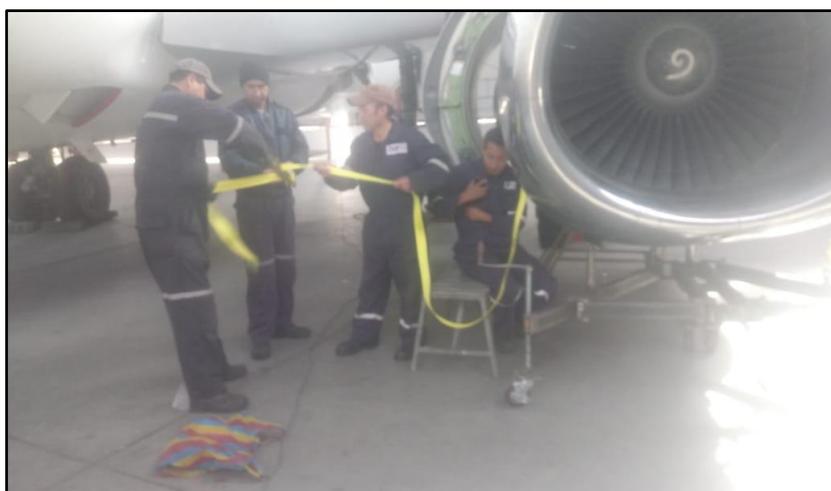
Las pruebas de funcionamiento de la herramienta especial (Dolly) se realizó con la ayuda del personal técnico de mantenimiento, para verificar su trabajo adecuado antes de pasar al proceso de pintura y luego cumplir con la tarea de remoción e instalación del inlet cowl:

- a. Desconecte los componentes de la cubierta de entrada de aire. Luego inserte la herramienta (Dolly) en el motor CFM56-3 para ejecutar las pruebas de funcionamiento.



**Figura 35.** Colocación del inlet cowl.

**b.** Una vez instalada la herramienta (Dolly), se debe colocar una faja como medida de seguridad tanto para el componente como para el personal técnico encargado de hacer esta tarea de mantenimiento, ya que la faja mantiene el cowling fijo para que no se mueva de un lado otro. Cabe señalar que la faja es propiedad de la Organización de Mantenimiento Aprobado OMA-DIAF ya que se encuentra debidamente registrada y aprobada con los estándares de seguridad que la autoridad aeronáutica dispone.



**Figura 36.** Colocación de la faja.

c. En referencia al AMM (Manual de Mantenimiento de la Aeronave) Ata 71, se cumplió con los procedimientos establecidos para la remoción del inlet cowl Anexo B. De esta forma se ha logrado verificar la funcionalidad de esta herramienta especial (Dolly) que se implementó para cumplir de forma segura dicho trabajo de mantenimiento de forma segura sin causar algún tipo de riesgo.



**Figura 37.** Remoción de los pernos y funcionalidad de la herramienta.

### **3.5 Remoción del inlet cowl del motor CFM56-3**

La documentación técnica son instructivos necesarios y determinantes para el uso de material y herramientas, así como una guía que permite saber cuáles son los procedimientos y precauciones correctas para realizar la tarea de remoción e instalación del inlet cowl del motor CFM56-3. Se debe usar la información técnica necesaria, para prevenir riesgos laborales del personal técnico e infraestructura Anexo B. En los diagramas de flujo se describen el proceso para el desmontaje de este componente.

**Tabla 7.***Herramientas utilizadas para la remoción e instalación del inlet cowl*

N°	Descripción	Marca	Medida
1	Desarmadores (plano y estrella)	Toolbasix	6"
2	Juego de llaves mixtas	Craftman	1/4 al 9/16
3	Juego de copas de 12 puntas	Craftman	1/4 al 9/16
4	Racha automática cuadro	Snapon	¼
5	Playo para plug eléctricos	Snapon	6"
6	Torquímetro	Snapon	
7	Herramienta especial Dolly		

