

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**“CONSTRUCCIÓN DE UN SOPORTE FIJO DE TRES  
PUNTOS PARA INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO Y  
ALMACENAMIENTO DE LOS MOTORES JT8D DE LOS  
AVIONES BOEING 737-200 PARA EL TALLER DEL  
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO.”**

**Por:**

**PEDRO CARMELO MEDINA JIMÉNEZ**

**Trabajo de graduación como requisito para la obtención  
del Título de:**

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA**

**2009**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **PEDRO CARMELO MEDINA JIMÉNEZ**, como requerimiento parcial a la obtención del título de **TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA**.

---

Sgos. Téc. Avc. Vallejo William

DIRECTOR DEL PROYECTO

Latacunga, Febrero del 2010

## **DEDICATORIA**

El presente Proyecto está dedicado a mis Padres Pedro y Agustina; mis hermanos Omar y Darío, en si a mi familia todos ellos que estuvieron conmigo en los momentos buenos y malos siendo de gran ayuda en el cumplimiento de mis metas y sueños muchas gracias los amo.

**Pedro Carmelo Medina Jiménez**

## **AGRADECIMIENTO**

Dando gracias a Dios por sus bendiciones en mí vida llenándome de sabiduría y salud, siendo Él mi mayor ayuda con el apoyo de mi familia, amigos, compañeros y profesores para la realización de este proyecto muchas gracias a todos.

**Pedro Carmelo Medina Jiménez**

## RESUMEN

El avance de este proyecto parte de la necesidad de optimizar el proceso de mantenimiento del Taller Aeronáutico de la DIAF/CEMA en lo que se refiere a equipos de apoyo en tierra para los aviones Boeing 737-200 en la sección de mantenimiento, mejorando así las condiciones de trabajo para el personal técnico de mantenimiento y evitando paras en la producción de la Empresa.

Partiendo de los objetivos iniciales de la investigación que fue analizar las características técnicas y físicas de los equipos de apoyo en tierra de los motores JT8D de los aviones Boeing 737-200 para optimizar su mantenimiento en la DIAF/CEMA mediante la información facilitada por la empresa por medio de libros, manuales, manuales interactivos, esto permitió observar las falencias e insuficiencias de equipo dentro del taller dando la pauta principal para el desarrollo del proyecto.

Posteriormente a la fase de investigación se determina que se debe realizar el estudio de alternativas para la construcción de un Soporte para los Motores JT8D de los aviones Boeing 737-200 siendo factible la construcción del Soporte Fijo de Tres Puntos.

Teniendo en cuenta la factibilidad de construir el soporte se realizó el estudio de las particularidades físicas, mecánicas, técnicas, económicas y de recursos necesarios para la elaboración del mismo, analizando también el material que se va a emplear para el soporte y poder comenzar su construcción.

Una vez terminada la construcción del Soporte Fijo del Motor se realizaron las pruebas de funcionamiento y operación para poder verificar que desempeñe con el trabajo para el que fue diseñado, teniendo una eficacia y eficiencia optimas al momento de realizar todas las pruebas de funcionamiento cumpliendo con los objetivos planteados.

Por ultimo tenemos la elaboración de manuales de usuario siendo estos: Manual de Operación y Manual de Mantenimiento para la correcta utilización y mantenimiento del soporte por medio del personal de mantenimiento que va a trabajar con el equipo de apoyo en tierra, evitando accidentes y aumentando la vida útil del equipo.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>CAPÍTULO I EL PROBLEMA</b>		
1.1	<b>Planteamiento del Problema</b>	<b>1</b>
1.2	<b>Formulación del Problema</b>	<b>3</b>
1.3	<b>Justificación e Importancia</b>	<b>3</b>
1.4	<b>Objetivos</b>	<b>4</b>
1.4.1	Objetivo General	4
1.4.2	Objetivos Específicos	4
1.5	<b>Alcance</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO II PLAN DE INVESTIGACIÓN</b>		
2.1	<b>Modalidad básica de la investigación</b>	<b>6</b>
2.2	<b>Tipos de Investigación</b>	<b>6</b>
2.3	<b>Niveles de Investigación</b>	<b>6</b>
2.4	<b>Universo, Población y Muestra</b>	<b>7</b>
2.5	<b>Métodos y Técnicas de la Investigación</b>	<b>7</b>
2.5.1	Métodos	7
2.5.2	Técnicas	8
2.6	<b>Recolección de Información</b>	<b>8</b>

<b>2.7</b>	<b>Procesamiento de la Información</b>	<b>9</b>
<b>2.8</b>	<b>Análisis e Interpretación de Resultados</b>	<b>9</b>
<b>2.9</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones de la Investigación</b>	<b>9</b>

### **CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO**

<b>3.1</b>	<b>Antecedentes de la Investigación</b>	<b>10</b>
<b>3.2</b>	<b>Fundamentación Teórica</b>	<b>11</b>

### **CAPÍTULO IV EJECUCIÓN DE PLAN METODOLÓGICO**

<b>4.1</b>	<b>Modalidad Básica de la Investigación</b>	<b>24</b>
<b>4.2</b>	<b>Tipos de Investigación</b>	<b>25</b>
<b>4.3</b>	<b>Niveles de Investigación</b>	<b>25</b>
<b>4.4</b>	<b>Universo, Población y Muestra</b>	<b>26</b>
<b>4.5</b>	<b>Métodos y Técnicas de la Investigación</b>	<b>26</b>
4.5.1	Métodos	26
4.5.2	Técnicas	27
<b>4.6</b>	<b>Recolección de Datos</b>	<b>29</b>
<b>4.7</b>	<b>Procesamiento de la Información</b>	<b>29</b>
<b>4.8</b>	<b>Análisis e Interpretación de Resultados</b>	<b>30</b>
<b>4.9</b>	<b>Conclusiones y Recomendaciones de la Investigación</b>	<b>39</b>

## **CAPÍTULO V FACTIBILIDAD DEL TEMA**

	<b>DENUNCIA DEL TEMA</b>	<b>40</b>
<b>5.1</b>	<b>Técnica</b>	<b>40</b>
<b>5.2</b>	<b>Legal</b>	<b>40</b>
<b>5.3</b>	<b>Apoyo</b>	<b>41</b>
<b>5.4</b>	<b>Recursos</b>	<b>41</b>
5.4.1	Talento Humano	41
5.4.2	Recurso Material	41
<b>5.5</b>	<b>Presupuesto</b>	<b>42</b>

## **CAPITULO VI DESARROLLO DEL TEMA**

<b>6.1</b>	<b>Antecedentes</b>	<b>45</b>
<b>6.2</b>	<b>Justificación</b>	<b>45</b>
<b>6.3</b>	<b>Objetivos</b>	<b>45</b>
6.3.1	Objetivo General	45
6.3.2	Objetivos Específicos	45
<b>6.4</b>	<b>Alcance</b>	<b>46</b>
<b>6.5</b>	<b>Marco Teórico</b>	<b>46</b>
<b>6.6</b>	<b>Planteamiento y Estudio de Alternativas</b>	<b>50</b>
6.6.1	Planteamiento de Alternativas	50
6.6.2	Estudio de Alternativas	52



6.6.3	Parámetros de Evaluación	53
6.6.4	Matriz de Evaluación y Decisión	54
6.6.5	Selección de la Mejor Alternativa	55
<b>6.7</b>	<b>Requerimientos Técnicas</b>	<b>55</b>
<b>6.8</b>	<b>Cálculos Básicos</b>	<b>56</b>
6.8.1	Cálculos del Soporte Fijo de Tres Puntos Flexiones	56
<b>6.9</b>	<b>Construcción</b>	<b>66</b>
6.9.1	Etapas de Construcción	66
6.9.2	Equipos, Maquinas y Herramientas	74
6.10.3	Diagramas de Procesos de Construcción	74
6.10.4	Tabla de Procesos	81
6.10.5	Pruebas de Funcionamiento	82
<b>6.11</b>	<b>Manuales y Hojas de Registro</b>	<b>84</b>
6.11.1	Manual de Operación	85
6.11.2	Manual de Mantenimiento	86
6.11.3	Hojas de Registro	87
<b>6.12</b>	<b>Presupuesto</b>	<b>88</b>
6.12.1	Costo Primario	89
6.12.2	Costo Secundario	90