### 3.5.1 Desmontaje de los componentes de sujeción del inlet cowl

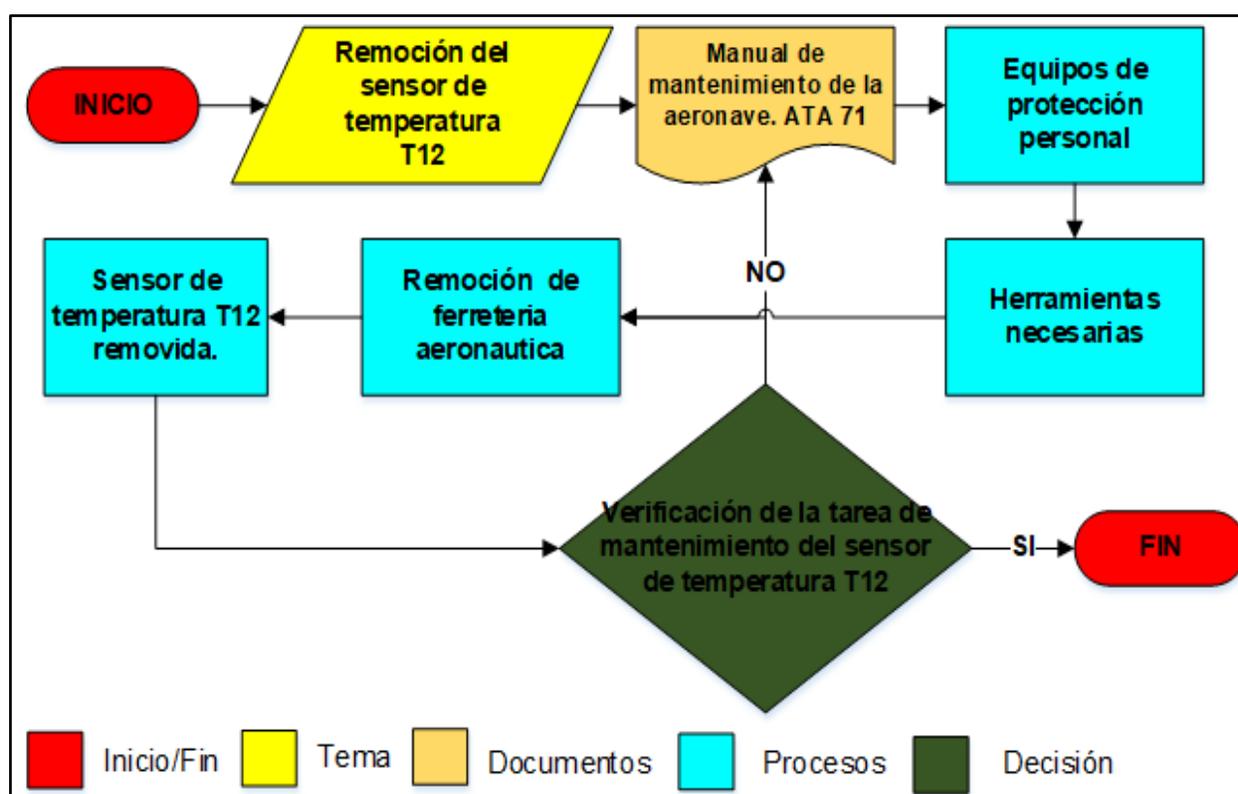
Se abrió el panel izquierdo-derecho del motor izquierdo



**Figura 38.** Paneles abiertos

### 3.5.2 Remoción del sensor de temperatura T12 en el inlet cowl

El sensor de temperatura T12, detecta la temperatura del aire de entrada del motor que es utilizada como temperatura del aire del ventilador por el control de administración de energía. A continuación, en el diagrama de flujo se describe el procedimiento de remoción del T12.



**Figura 39.** Remoción del sensor T12.

### 3.5.3 Remoción del sensor de temperatura T2 del Inlet Cowl.

El sensor de temperatura T2, detecta la temperatura del aire de entrada. La unidad de envío T2 está directamente encima de la caja de accesorios. En el siguiente diagrama de flujo se demuestra el procedimiento de la remoción del sensor T2.

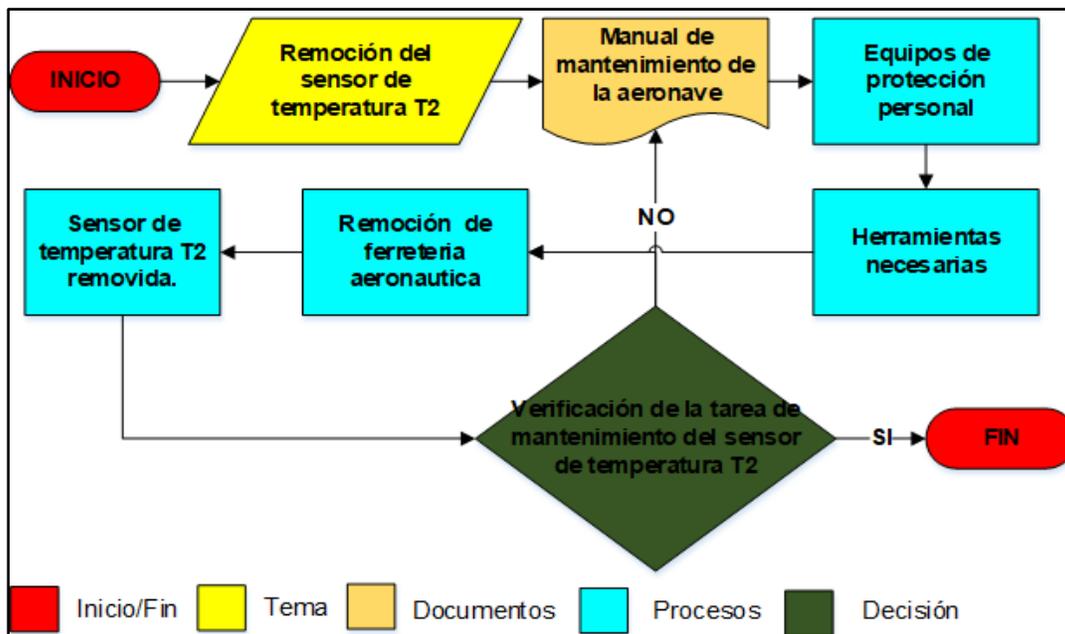


Figura 40. Remoción del sensor de temperatura T2.

### 3.5.4 Remoción del ducto de TAI.

A continuación, en el flujograma se encuentra el proceso de remoción del ducto (TAI).

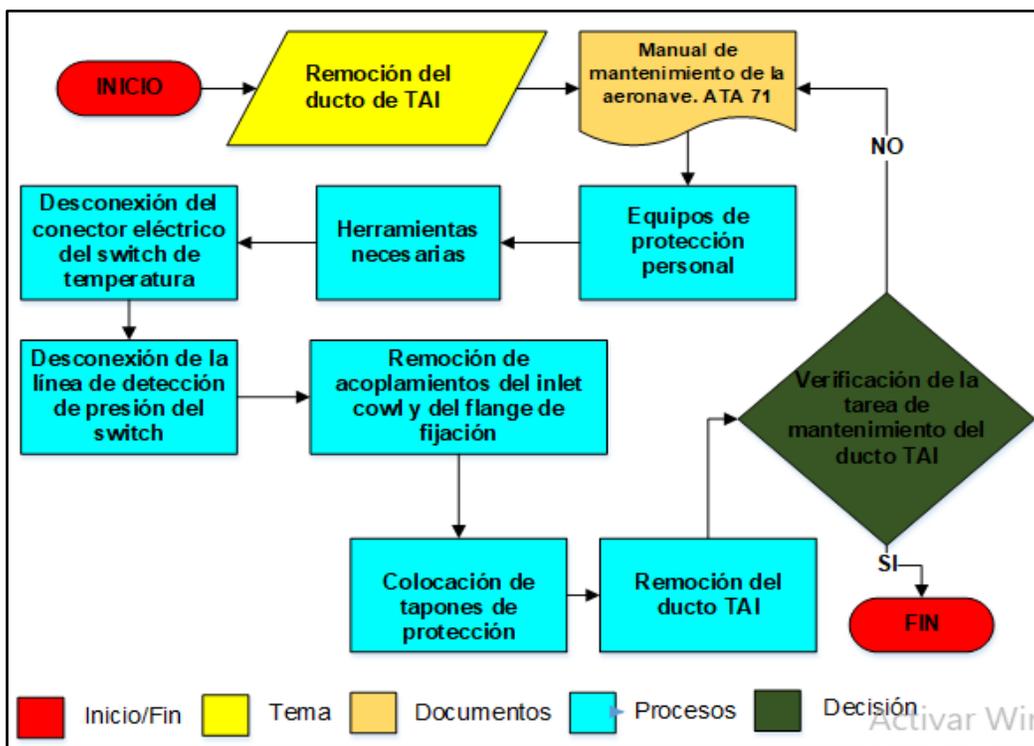


Figura 41. Remoción del ducto TAI.

### 3.6 Remoción del inlet cowl con el Dolly.

Para este proceso se tomó como referencia la información técnica investigada, la misma que se encuentra detallada en el AMM (Manual de Mantenimiento de la Aeronave) ATA 71. Información completa que se encuentra en el ANEXO B. Es muy importante tener en cuenta que dentro de la documentación técnica utilizada en el ámbito aeronáutico se incluyen tres palabras de seguridad nota, advertencia y precaución, a fin de evitar daños al personal y al equipo.