## **CAPÍTULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES (DEL TEMA)**

<b>7.1</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>91</b>
<b>7.2</b>	<b>Recomendaciones</b>	<b>91</b>
	<b>Glosario</b>	<b>93</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>95</b>

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>96</b>
Anexo A	Investigación	97
Anexo 4.1	Ficha Técnica de Observación	98
Anexo 4.2	Encuesta	99
Anexo 4.3	Tabulación de los Resultados de La Encuesta	101
Anexo 4.4	Tabulación de los Resultados de La Encuesta Gráfica.	102
Anexo B	Construcción	103
Anexo 6.1	Acero Bonificado	104
Anexo 6.2	Acero al Carbono	105
Anexo C	Planos de Diseño del Soporte Fijo de Tres Puntos del Motor	106

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
Tabla 4.1	Análisis de Resultados Pregunta 1	31
Tabla 4.2	Análisis de Resultados Pregunta 2	32
Tabla 4.3	Análisis de Resultados Pregunta 3	33
Tabla 4.4	Análisis de Resultados Pregunta 4	34
Tabla 4.5	Análisis de Resultados Pregunta 5	35
Tabla 4.6	Análisis de Resultados Pregunta 6	36
Tabla 4.7	Análisis de Resultados Pregunta 7	37
Tabla 4.8	Análisis de Resultados Pregunta 8	38
Tabla 4.9	Tabulación de los Resultados de la Encuesta	101
Tabla 5.1	Personal Investigador	41
Tabla 5.2	Materiales para la Construcción	42
Tabla 5.3	Mano de Obra	42
Tabla 5.4	Varios	43
Tabla 5.5	Costo Total	43
Tabla 5.6	Cronograma	44
Tabla 6.1	Alternativa 1 Soporte Fijo del Motor	52
Tabla 6.2	Alternativa 2 Coche Transportador	53
Tabla 6.3	Matriz de Evaluación y Decisión	54

Tabla 6.4	Características de Equipos, Máquinas y Herramientas	74
Tabla 6.5	Simbología de los Procesos	75
Tabla 6.6	Procesos, Tiempo Utilizado	81
Tabla 6.7	Prueba con Carga	82
Tabla 6.8	Manuales y Códigos	84
Tabla 6.9	Materiales para la Construcción	89
Tabla 6.10	Mano de Obra	89
Tabla 6.11	Varios	90
Tabla 6.12	Costo Total	90

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
Figura 1.1	Soporte Móvil	2
Figura 1.2	Soporte Fijo	2
Figura 3.1	Avión Boeing737-200	13
Figura 6.1	Soporte Fijo del Motor	51
Figura 6.2	Coche Transportador	51
Figura 6.3	Diagrama de Cargas	56
Figura 6.4	Refrentado Tubo	67
Figura 6.5	Unión Tubos	67
Figura 6.6	Nivelación Tubos	67
Figura 6.7	Perforación Tubos	68
Figura 6.8	Bases Inferiores Cepilladas	68
Figura 6.9	Refuerzos Triangulares Laterales	69
Figura 6.10	Unión Tubo Central Base Inferior	69
Figura 6.11	Refuerzos Laterales Unión	69
Figura 6.12	Bocín Central	70
Figura 6.13	Refrentado Caras del Eje	71
Figura 6.14	Fresado del Eje	71
Figura 6.15	Eje de Acoples Montantes	72
Figura 6.16	Soporte Posterior En Forma de H	73
Figura 6.17	Soporte Terminado	73

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA.**

### **1.1.- Planteamiento del Problema.**

La Dirección de Industrias Aeronáuticas F.A.E. (**DIAF**) con certificados: **FAA QQ 6Y444Y; ISO 9001: 2000; DGAC No. TMAE – N-01-DIAF CEMA**, creada por la Fuerza Aérea Ecuatoriana, este Centro de Mantenimiento comenzó realizando trabajos en los aviones pertenecientes a las Fuerzas Armadas del Ecuador, con la experiencia y crecimiento de la industria a mediados del año 1989 realiza trabajos en aviones comerciales, siendo los primeros en tener los servicios de mantenimiento la empresa de aviación comercial TAME con aviones Boeing modelos 727 – 100 y 727 – 200, el centro de mantenimiento aeronáutico está ubicado en la ciudad de Latacunga – Provincia del Cotopaxi, en el aeropuerto internacional de carga de Latacunga.

El Centro de Mantenimiento Aeronáutico de la empresa cuenta desde el año 2007 con la habilitación para realizar trabajos en aviones Boeing 737 – 200, siendo el taller el motor principal de la empresa gracias a los trabajos realizados, así la empresa ha obtenido un reconocido prestigio a nivel nacional e internacional por su excelente labor profesional.

A su vez conformada por personal altamente calificado y especializado tanto en el campo técnico como administrativo, cumple una ardua tarea con el propósito desarrollo; y mejoramiento continuo.

En el centro de mantenimiento se realizan trabajos en las especialidades de estructuras, aviónica, y motores, tomando como base técnica Manuales de Mantenimiento y Overhaul, en los cuales se encuentran descritos los distintos procesos a seguir, en lo que se refiere a equipos de apoyo en tierra y herramientas necesarias para realizar los trabajos. La empresa ha crecido anualmente realiza trabajos de: desmontaje, inspección, mantenimiento de los motores JT8D y sus componentes, debido a este incremento de producción; y a la alta demanda de trabajos en la DIAF, se ha generado un problema; la insuficiencia de equipo de

apoyo en tierra utilizados en la manipulación de conjuntos mecánicos pesados y de insuficiente acceso, de ahí la necesidad de obtener y/o construir equipos de apoyo, los cuales permitan realizar los trabajos de una forma ergonómica y segura.

Al realizar la investigación previa para el análisis del problema y necesidad para la empresa de construir equipos de apoyo en tierra para la los motores modelo JT8D, se determinó que por el momento la empresa dispone de equipos terrestres que se detallan a continuación: 2 soportes móviles, 3 soportes fijos que son para enviar los motores al fabricante para Overhaul, y 2 soportes fijos donde se realizan las inspecciones, los cuales están en mal estado y no cumplen con los parámetros geométricos necesarios para estos motores.



**Figura No.1.1 Soporte Móvil.**

**Fuente: Pedro Medina.**



**Figura No.1.2 Soporte Fijo.**

**Fuente: Pedro Medina**

Los motores necesitan ser inspeccionados de acuerdo a lo que establece el fabricante según un determinado tiempo de operación, para realizar este trabajo se necesita de equipos como: tecles, plumas, coches transportadores, soportes donde colocar los motores después de desmontarlos para realizar su inspección, poder trasladarlos y tener una correcta ubicación de estos.

En la investigación realizada en los Manuales de herramientas de la Compañía Boeing se encuentra diferentes tipos de soportes y coches para ubicación de los motores, entonces se deduce que la escasez de estos soportes fijos seria uno de los principales problemas en el mantenimiento de los motores, teniendo un efecto en el proceso productivo debido a la insuficiencia de equipo de apoyo para realizar los trabajos de inspección, mantenimiento y almacenamiento de los motores



generando pérdidas de tiempo en la producción, por eso el énfasis de generar una solución al problema, porque las funciones y procedimientos serían más eficientes y efectivos, de allí nace la propuesta: de mejorar las condiciones antes descritas para que la empresa no presente problemas en los trabajos realizados a los motores JT8D dentro del hangar.

### **1.2.- Formulación del Problema.**

¿Qué condiciones técnicas y físicas conviene analizar para optimizar el proceso productivo mediante el equipamiento para tareas de mantenimiento del avión Boeing 737 – 200 en la DIAF/CEMA para los motores JT8D?