#### 3.6.1 Ubicación de la herramienta especial.

- Para la remoción del inlet cowl con la herramienta Dolly, se colocó en la parte inferior del motor izquierdo. Se debe tomar en consideración los tres puntos de apoyo estén en los puntos fijos del cowling y con una separación adecuada para no causar daños al momento que se remueva y luego colocar la faja para que este fijo el inlet cowl y no se mueva.



**Figura 42.** Verificación de los puntos de apoyo.

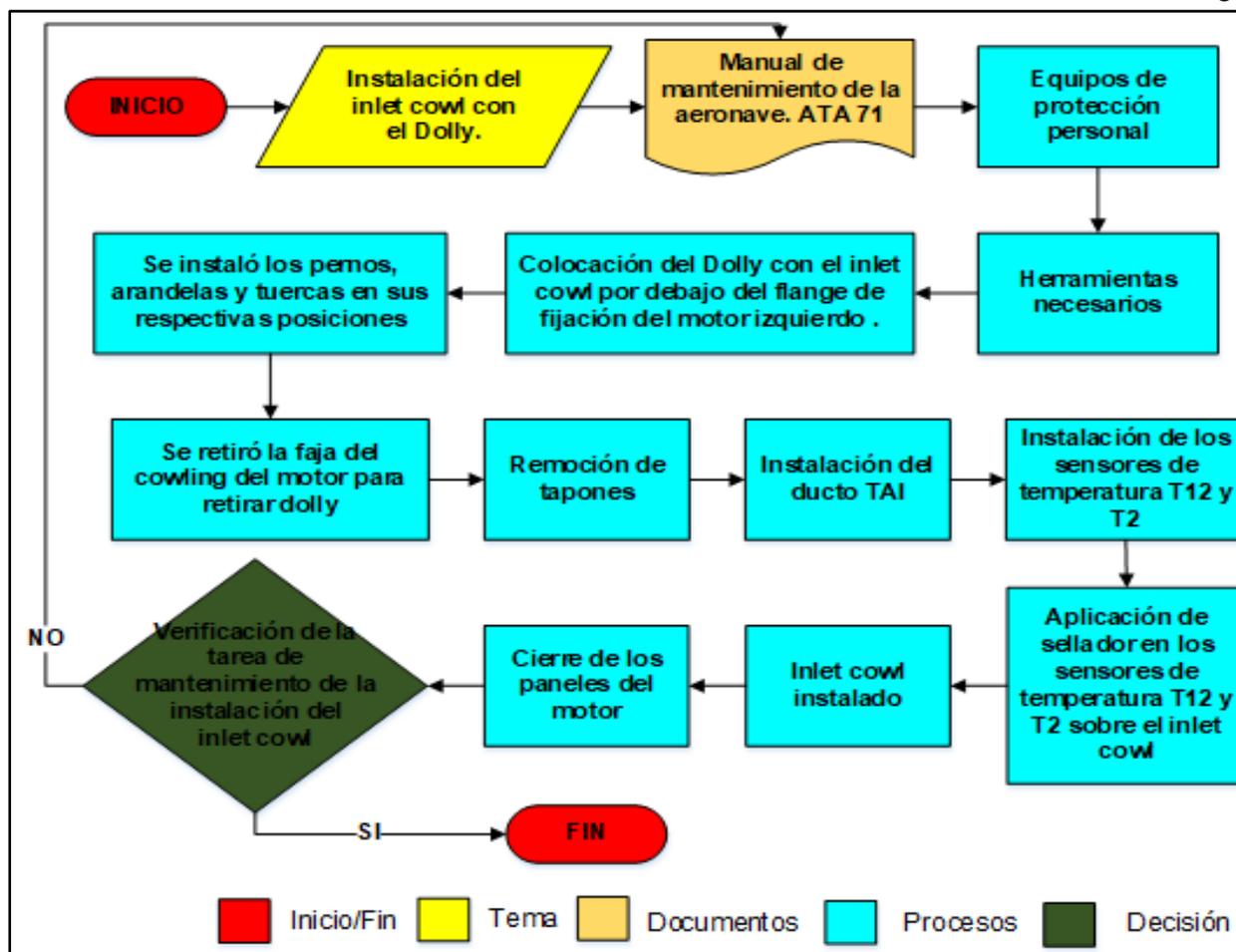
- Para finalizar la remoción del inlet cowl de motor izquierdo, se remueven los veinte y tres pernos que sujetan al flange, luego los seguros de las dos ruedas se quitan y con precaución se separa poco a poco el inlet cowl del flange y se retira al cowling de esa área.