### **1.3.- Justificación e Importancia.**

Dando conocimiento a que la DIAF/CEMA es una empresa honorable que cuenta con personal altamente calificado y entrenado, a su vez, con equipo y herramientas necesarias para realizar sus trabajos, siendo escasos los realizados bajo circunstancias poco favorables y sin la disponibilidad de equipos de apoyo en tierra, sin embargo hay trabajos como: remoción, inspección, mantenimiento y almacenamiento de los motores JT8D, los cuales se necesita de soportes para su colocación debido a su gran peso una vez removidos , así teniendo acceso a cualquier trabajo de inspección o mantenimiento, pero la insuficiencia de un adecuado equipo de apoyo o herramienta como soportes no permite realizar los trabajos, por la alta demanda de trabajos prestados por la empresa, formando perdidas en la producción, horas – hombre desaprovechadas, pérdidas económicas, lo cual podría ser mejorado mediante la obtención o construcción de varios equipos de apoyo para los motores JT8D de los aviones Boeing 737 – 200.

Tomando lo relatado anteriormente que la implementación de estos equipos de apoyo como el soporte fijo para los motores JT8D evitarán pérdidas de tiempo y dinero, siendo los principales beneficiarios la empresa y el personal de mantenimiento realizando sus trabajos de una manera segura y ergonómica teniendo mayor eficacia y eficiencia en el trabajo.

Justificando así la importancia de la construcción e implementación de un equipo de apoyo en tierra, siendo este el Soporte de Tres Puntos para el hangar de Mantenimiento de la DIAF/CEMA.

#### **1.4.- Objetivos.-**

##### **1.4.1.- Objetivo General.-**

- Analizar las condiciones técnicas, físicas de los equipos de apoyo en tierra requeridos en el mantenimiento de los motores JT8D que operan en los aviones Boeing 737 – 200, mediante un plan metodológico para mejorar el Proceso Productivo en la DIAF/CEMA.

##### **1.4.2.- Objetivos Específicos.-**

- Recolectar información apropiada para la realización del presente proyecto investigativo.
- Analizar la condición actual de los trabajos de Mantenimiento dentro del Taller Aeronáutico de la DIAF/CEMA.
- Identificar si es posible la implementación de un equipo de apoyo en tierra en el área de mantenimiento de los motores JT8D de la DIAF.
- Seleccionar información técnica que permita conocer la opinión de los técnicos de mantenimiento sobre la implementación de un equipo de apoyo en tierra para mejorar las condiciones de trabajo.

#### **1.5.- Alcance.**

La siguiente investigación a realizar esta orientada a mejorar las operaciones de mantenimiento para los técnicos referentes al trabajo de inspección, mantenimiento y almacenamiento de los motores JT8D de los aviones Boeing 737-200 directamente relacionados a las empresas que solicitan la prestación de servicios de la DIAF/CEMA. Al establecer las condiciones mecánicas y técnicas en las que se realiza el mantenimiento dentro del taller se puede fijar las particularidades a compensar con el Soporte para los motores JT8D de los aviones Boeing 737-200 que acceda realizar el trabajo de inspección, mantenimiento y

almacenamiento de manera correcta, segura y técnica por parte del personal de mantenimiento, reduciendo el tiempo perdido al retrasarse realizando estos trabajos por no poseer los suficientes soportes o equipos, considérese además que al ubicar los motores correctamente se evitan accidentes o incidentes laborales que pueden causar problemas al personal técnico y a la empresa.

La presente investigación servirá de base para trabajos futuros que los estudiantes del ITSA u otro personal que lo realice en referencia a soportes y/o equipos de apoyo en tierra utilizados para operaciones de inspección, mantenimiento y almacenamiento de diversos componentes como los motores, alas, reversas, etc.

## **CAPÍTULO II**

### **PLAN DE LA INVESTIGACIÓN (METODOLÓGICO).**

#### **2.1.- Modalidad básica de la investigación:**

Para el trabajo a realizar se utilizará investigaciones de:

**Investigación de Campo** dará a conocer todos los problemas que posee actualmente la DIAF/CEMA, permitiendo estar en el lugar de los hechos y poder observar como son los procesos de mantenimiento y sus diferentes tipos de trabajos realizados, así se determinaría los problemas existentes que tengan una mayor necesidad de solucionarlos para mejorar sus condiciones de trabajo dentro del Taller Aeronáutico de la DIAF.

**Investigación Bibliográfica - Documental** proporcionará el material necesario para el trabajo a realizar mediante Manuales, Catálogos, en general lo que se refiere a todo tipo de documentación necesaria para realizar esta investigación en relación al equipo de apoyo en tierra y sus antecedentes.

#### **2.2.- Tipos de investigación:**

**Investigación No Experimental** no se construye ninguna situación, sino que se observarán las ya existentes no provocadas, en este tipo de Investigación. Las variables independientes (Causa) y dependientes (Efectos), ya han ocurrido y no pueden ser intervenidas.

#### **2.3.- Niveles de investigación:**

**Investigación Exploratoria** este tipo de investigación será de gran ayuda ya que permitirá buscar el problema mediante la observación e identificarlo para plantear posibles soluciones a las necesidades de la empresa para seguir con el desarrollo del presente proyecto investigativo.

**Investigación Descriptiva** permitirá describir el problema en estudio, detallando situaciones y eventos, permitiendo saber cómo es y cómo se manifiestan determinados fenómenos en la DIAF/CEMA.

#### **2.4.- Universo, Población y Muestra:**

Esto permitirá el cálculo para obtener la muestra exacta del personal a ser encuestado.

#### **2.5.- Métodos y Técnicas de la Investigación:**

##### **2.5.1.- Métodos:**

**Análisis.-** El análisis permitirá desintegrar, descomponer un todo en sus partes para estudiar en forma intensiva cada uno de sus elementos, así como las relaciones entre sí y con el todo.

**Síntesis.-** Esta operación permitirá unir todos los criterios alcanzados en el análisis y lograr una idea general, asegurando de este modo el equipo de apoyo en tierra en estudio sin omitir nada.

**Dedución.-** Este dará a conocer el procedimiento mediante el cual una o más leyes o principios generales se confirman al aplicar casos individuales, es decir, partiendo de aspectos generales para llegar a conclusiones particulares y a comprobar su validez.

##### **2.5.2.- Técnicas:**

Entre las técnicas que se emplearan se utilizará;

**Observación Documental.-** en la documental se obtendrá toda la información técnica para el Marco Teórico, como para la determinación de los equipos de apoyo que se utilizan para la inspección, mantenimiento y almacenamiento de los motores JT8D a través de distintos Manuales, Catálogos y Libros Aeronáuticos.

**Observación de Campo.-** en la de campo se la realizará en la DIAF lugar en el cual investigaremos las condiciones del Centro de Mantenimiento para conocer todos los problemas existentes en el lugar de trabajo enfocándose en sus equipos de apoyo en tierra para los trabajos relacionados con los Motores JT8D; y,

**La Encuesta Auto – Administrada** se permitirá realizar de una manera rápida las encuestas sin quitarle mucho tiempo al personal técnico de mantenimiento.

## **2.6.- Recolección de información.**

Esta actividad metodológica se la realizará a través de: Cuestionarios estructurados, análisis del contenido, observación directa, sesiones de trabajo a profundidad, archivos, etc. La recolección de datos es una actividad muy importante, para lo cual, estableceremos los siguientes parámetros de análisis:

1. Definición de los sujetos, personas u objetos a investigar.
2. Selección de las técnicas a emplear en el proceso de recolección de la información. (Observación directa, encuesta).
3. Diseño técnico de instrumentos de acuerdo a la técnica escogida. (Guía de observación, registros, cuestionario, etc.)
4. Explicación del procedimiento para la recolección de la información, cómo se van a aplicar los instrumentos, condiciones de tiempo, espacio, etc.
5. Aplicación del instrumento de medición que significa medir las variables.
6. Preparación de las mediciones obtenidas para que puedan analizarse correctamente (codificación de los datos).

## **2.7.- Procesamiento de la información**

Para procesar los resultados de la investigación, con los resultados que se obtendrán en las encuestas procederemos a:

- La Revisión crítica de la información recogida;
- Codificar y tabular;
- Luego se representa en forma gráfica;
- Después se analizan los resultados;
- Se interpreta, y;
- Se llega a conclusiones y recomendaciones.