**Figura 43.** Desmontaje del cowling.

### **3.7 Instalación del Inlet Cowl**

La instalación del inlet cowl del motor CFM56-3, se realizó luego de revisar si el cowling no presenta ningún problema y la preparación de la herramienta y con la información técnica respectiva, para tomar las precauciones necesarias y los pasos que dicta la tarea. A continuación, se detallan en el flujograma los procesos para la instalación del inlet cowl y la finalización de la tarea.



**Figura 44.** Instalación del inlet cowl con el Dolly



**Figura 45.** Finalización de la tarea de mantenimiento.

## **3.8 Presupuesto**

### **3.8.1 Análisis de costos**

Para realizar el trabajo de remoción e instalación del Inlet Cowl del CFM56-3 de las aeronaves Boeing 737-300/400/500, mediante la herramienta Dolly, se tomó la ayuda de los técnicos que laboran en la Organización de Mantenimiento Aprobado OMA-DIAF. Además de infraestructura, equipos, herramientas, registros y documentación técnica, mismos que fueron necesarios para la elaboración de este proyecto de graduación, también se presentaron gastos para la ejecución de la tarea como la implementación de la herramienta especial Dolly que a continuación se presentan.

#### **a. Costos primarios**

##### **- Costo de materiales**

Este costo comprende al material utilizado para la implementación de la herramienta especial (Dolly) que servirá como equipo de apoyo para la realización de trabajos de mantenimiento de remoción e instalación del inlet cowl de los motores CFM56-3 en la Organización de Mantenimiento OMA-DIAF ubicada en la ciudad de Latacunga.

**Tabla 8.***Materiales de la implantación de la herramienta Dolly*

N°	Material	Dimensiones	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total
1	Perfil rectangular acero negro	80x40x4mm	3	\$ 72.00	\$ 216.00
2	Juntas cardanicas o universales	½ pulg	2	\$ 32.20	\$ 64.40
3	Gata mecánica en forma de tijera	Capacidad 1 ton.	1	\$ 30.00	\$ 30.00
4	Ruedas locas	5 pulg Capacidad 300kg	3	\$ 15.36	\$46.08
5	Rueda fija	5 pulg Capacidad 300kg	1	\$ 12.83	\$12.83
6	Varilla roscada	1 pulg x 1m	1	\$ 34.86	\$34.86
7	Tuerca de hierro galvanizado	1 pulg	10	\$ 1.15	\$11.50
8	Tubo de acero de transmisión	1 ½ pulg x 85cm	1	\$ 24.52	\$24.52
9	Varilla lisa	¾ pulg x 1m	1	\$ 18.08	\$18.08
10	Platina	1 ½ x 1/8 x 1m	1	\$ 2.50	\$ 2.50
11	Faja de nylon	2 pulg x 9m	1	\$ 71.60	\$ 71.60
12	Manijas	26 cm	3	\$ 5.00	\$ 15
13	Disco de corte	7 pulg x 1/16	3	\$ 3.30	\$ 9.90
14	Libras de electrodos	AGA 6011	6	\$ 3.00	\$ 18.00
15	Perno de acero con tuerca y arandela	1/2 x 5"	6	\$ 0.90	\$ 5.40
16	Pernos acerados	¼ x 1 ½	4	\$ 0.60	\$ 2.40
17	Arandelas planas	¾	2	\$ 0.75	\$ 1.50
18	Pernos de acero	¼ x 1 pulg	6	\$ 0.60	\$ 3.60
19	Arandela plana y de presión	¼	12	\$ 0.25	\$ 3.00
20	Arandela plana	1 pulg	4	\$ 0.25	\$ 1.00
21	Pintura	1 gal	1	\$ 28.40	\$ 28.40
22	Thinner	3 lt	3	\$ 2.50	\$ 6.00
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 554.97</b>

### - Costos por mano de obra

El costo de la asesoría técnica y mano de obra está dado por la asesoría recibida respecto a varios procesos en la elaboración de la herramienta especial (Dolly), como por ejemplo el diseño mediante la ayuda del software SolidWorks, para posteriormente obtener los planos precisos. Además, se presentaron costos por mano de obra por elementos de la herramienta que se necesitaron ser elaboradas por personas con experiencias en esos aspectos.