### **2.8.- Análisis e interpretación de resultados.**

Análisis estadístico de los resultados. Aquí se destacará las tendencias o relaciones de acuerdo con los objetivos y con el hecho en estudio, teniendo así la interpretación de los resultados en relación al marco teórico referencial, y también una comprobación que es la prueba estadística para evaluar la relación entre las variables.

### **2.9.- Conclusiones y Recomendaciones de la Investigación.**

Se definirán las conclusiones y recomendaciones, mismas que se desglosarán de la investigación y del razonamiento del investigador.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO.**

#### **3.1.- Antecedentes de la investigación.-**

En tanto que transcurría la investigación de campo, se puede observar dentro del Taller Aeronáutico de la DIAF (CEMA) que existen coches o soportes para motores las cuales están obsoletos y a su vez los existentes no satisfacen con la demanda evidente para la realización de operaciones como el desmontaje y colocación de los motores dentro del hangar.

Dentro del taller aeronáutico existen equipos de apoyo en tierra para ubicación de motores, los cuales se utilizan para motores con dimensiones y geometrías diferentes a la de los motores JT8D de los aviones Boeing 737 – 200 como son los motores de los aviones Boeing 727 – 100 ; 200 debido a que el CEMA trabaja con estos aviones también.

A su vez en la investigación documental en los Manuales de Mantenimiento, equipos de apoyo en tierra y herramientas existentes en La DIAF/CEMA del fabricante de los motores utilizados en aviones Boeing 737-200 se determinó que el equipo donde deben reposar los motores una vez desmontados son pedestales, coches, camas móviles o fijas y siendo los más sencillos los Soportes de tres puntos fijos con pedestales.

A través de consultas se pudo determinar y observar este soporte fijo de tres puntos utilizarse dentro del las operaciones del Hangar con una compañía extranjera que brinda servicios de inspecciones y reparaciones de los motores JT8D que llegan al CEMA para su mantenimiento de ahí la alternativa de diseñar y construir este tipo de soporte para uso exclusivo del Centro de Mantenimiento Aeronáutico.



### **3.2.- Fundamentación Teórica**

#### **Historia Aviones Boeing 737.**

El 737 fue construido por Boeing para cubrir su necesidad de contar con un producto que compitiera en el mercado de transporte aéreo de corto alcance que fue abierto por el BAC 1-11 y el Douglas DC-9. Boeing estuvo muy rezagado en esa competencia cuando la construcción del 737 se inició en 1964, cuando ambos de sus competidores ya tenían sus certificados de vuelo.

El 19 de febrero de 1965, la constructora norteamericana, Boeing, anunció su intención de construir el modelo 737, un transporte aéreo de corto alcance propulsado por dos motores a reacción. El Boeing 737-100 hizo su primer vuelo el 9 de abril de 1967, y Lufthansa inauguró sus servicios con este avión el 10 de febrero de 1968. El 737 estaba constituido por el fuselaje del 727 con una cola similar a la del 707, tecnología que Boeing reutilizó al máximo.

Se preveía una capacidad de entre 60 y 85 pasajeros, pero Lufthansa(cliente de lanzamiento) necesitaba una capacidad de 100 asientos. Debido a esto alargó el fuselaje. Esto dio al 737 una gran ventaja sobre la competencia, al brindar más capacidad de pasajeros y un menor costo de diseño, el ala incorporaba gran parte de la tecnología desarrollada para el Boeing 727, pero se optó por un diseño más conservador.

Dos meses después de que Boeing lanzara al mercado el 737, la compañía anunció el simultáneo desarrollo del modelo 737-200, de mayor capacidad. El primer 737-200 voló el 8 de agosto de 1967 y la entrada en servicio fue con United Airlines el 29 de abril de 1968. El B-737-200 tiene el fuselaje 1.83m más largo, para dar cabida a 130 pasajeros.

El rápido crecimiento del tráfico aéreo significó que no hubiera demanda de 737-100 por lo que se dejó de producir luego de 30 unidades.

En 1979 apareció el B-737-200Adv (Advanced), que tenía mayor capacidad de combustible, mayor peso al despegue, mayor alcance y una aviónica mejorada. La

producción de B-737-200 terminó en 1988 después de haberse fabricado 1114 unidades.

Después se fabricaron dos series más, la 300 que fue lanzado el 5 de marzo de 1981 por Southwest, era 3 m más largo que la serie 200 y equipado con turboventiladores CFM56-3. El 400 hizo su aparición el 4 de julio de 1986 y era otros 3m más largo que el 300 con cabida para 168 pasajeros. Finalmente en mayo de 1987 salió el 500, la serie más pequeña y última de la segunda generación.

### **Historia Operacional.**

“A mediados de los ochentas e inicios de los noventas, dos accidentes marcaron la historia de este avión, inexplicablemente los aviones cobraban "vida propia" es decir los aviones giraban bruscamente en giros de más de 90°, en estos incidentes, dos aviones se "desplomaron", los investigadores estaban consternados ya que las cajas negras no marcaban cosas fuera de lo común, fue hasta finales de los ochentas cuando un vuelo de United Airlines, sufrió este mismo percance, varios virajes fuertes sacudieron el vuelo, desafortunadamente el avión se estrelló en un parque y murieron todos a bordo. Los investigadores estaban muy preocupados por estos incidentes, tres en cinco años, y sin tener alguna pista de lo sucedido, pero con este vuelo que llegó a salvo a tierra y la tripulación a salvo los investigadores, tuvieron un sin fin de pistas para resolver el caso. Fue hasta mediados de los noventas cuando los investigadores dedujeron que existía un problema con el motor hidráulico que controlaba los virajes del avión, al someterse a temperaturas extremas dicho motor se bloqueaba, y empezaba una marcha en "reversa" como la de un automóvil, es decir cuando los pilotos viraban hacia la derecha el avión respondía en sentido opuesto es decir hacia la izquierda, lo que provocó que la tripulación de los 737, llevaron tales aviones a un accidente sin tener idea de como. Esta investigación es la más larga en toda la historia de la aviación, 10 años.

Los controles hidráulicos que controlan el viraje de el avión fueron sustituidos por Boeing en todo el mundo, lo que trajo pérdidas a la empresa por millones, pero haciendo los vuelos más eficaces y seguros.

### **Serie 200.**

El avión Boeing modelo 737 serie 200, fue diseñado para vuelos de corto y medio alcance pues su autonomía de combustible es de 4 horas aproximadamente, o el equivalente a 2.580 km (1.600 millas). Es un avión bimotor, equipado con motores Pratt & Whitney. Se ubican debajo de cada ala, y cuentan con sistema de reversa.

Altura máxima de vuelo= 35.000 pies

Velocidad máxima= 920 km/h (Mach 0,84)



**Figura No.3.1 Avión Boeing 737-200**

**Fuente: [www.wikipedia.org/wiki/Boeing\\_737-200.com](http://www.wikipedia.org/wiki/Boeing_737-200.com)**

Está equipado con 4 puertas, dos a cada lado situados adelante y atrás. En la parte inferior de cada puerta está adosado un tobogán de escape. Adicionalmente, hay 2 ventanillas de emergencia a cada lado del fuselaje a la altura de las alas, y otras 2 ventanillas situadas debajo de la cabina de vuelo (cockpit).

Contiene 2 estanques de combustible JP-1 , ubicados bajo las alas con capacidad de 19.557 L (15.600 kg aprox.).

La cabina es presurizada mediante el sistema de aire acondicionado. Los pilotos controlan su presión en un máximo de 7,5 psi a 35.000 pies de altura.

El oxígeno es proporcionado por dos sistemas independientes. Uno de ellos se activa automáticamente en modalidad de emergencia cuando el avión vuela a 14.000 pies de altura, presurizado a 1.850 psi.<sup>11</sup>  
[www.es.wikipedia.org/w/index.php?title=Boeing\\_737](http://www.es.wikipedia.org/w/index.php?title=Boeing_737).

### **Motores a Reacción.**

Son aquellos motores que admiten aire que pasan por un compresor luego el aire comprimido pasa a una cámara de combustión, los gases calientes generados hacen girar la turbina que mueve el compresor produciendo una auto reacción.