**Tabla 9.**

*Mano de obra.*

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Hrs. empleadas</b>	<b>Valor total de las Hrs. Hombre USD</b>
<b>1</b>	Asesoría de Ingeniería (software-planos)	1	10	\$ 116.00
<b>2</b>	Construcción en torno de los soportes y bases de apoyo	8	6	\$ 125.00
<b>3</b>	Construcción de la estructura	1	20	\$ 205.00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 446.00</b>

### - Costos por la tarea de mantenimiento

El costo por la realización de la tarea de remoción e instalación del inlet cowl, se dio por la movilización hacia la organización de la Mantenimiento OMA-DIAF, alimentación e impresiones de la documentación técnica para ejecutar dicha tarea.

**Tabla 10.***Gastos por la realización de la tarea.*

N°	Descripción	Valor total USD
1	Transporte	\$ 5.00
2	Alimentación	\$ 10.00
3	Impresiones documentación Técnica	\$ 2. 03
<b>TOTAL</b>		<b>17.03</b>

- **Total de costos primarios**

**Tabla 11.***Tabla total de costos primarios.*

N°	Descripción	Valor total (USD)
1	Costos de materiales	\$ 554. 97
2	Costos por mano de obra	\$ 446.00
3	Costos por la tarea de mantenimiento	\$ 17.03
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 1018</b>

**b. Costos secundarios**

En la siguiente tabla se detallan los costos que intervienen en el desarrollo de la parte teórica del proyecto de grado.

**Tabla 12.***Costos secundarios.*

N°	Descripción	Valor total (USD)
1	Elaboración de textos y Cd del proyecto	\$ 30.00
2	Trámites de solicitudes de graduación	\$ 10.00
3	Varios (transporte y alimentación)	\$ 42.00
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 82.00</b>

**c. Costo total**

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

**Tabla 13.**  
*Costo total del proyecto.*

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor total (USD)</b>
1	Gastos primarios	\$ 1018
2	Gastos secundarios	\$ 82.00
	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1100</b>

## CAPÍTULO IV

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

- De acuerdo a la información técnica recolectada de la aeronave y del motor, concerniente a la tarea de mantenimiento de remoción e instalación del inlet cowl de los motores CFM56-3 de la aeronave BOEING 737-300/400/500 la utilización de la herramienta especial (Dolly) contribuyó al personal que labora en área de mantenimiento en la Organización de Mantenimiento OMA – DIAF .
- La herramienta Dolly cumple con los requerimientos necesarios verificados en el cumplimiento de la tarea en la remoción, movilización e instalación del Inlet Cowl de los motores CFM56-3 pertenecientes a las aeronaves Boeing 737-300/400/500.
- Las pruebas de funcionamiento en la herramienta Dolly se realizaron sin ninguna dificultad por ende se comprobó el funcionamiento correcto para la remoción e instalación del Inlet Cowl en el motor CFM56-3 de las aeronaves Boeing 737-300/400/500 cumpliendo así con los objetivos planteados.

## 4.2 Recomendaciones

- Es necesario cuando la herramienta Dolly se ingrese regulando los gatos mecánicos ente el cowling y la herramienta, para prevenir que los soportes bases causen daño de golpes o rayones a los cowlings.
- Se debe contar con los manuales actualizados para la realización de cualquier tipo de tarea de mantenimiento ya que estas necesitan en algunos casos de herramientas especiales.
- Es preciso seguir los procedimientos de la información técnica del AMM utilizados para la realización del desmontaje y montaje al momento desconectar cuidadosamente los elementos del motor CFM56-3 y con la utilización de la herramienta Dolly.

**ABREVIATURAS**

- **LPC:** Compresor de baja presión
- **HPC:** Compresor de alta presión
- **HPT:** Turbina de alta presión
- **LPT:** Turbina de baja presión
- **ATA:** Asociación del Transporte Aéreo
- **SMAW:** Shielded Metal Arc Welding
- **GMAW:** Gas Metal Arc Welding
- **FCAW:** Flux Cored Arc Welding
- **GTAW:** Gas Tungsten Arc Welding
- **SAW:** Sumerged Arc Welding
- **TIG:** Tungsteno
- **T12:** Sensor de temperatura
- **T12:** Sensor de temperatura.
- **ASTM:** American Society of Testing Materials
- **OMA:** Organización de Mantenimiento Aprobado.
- **DIAF:** Dirección de la Industria Aeronáutica del Ecuador
- **AMM:** Manual de Mantenimiento de la Aeronave.

## GLOSARIO

### A

- **Acero:** El acero es una aleación de hierro con una cantidad de carbono que puede variar entre 0,03% y 1,075% en peso de su composición, dependiendo del grado.
- **Aeronave:** Toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.

### C

- **Compresor:** Está ubicado detrás de la toma de aire, este se encarga de comprimir el aire disminuyendo su velocidad y aumentando su presión estática antes de introducirlo en la cámara de combustión.
- **Cámara de combustión:** Es donde se produce la reacción química fundamental para el funcionamiento de un motor.

### D

- **Dolly:** Herramienta especial para la remoción e instalación del inlet cowl

### E

- **Energía:** Son las fuerzas capaces de movilizar, transformar, hacer surgir o mantener funcionando a un objeto.
- **Empuje:** La fuerza de empuje es una fuerza que aparece cuando se sumerge un cuerpo en un fluido.

### F

- **Fan:** Situado al frente del motor. Es dónde se inicia la propulsión.
- **Factibilidad:** Casualidad o condición de factible.

### I

- **Inspección:** Reconocimiento exhaustivo.

### M

- **Mantenimiento:** 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.
- **Motores:** Motor empleado o cuya intención es impulsar una aeronave.

**P**

- **Precisión:** Exactitud, puntualidad.
- **Presión:** Fuerza que ejerce un gas, un líquido o un sólido sobre una superficie.
- **Propulsión:** Procedimiento empleado en motores de aviones, cohetes o proyectiles que se basa en producir movimiento por la expulsión a gran velocidad de los gases que se originan.

**R**

- **Rotor:** Suministra la sustentación principal a un giroavión.

**T**

- **Turbina:** El aire caliente que sale de la cámara, pasa a través de los álabes de varias turbinas, haciendo girar diversos ejes.
- **Tensión:** Fuerza que impide a las partes de un mismo cuerpo separarse unas de otras cuando se halla en dicho estado.
- **Turbofan:** Es un motor que tiene en su entrada un ventilador.

**V**

- **Velocidad:** Rapidez y ligereza en el movimiento.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AGSE. (2018). Recuperado el 06 de Noviembre de 2019, de AGSE-T073 B737 Inlet Cowl Dolly: <https://www.agsecorp.com/content/agse-t073-b737-inlet-cowl-dolly>
- AGSE. (2018). Recuperado el 06 de Noviembre de 2019, de AM-1878, Inlet Cowl Sling: <https://www.agsecorp.com/content/am-1878-inlet-cowl-sling>
- Becoming an Engineer.* (26 de Julio de 2016). Recuperado el 01 de Febrero de 2020, de Keep away from jet engine: <http://petersengineering.blogspot.com/2016/07/>
- Blogspot.* (05 de Abril de 2013). Recuperado el 06 de Noviembre de 2019, de DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR TURBOFAN: <http://funionamientodeltubofan.blogspot.com/>
- BOEING. (s.f.). *Manual de Mantenimiento.* Estados Unidos, New York. Obtenido de BOEING.
- CONSTRUMÁTICA. (s.f.). Recuperado el 12 de Noviembre de 2019, de Acero: <https://www.construmatica.com/construpedia/Acero>
- De máquinas y herramientas.* (2014). Recuperado el 04 de Noviembre de 2019, de ¿Cuáles son los difetentes tipos de soldadura?: <https://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/cuales-son-los-diferentes-tipos-de-soldadura>
- DOCPLAYER. (2010). Recuperado el 01 de Febrero de 2020, de Correlation analysis between HPC blade chord and compressor efficiency for the CFM56-3. Aerospace Engineering: <https://docplayer.net/12113189-Correlation-analysis-between-hpc->

blade-chord-and-compressor-efficiency-for-the-cfm56-3-aerospace-engineering.html

*Dreamstime.* (2020). Recuperado el 01 de Febrero de 2020, de C-17 Military Aircraft Engine: <https://www.dreamstime.com/stock-images-c-17-military-aircraft-engine-image1175084>

*EMPTYLEG.* (2019). Recuperado el 28 de Octubre de 2019, de BOEING 737-300 / 400 / 500: <https://www.emptyleg.com/es/planes/boeing-737-300--400--500>

*FERREACEROS LA PAZ.* (03 de Mayo de 2017). Recuperado el 02 de Enero de 2020, de TIPOS DE MOVIMIENTO DE ELECTRODOS EN LA SOLDADURA: <http://www.ferrepaz.com.mx/tipos-de-movimiento-de-electrodos-en-la-soldadura/>