### **Mantenimiento**

Planificar, controlar, ejecutar, evaluar acciones tendientes a garantizar las óptimas condiciones de operación y funcionamiento de los equipos/máquinas/instrumentos e infraestructura en general alargando su vida útil, dentro de parámetros de Calidad y Seguridad Establecidos.

### **Objetivos del Mantenimiento**

Evitar, reducir y reparar las fallas sobre los equipos o maquinas.

- Disminuir la incidencia de fallas sobre el equipo o maquinaria.
- Evitar detenciones improductivas o para de la maquinaria.
- Evitar accidentes e incidentes.
- Conservar las maquinas/equipos productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Balancear el costo de mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante.
- Alargar o prolongar la vida útil de los bienes.

### **TIPOS DE MANTENIMIENTO**

- Mantenimiento Correctivo
- Mantenimiento Predictivo
- Mantenimiento Preventivo

### **Mantenimiento Correctivo.**

El Mantenimiento Correctivo, consiste en esperar que se produzca una falla, a fin de corregirla, es decir, operar hasta que se produzca la falla y luego reparar o reemplazar y representa el más alto costo para la industria.

Tiene un costo nulo en función del tiempo hasta que la unidad falla y hay que repararla normalmente de urgencia. Este tipo de intervenciones sucede en forma sorpresiva, sin posibilidades de programación, generalmente acompañada de lucros cesantes y daños que normalmente representan costos de gran magnitud, especialmente en la actualidad.

Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

- Paradas no previstas en el transcurso productivo, disminuyendo las horas operativas.
- Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior.
- Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado
- La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

### **Mantenimiento predictivo**

Mantenimiento predictivo modernamente permite detectar y monitorear parámetros físicos operativos de los sistemas, máquinas y equipos y realizar un seguimiento del desgaste de los mismos y determinar o “predecir” el punto exacto de cambio o reparación. Busca determinar el punto óptimo para la ejecución del mantenimiento preventivo en un equipo, o sea, el punto a partir del cual la probabilidad que el equipo falle, asume valores indeseables.

### **Mantenimiento preventivo**

Mantenimiento Preventivo es una estrategia en la que se programan periódicamente las intervenciones en las máquinas, con el objeto principal de inspeccionar, reparar y/o reemplazar componentes.

Cubre todo el mantenimiento programado que se realiza con el fin de prevenir la ocurrencia de fallas.

Se sabe con anticipación qué es lo que debe hacerse, de modo que cuando se pare el equipo para efectuar la reparación, se disponga del personal, repuesto e información técnica necesaria para realizarla correctamente.

Se realiza a razón de la experiencia y destreza del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento, el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos.

Manifiesta las siguientes particularidades:

- Se realiza en un período en que no se está operando, por lo que se aprovecha las horas paradas del equipo o maquinaria.
- Se lleva a cabo siguiendo un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios anticipándose a la falla o daño.
- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por el área de mantenimiento.
- Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Permite a la compañía contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva o área de Mantenimiento.

### **Mantenimiento Aeronáutico**

Toda inspección, revisión, reparación, conservación y cambio de partes; tendientes a conservar las condiciones de Aeronavegabilidad de una aeronave y/o componentes de ella, se denomina en general como Mantenimiento Aeronáutico.

## **Escalones de Mantenimiento**

¿Qué hacer? ¿Quién lo hace? ¿Con qué lo hace? ¿Dónde lo hace?

Es una clasificación de los trabajos de Mantenimiento en función de la dificultad de acuerdo a la pericia o técnica, capacitación, y infraestructura requerida para realizar los determinados trabajos.

### **ESCALÓN I**

Se realiza en la línea de vuelo y es la responsabilidad de la unidad técnica de apoyo, se realizan trabajos de mantenimiento preventivo.

### **ESCALÓN II**

Se realiza en los Hangares, Talleres Técnicos y bajo responsabilidad de los grupos logísticos, se realizan trabajos de mantenimiento preventivo.

### **ESCALÓN III**

Se lo realiza en la industria Aeronáutica mediante el mantenimiento restaurativo

### **ESCALÓN IV**

Este trabajo de mantenimiento se lo realiza en los talleres de Fábrica solamente.

## **Programas de Mantenimiento**

Son trabajos que corresponden al ESCALÓN III o mantenimiento Restaurativo, reparaciones mayores.

**IRAN** = “ Inspection and Repairs as necessary” para aumentar la vida útil de los equipos.

**OVERHAUL** = incrementar la vida útil conjuntos mayores y volverlos nuevos.

**MANTTO PROGRESIVO** = ejecución de trabajos IRAN y OVERHAUL en forma progresiva para mejorar la disponibilidad de las aeronaves y evitar grandes pérdidas de tiempo en para.

**MODERNIZACIÓN** = para satisfacer y mejorar requerimientos operacionales con el objetivo de incrementar tecnologías de punta que mejoren el PERFORMANCE o desempeño operacional se los hace en las fábricas.

### **Manual de Mantenimiento**

Es la recopilación de procedimientos escritos para ejecutar una tarea, seguida de orden, proceso y control para el desarmado, limpieza, inspección, cambio, etc.

### **Manual de Overhaul**

Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados antes de que aparezca ningún fallo o bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo en condiciones estándar de operación, ejecutando tareas como: desarmado total o parcial, limpieza, inspección, reparación, pruebas funcionales y operacionales, ensamble y, terminado final, de acuerdo al ATA 100

### **Manual de herramientas y equipos**

Es la recopilación codificada de herramientas, máquinas y equipos que se deben utilizar en las distintas operaciones, bajo estricto cumplimiento de los Manuales de Mantenimiento y Overhaul.

### **Herramientas Especiales.**

Son herramientas que por su configuración geométrica y características especiales de dimensionamiento y utilización son específicas para determinados trabajos, aumentando la eficiencia y eficacia del aerotécnico en las operaciones de mantenimiento y Overhaul.

## **INSPECCIONES**

Se clasifican en:

- Inspección inicial o visual



- Inspección de daños ocultos
- Inspección progresiva
- Inspección programada
- Inspección final

### **Inspección inicial o visual**

Una inspección visual es aquella que se realiza para determinar daños externos superficiales en la estructura de las aeronaves y sus sistemas, como son rajaduras, golpes, fugas de aceite, etc.

### **Inspección de daños ocultos**

Son inspecciones que se realizan a elementos específicos, aplicando ensayos no destructivos (**NDI**), a fin de determinar daños internos que no son apreciables en una inspección visual.

### **Inspección progresiva**

Las inspecciones que se realizan en base al mantenimiento y a los manuales de operación al cumplir la aeronave una cantidad determinada de horas de operación u horas de vuelo y ciclos de vuelo.

### **Inspección final**

La inspección final es la verificación documentada de los distintos trabajos de mantenimiento realizados previa la autorización de operación de las aeronaves en mantenimiento.

### **Acero**

Es el material estructural más usado para construcción de estructuras en el mundo. Es fundamentalmente una aleación de hierro (mínimo 98 %), con contenidos de carbono menores del 1 % y otras pequeñas cantidades de minerales como manganeso, para mejorar su resistencia, y fósforo, azufre, sílice y vanadio para mejorar su soldabilidad y resistencia a la intemperie. Es un material usado para la

construcción de estructuras, de gran resistencia, producido a partir de materiales muy abundantes en la naturaleza. Entre sus ventajas está la gran resistencia a tensión y compresión y el costo razonable.”

### **Acero Estructural.**

Se define como acero estructural al producto de la aleación de hierro, carbono y pequeñas cantidades de otros elementos tales como silicio, fósforo, azufre y oxígeno, que le aportan características específicas, además presenta alta resistencia, homogeneidad en la calidad y fiabilidad de la misma, soldabilidad, y, ductibilidad.

### **Clasificación del Acero Estructural.**

Según su forma de clasifica en:

- **Perfiles Estructurales.-** son piezas de acero laminado y cuya forma puede ser en I, H, T, G, U, C, etc.
- **Barras.-** las barras de acero estructural son piezas de acero laminado, cuya sección transversal puede ser circular, hexagonal o cuadrada en todos los tamaños.
- **Planchas.-** las planchas de acero estructural son productos planos de acero laminado en caliente con anchos de 203 mm, 219 mm, y espesores mayores de 5,8 mm y mayores de 4,5 mm, respectivamente.