*Flickr Hive Mind.* (2019). Recuperado el 01 de Febrero de 2020, de exhaust, nozzle: <https://hiveminer.com/Tags/exhaust%2Cnozzle>

*GRUPO CARMAN.* (13 de Febrero de 2018). Recuperado el 01 de Febrero de 2020, de Turboventilador: <https://grupocarman.com/blog/2018/02/13/turboventilador/>

*Hangar fly.* (2019). Recuperado el 06 de Noviembre de 2019, de ¿Cómo funciona un motor Turbofan?: <https://hangarflyon.wordpress.com/2017/07/20/como-funciona-un-motor-turbofan/>

*Introducción al diseño de estructuras de acero.* (s.f.). Recuperado el 01 de Febrero de 2020, de Perfiles estructurales: <http://www.registrocdt.cl/registrocdt/www/admin/uploads/docTec/07918125619162605851.introduccion+a+las+estructuras+de+acero.pdf>

Liébana, A. (s.f.). *termotech.* Recuperado el 06 de Noviembre de 2019, de Turbofan: <https://termotech.wordpress.com/tag/turbofan/>

*magalindol.* (s.f.). Recuperado el 06 de Noviembre de 2019, de ¿Cómo funciona un motor a reacción?: <http://magalindol.crearjoomla.com/component/content/article/46-motor-turbofan.html>

*Máquinas - herramientas.* (s.f.). Recuperado el 07 de Noviembre de 2019, de Que es fresadora?: <https://sites.google.com/site/fffpf92005/que-es-la-fresadora>

McCorman, J. y. (2013). *Diseño de estructuras de acero*. México, D.F.: Alfaomega Grupo Editor, S.A de C.V.

*Pinterest.* (2010). Recuperado el 03 de Febrero de 2020, de Descubre ideas sobre Turbinas Avion: <https://www.pinterest.es/pin/737394138960133023/>

*SCI CONTROL & INSPECCIÓN.* (2018). Recuperado el 01 de Febrero de 2020, de ENSAYOS POR LÍQUIDOS PENETRANTES: <https://scisa.es/ensayos-no-destructivos-y-laboratorio-metalurgico/ensayos-no-destructivos/inspeccion-por-liquidos-penetrantes/>

*SION HERRAMIENTAS.* (03 de Agosto de 2016). Recuperado el 07 de Noviembre de 2019, de Herramientas para el Mantenimiento de Aeronaves: <https://sionherramientas.wordpress.com/2016/08/03/herramientas-para-el-mantenimiento-de-aeronaves/>

*TECNOLOGÍA.* (s.f.). Recuperado el 07 de Noviembre de 2019, de Torno: <https://www.areatecnologia.com/herramientas/torno.html>

*TECNOLOGÍA.* (s.f.). Recuperado el 07 de Noviembre de 2019, de Tipos de soldadura: <https://www.areatecnologia.com/tipos-de-soldadura.html>

*TECNOLOGÍA.* (s.f.). Recuperado el 06 de Noviembre de 2019, de Tipos de soldadura: <https://www.areatecnologia.com/tipos-de-soldadura.html>

- Tristancho, J. (2020). *ResearchGate*. Recuperado el 01 de Febrero de 2020, de Cámara de combustión: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-22-Camara-de-combustion-Para-realizar-una-inspeccion-inicial-deberemos-quitar\\_fig14\\_292986712](https://www.researchgate.net/figure/Figura-22-Camara-de-combustion-Para-realizar-una-inspeccion-inicial-deberemos-quitar_fig14_292986712)
- Vélez, L. (28 de Septiembre de 2018). *Makinando*. Recuperado el 01 de Febrero de 2020, de Ensayo Charpy: <https://makinandovelez.wordpress.com/2018/09/28/ensayo-charpy/>
- Vuela sin Miedo*. (s.f.). Recuperado el 26 de Diciembre de 2019, de Mantenimiento de Aviones: <https://vuelasinmiedo.es/aviacion/mantenimiento-de-aviones/>

# ANEXOS



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

## CERTIFICACIÓN

Se certifica que la presente monografía fue desarrollada por la señorita **CHILUISA CHILUISA, CRISTINA MARIBEL**

En la ciudad de Latacunga a los 03 días de febrero del 2020.

Aprobado por:

  
Tlgo. Granda Gualpa Edison-Mauricio  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

  
Ing. Rodrigo Bautista  
**DIRECTOR DE CARRERA**

  
Abg. Sarita Plaza  
**SECRETARÍA ACADÉMICA**