### **Soldadura**

“En ingeniería, procedimiento por el cual dos o más piezas de metal se unen por aplicación de calor, presión, o una combinación de ambos, con o sin al aporte de otro metal, llamado metal de aportación, cuya temperatura de fusión es inferior a la de las piezas que se han de soldar.

La mayor parte de procesos de soldadura se pueden separar en dos categorías: soldadura por presión, que se realiza sin la aportación de otro material mediante la aplicación de la presión suficiente y normalmente ayudada con calor, y soldadura por fusión, realizada mediante la aplicación de calor a las superficies, que

se funden en la zona de contacto, con o sin aportación de otro metal. En cuanto a la utilización de metal de aportación se distingue entre soldadura ordinaria y soldadura autógena. Esta última se realiza sin añadir ningún material. La soldadura ordinaria o de aleación se lleva a cabo añadiendo un metal de aportación que se funde y adhiere a las piezas base, por lo que realmente éstas no participan por fusión en la soldadura. Se distingue también entre soldadura blanda y soldadura dura, según sea la temperatura de fusión del metal de aportación empleado; la soldadura blanda utiliza metales de aportación cuyo punto de fusión es inferior a los 450 °C, y la dura metales con temperaturas superiores.

Gracias al desarrollo de nuevas técnicas durante la primera mitad del siglo XX, la soldadura sustituyó al atornillado y al remachado en la construcción de muchas estructuras, como puentes, edificios y barcos. Es una técnica fundamental en la industria del motor, en la aeroespacial, en la fabricación de maquinaria y en la de cualquier producto hecho con metales.

El tipo de soldadura más adecuado para unir dos piezas de metal depende de las propiedades físicas de los metales, de la utilización a la que está destinada la pieza y de las instalaciones disponibles. Los procesos de soldadura se clasifican según las fuentes de presión y calor utilizadas.

El procedimiento de soldadura por presión original es el de soldadura de fragua, practicado durante siglos por herreros y artesanos. Los metales se calientan en un horno y se unen a golpes de martillo. Esta técnica se utiliza cada vez menos en la industria moderna.

**Soldadura de arco.-** Los procedimientos de soldadura por arco son los más utilizados, sobre todo para soldar acero, y requieren el uso de corriente eléctrica. Esta corriente se utiliza para crear un arco eléctrico entre uno o varios electrodos aplicados a la pieza, lo que genera el calor suficiente para fundir el metal y crear la unión. La soldadura por arco tiene ciertas ventajas con respecto a otros métodos. Es más rápida debido a la alta concentración de calor que se genera y por lo tanto produce menos distorsión en la unión. En algunos casos se utilizan electrodos fusibles, que son los metales de

aportación, en forma de varillas recubiertas de fundente o desnudas; en otros casos se utiliza un electrodo refractario de wolframio y el metal de aportación se añade aparte. Los procedimientos más importantes de soldadura por arco son con electrodo recubierto, con protección gaseosa y con fundente en polvo.

**Soldadura por arco con electrodo recubierto.-** En este tipo de soldadura el electrodo metálico, que es conductor de electricidad, está recubierto de fundente y conectado a la fuente de corriente. El metal a soldar está conectado al otro borne de la fuente eléctrica. Al tocar con la punta del electrodo la pieza de metal se forma el arco eléctrico. El intenso calor del arco funde las dos partes a unir y la punta del electrodo, que constituye el metal de aportación. Este procedimiento, desarrollado a principios del siglo XX, se utiliza sobre todo para soldar acero.”

**Soldadura por arco con protección gaseosa.-** Es la que utiliza un gas para proteger la fusión del aire de la atmósfera. Según la naturaleza del gas utilizado se distingue entre soldadura MIG, si utiliza gas inerte, y soldadura MAG, si utiliza un gas activo. Los gases inertes utilizados como protección suelen ser argón y helio; los gases activos suelen ser mezclas con dióxido de carbono. En ambos casos el electrodo, una varilla desnuda o recubierta con fundente, se funde para rellenar la unión.

Otro tipo de soldadura con protección gaseosa es la soldadura TIG, que utiliza un gas inerte para proteger los metales del oxígeno, como la MIG, pero se diferencia en que el electrodo no es fusible; se utiliza una varilla refractaria de wolframio. El metal de aportación se puede suministrar acercando una varilla desnuda al electrodo.

**Soldadura por arco con fundente en polvo.-** Este procedimiento, en vez de utilizar un gas o el recubrimiento fundente del electrodo para proteger la unión del aire, usa un baño de material fundente en polvo donde se sumergen las piezas a soldar. Se pueden emplear varios electrodos de alambre desnudo y el polvo sobrante se utiliza de nuevo, por lo que es un procedimiento muy eficaz.”<sup>2</sup>

2.- Microsoft © Encarta © 2007. © 1993-2006 Microsoft Corporation.

## **Soporte**

Apoyo o sostén, sustancia inerte que en un proceso proporciona la adecuada superficie de contacto o fija alguno de sus reactivos, también nos permite ubicar objetos de dimensiones grandes, alto peso y una proporción geométrica compleja.

## **Coche transportador**

Es un equipo que permite transportar de manera segura y ergonómica elementos que generalmente son de gran tamaño, elevado peso, y configuración geométrica compleja.

## **Equipos de apoyo en tierra en la aeronáutica.**

Comprenden todos aquellos equipos que ayudan a cumplir con la misión de hacer volar los aviones; sean estos para el mantenimiento, reparación y la puesta en marcha de las aeronaves, así se puede referenciar algunos equipos existentes:

- Generadores Hobart.
- Remolcadores y/o tractores.
- Gatos hidráulicos.
- Montacargas.
- Bancos hidráulicos.
- Turbina de gas o APU.
- Compresores.
- Escaleras.
- Coches transportadores.
- Plumas.
- Tecles.
- Soportes fijos y móviles.

## CAPÍTULO IV

### Ejecución del Plan Metodológico.-

#### 4.1.- Modalidad básica de la investigación.

Las Investigaciones de Campo y Bibliográfica Documental permitieron establecer parámetros investigativos sobre los equipos de apoyo en tierra existentes en el Centro de Mantenimiento Aeronáutico de la DIAF.

**Investigación de Campo** se utilizó esta investigación ya que fue necesario estar en el lugar de los hechos donde se produce el problema, es decir en el área de Mantenimiento Aeronáutico de la DIAF, se observó la insuficiencia de equipos de apoyo en tierra y se recopiló información para el desarrollo del proyecto investigativo. Se realizó una investigación de campo participante porque se observó y recopiló información involucrándose de manera directa en el grupo de técnicos de mantenimiento del Taller Aeronáutico de la DIAF, detectando así la insuficiencia de equipos para realizar el mantenimiento, pérdidas de tiempo en la producción debido a la escasez de recursos, herramientas en el área de trabajo, personal técnico expuesto a daños en su salud por no existir ergonomía en relación máquina-hombre.

**La investigación Bibliográfica - Documental** sirvió como soporte técnico tanto para el desarrollo del Marco Teórico, como para la determinación de los equipos de apoyo en tierra que se utilizan para realizar inspección, mantenimiento y almacenamiento de los motores JT8D revisando los Manuales mencionados a continuación: Manual General de Operaciones (MGO) realizado por la DIAF, Manual General de Mantenimiento (MGM), Manual de Mantenimiento del Avión (AMM) y cumpliendo con las Regulaciones Aeronáuticas de la DGAC.

#### 4.2.- Tipos de investigación.

**Investigación No Experimental** debido a que las variables independientes como: paras en la producción, tiempos muertos en la línea de mantenimiento, cambio de programación de los trabajos a realizar por insuficiencia de equipo y herramientas

necesarias; y dependientes como: contratos con el cliente incumplidos, atraso en tiempo de entrega de las aeronaves por incumplimiento de las inspecciones y el mantenimiento, pérdida de clientes, por ende desventaja económica para la empresa consecuencia o efecto técnicos sin empleo, es decir, en el área de mantenimiento de la DIAF/CEMA existe la necesidad de mejorar el proceso de mantenimiento y operación en el Centro Aeronáutico.

#### **4.3.- Niveles de investigación.**

**Investigación Exploratoria** este tipo de investigación fue de mucho apoyo ya que permitió buscar el problema como lo es la insuficiencia de equipo de apoyo en tierra para los trabajos en los motores JT8D de los aviones Boeing 737-200, mediante la observación, así se pudo detectar la necesidad para plantear posibles soluciones como: comprar los equipos adecuados o si es un taller autorizado y certificado proceder con la elaboración de los equipos de apoyo adecuados y establecidos por el fabricante cumpliendo las normas establecidas en sus Manuales y así seguir con el desarrollo del presente proyecto investigativo.

**Investigación Descriptiva** permitió que el equipo de apoyo en tierra en estudio presente sus respectivas situaciones, eventos y así conocer como es la situación, como se con lleva la insuficiencia de equipos especiales de apoyo en tierra en el Centro de Mantenimiento Aeronáutico/DIAF, también se observaron factores negativos como el tiempo de espera para poder utilizar los equipos de apoyo que no cumplen con la suficiencia y disponibilidad requerida para ubicación de los componentes del avión, influyendo negativamente en el desarrollo de la empresa aumentando el riesgo de perder contratos por ende pérdidas económicas.

#### **4.4.- Universo, Población y Muestra.**

El Taller de Mantenimiento Aeronáutico de la empresa DIAF fue el campo a investigar, se encuentra ubicado en la Ciudad de Latacunga en el aeropuerto internacional de carga Cotopaxi, con motivo de conocer los requerimientos de su personal técnico para trabajos de inspección, mantenimiento y almacenamiento de

los Motores JT-8D de los aviones Boeing 737 – 200, se investigó al personal técnico de mantenimiento en la sección Motores, personal que conformó la población para el estudio.

La población a ser investigada la conforman 10 personas, distribuidas de la siguiente forma:

Supervisor	1
Inspectores	2
Técnicos Motoristas	7
	-----
Total personas	10

En razón a que la población es relativamente pequeña se consideró a toda la población como la muestra total a ser investigada.

#### **4.5.- Métodos y Técnicas de la Investigación.**

##### **4.5.1.- Métodos:**

##### **Análisis.**

En esta investigación se utilizó el análisis para reconocer el problema de forma universal comenzando de un todo, es decir se prestó atención a la necesidad de mejorar el proceso productivo del mantenimiento de los aviones Boeing 737-200 dentro de la empresa DIAF pudiendo reconocer los factores que intervienen en la realización del proyecto investigativo.

##### **Síntesis.**

Permitió relacionar todos los criterios descritos en el análisis a través de un proceso de separación de lo simple y lo complejo, de las causas y los efectos; así se llegó a determinar la insuficiencia de un equipo de apoyo en tierra que afecta a la optimización del proceso productivo operacional, la integración analítico-sintética permitió indagar aspectos que conforman las causas del problema, siendo posible observar los mecanismos necesarios para la solución a la necesidad latente.



## **Deducción.**

Para la deducción se inició con el análisis de un todo para llegar a sucesos particulares, lo cual permitió que el investigador parta de elementos generales a particulares de objeto de estudio, por lo tanto fue posible pasar de: cómo mejorar el proceso productivo operacional de mantenimiento a prestar atención a los factores y posibles soluciones al problema.

### **4.5.2.- Técnicas:**

Entre las técnicas que se emplearon se utilizó;

**Observación Documental** en esta observación se obtuvo toda la información técnica para el Marco Teórico, así también la ayuda para determinar los equipos de apoyo en tierra que se utilizan para realizar inspección, mantenimiento y almacenamiento de los motores JT8D a través los Manuales facilitados por la DIAF/CEMA mencionados a continuación: Manual General de Operaciones (MGO) realizado por la DIAF, Manual General de Mantenimiento (MGM), Manual de Mantenimiento del Avión (AMM) y cumpliendo con las Regulaciones Aeronáuticas de la DGAC, Catálogos de Partes.

**Observación de Campo** se realizó en la DIAF lugar en el cual se produce el problema, para ello se utilizó una ficha de observación (ver anexo No.1), para conocer las operaciones de inspección, mantenimiento y almacenamiento de los motores JT8D de los aviones Boeing 737-200 y los equipos de apoyo en tierra utilizados para la realización de estos trabajos producto de ésta observación se pudo detectar lo siguiente:

- Equipos de apoyo insuficientes para el uso de los motores,
- Indisponibilidad de equipos para realizar el mantenimiento,
- Pérdidas de tiempo en producción debido a la falta de recursos,

**Encuesta Auto – Administrada** permitió realizar de una manera rápida la encuesta sin quitar tiempo productivo al personal técnico de mantenimiento realizando la misma fuera de horario de trabajo, utilizando un conjunto de preguntas que se prepararon para la investigación (ver anexo No.2), los encuestados dieron a conocer su razón y se procedió a recopilar información necesaria que sirvió para confirmar los objetivos planteados de la investigación tales como Investigar el criterio de los técnicos sobre la importancia de la implementación de un soporte de tres puntos como equipo de apoyo en tierra dentro del taller para los motores JT8D ayudando a mejorar el proceso productivo de mantenimiento.

#### **4.6.- Recolección de datos.**

En la recolección de datos explicativos se utilizó la fuente principal, siendo la información recolectada en el lugar donde se produce el problema, en el área de mantenimiento de la DIAF/CEMA, con la ayuda de diferentes técnicas como: la observación y encuestas a través de preguntas las cuales se aplicó a personas que tienen relación directa al contorno del mantenimiento aeronáutico en la DIAF, poniendo énfasis a los requerimientos a remediar, el cual para asegurar su validez y confiabilidad de los elementos de recolección de datos, se solicitó con anticipación el criterio juicioso de técnicos en la rama de mantenimiento aeronáutico permitiendo desarrollar elementos de recolección de datos confiables y ciertos.

La observación de campo del personal técnico laboral de la empresa constituyó en la principal herramienta para obtener una vista precisa de los equipos de apoyo en tierra, tácticas o procedimientos que se aplican en los trabajos de inspección, mantenimiento y almacenamiento de los motores Jt8D dentro del hangar.

El investigador, realizó la encuesta al personal técnico en mantenimiento con diferentes especialidades y cargos que desempeñan en el DIAF/CEMA. La encuesta se realizó al personal nombrado anteriormente. Dentro de la encuesta se aplicó preguntas tricotómicas y dicotómicas con el motivo de que faciliten al investigador

conocimientos sobre temas determinados sin dejar abierta la posibilidad de confusiones y/o suposiciones superficiales, así permitan una clara tabulación para la definición de las respuestas.

#### **4.7.- Procesamiento de la información.**

Para procesar los resultados de la investigación, con los resultados obtenidos en las encuestas se procedió a:

- La Revisión crítica de la información recogida;
- Codificar y tabular;
- Luego se representa en forma gráfica;
- Después se analizan los resultados;
- Interpretamos, y;
- Llegamos a conclusiones y recomendaciones.

#### **4.8.- Análisis e interpretación de resultados.**

##### **Observación.**

Aspectos a ser tomados en cuenta para la observación:

- Trabaja el personal de mantenimiento siguiendo las normas de seguridad, manuales, y ordenas técnicas;
- La empresa provee a los técnicos los equipos de protección personal;
- Cumple los requisitos de un TMAE según las regulaciones de la DGAC;
- Manejan los respectivos equipos de apoyo en tierra y herramientas necesarias que estipulan los manuales de mantenimiento del fabricante;
- Dispone el personal Técnico de mantenimiento con las equipos y herramientas necesarias para realizar los procesos productivos de mantenimiento.

## **Análisis.**

El proceso productivo de mantenimiento realizado en la DIAF a los aviones Boeing 737-200, realizado por técnicos de mantenimiento de la empresa lo hacen de forma segura ejerciendo los procedimientos establecido ayudándose por: Manual General de Operaciones (MGO) realizado por la DIAF, Manual General de Mantenimiento (MGM), Manual de Mantenimiento del Avión (AMM) y cumpliendo con las regulaciones aeronáuticas de la DGAC.

Al momento que realizan trabajos de mantenimiento relacionados con los motores del avión Boeing 737-200, cuando este conjunto mayor es removido se ven en la necesidad de parar con el trabajo debido a la insuficiencia de equipos de apoyo en tierra para el motor con el fin de transportarlo.

Siendo así una de las mayores necesidades la implementación de equipos y herramientas por la exigencia y gran demanda de trabajos a realizar en el área de mantenimiento.

## **Interpretación.**

Durante el transcurso de la observación realizada se determinó que se podría mejorar el proceso productivo de mantenimiento mediante la implementación de equipos de apoyo en tierra, como son los soportes o coches para los motores JT8D de los aviones Boeing 737-200.

## **Encuesta.**

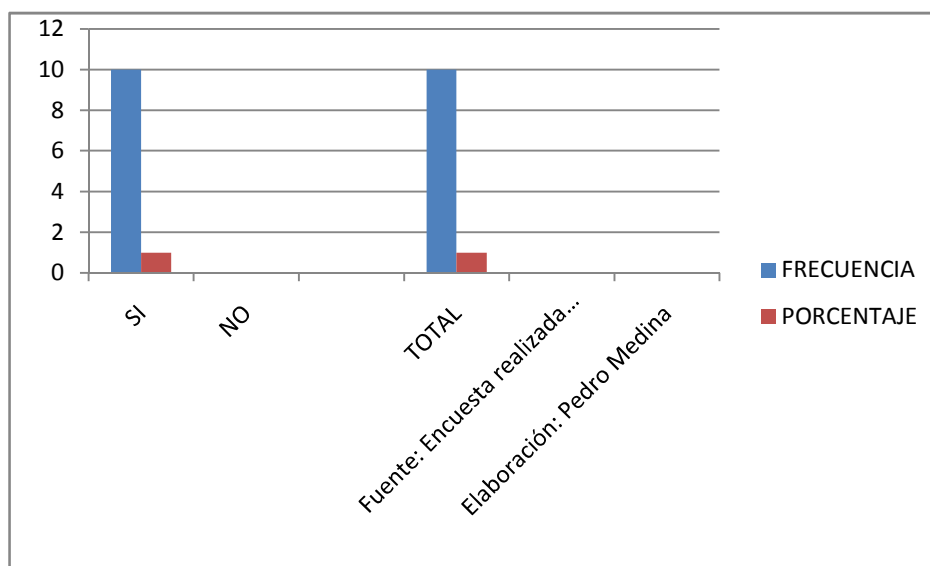
Análisis de los resultados de la encuesta realizada al personal técnico de mantenimiento aeronáutico de la DIAF.

### Pregunta No. 1

¿Ha manejado alguna vez o conoce acerca de coches o soportes fijos para motores?

Tabla No. 4.1: Análisis de Resultados

RESPUESTAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	10	100%
NO	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>
<b>Fuente: Encuesta realizada a personal técnico de la DIAF</b>		
<b>Elaboración: Pedro Medina</b>		



**Análisis:** El 100% de los técnicos manifestó que conoce sobre los equipos de apoyo de transporte para motores JT8D.

**Interpretación:** lo cual permitió deducir, que los técnicos conocen bien la utilización y manejo de los equipos de apoyo dentro del hangar o lugar de trabajo en aviones BOEING 737 – 200.

## Pregunta No. 2

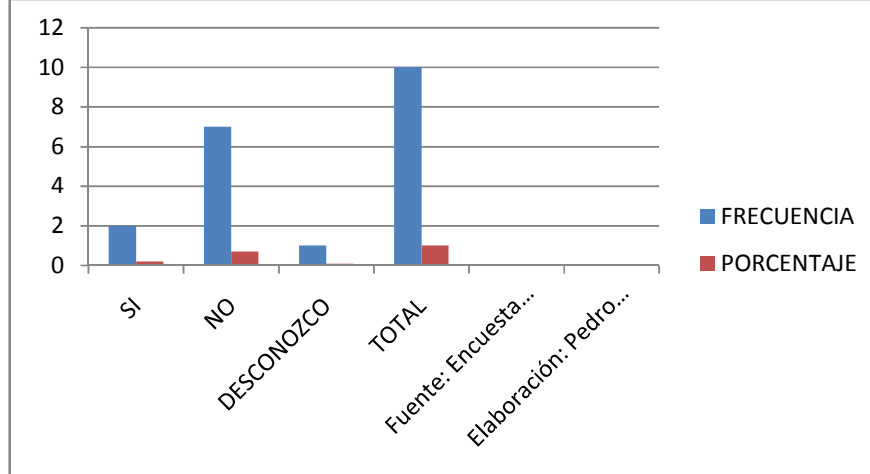
¿El CEMA posee suficientes equipos de apoyo en tierra y herramientas para la inspección, mantenimiento y almacenamiento de los motores JT8D?

Tabla No. 4.2: Análisis de Resultados

RESPUESTAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	2	20%
NO	7	70%
DESCONOZCO	1	10%
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>

**Fuente: Encuesta realizada a personal técnico de la DIAF**

**Elaboración: Pedro Medina**



**Análisis:** El 70% de personal técnico encuestado no tienen conocimiento de equipos de apoyo en tierra para la realización de estos trabajos en los motores JT8D, el 10% desconoce y solo el 20% está en contacto o tiene conocimiento de la relación actual de los equipos existentes.

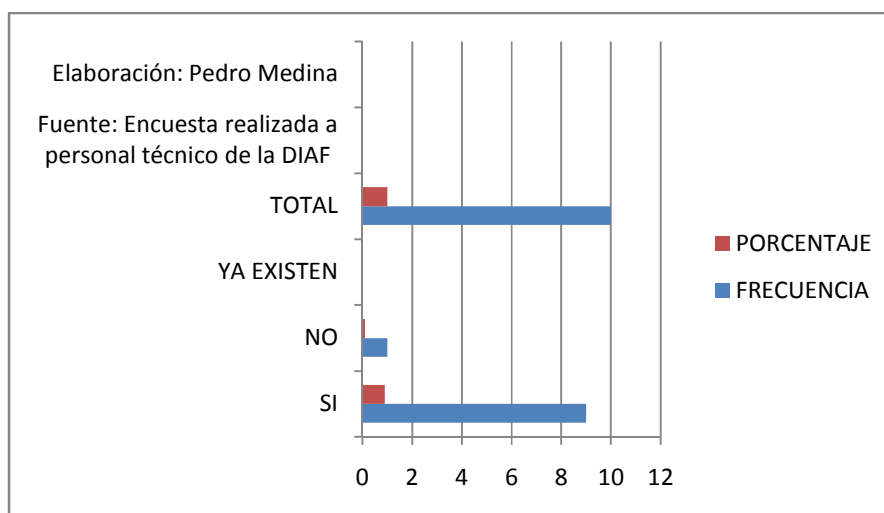
**Interpretación:** Esto quiere decir que la gran mayoría desconoce o no sabe la disponibilidad de los equipos de apoyo dentro de la empresa.

**Pregunta Nº 3.**

**¿Piensa que en el taller es necesaria la implementación de soportes, coches donde poder colocar los motores?**

**Tabla No. 4.3: Análisis de Resultados**

RESPUESTAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	9	90%
NO	1	10%
YA EXISTEN	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>
<b>Fuente: Encuesta realizada a personal técnico de la DIAF</b>		
<b>Elaboración: Pedro Medina</b>		



**Análisis:** El 90% Del personal técnico indicaron que es necesaria la implementación de soportes y coches donde poder colocar los motores, el 10% no estuvo de acuerdo con la construcción.

**Interpretación:** las respuestas indicaron que el taller aeronáutico debido a su gran apogeo y crecimiento en la industria aeronáutica dispone de la necesidad de implementar sus herramientas y equipos de apoyo en tierra como soportes o coches.

#### Pregunta No. 4

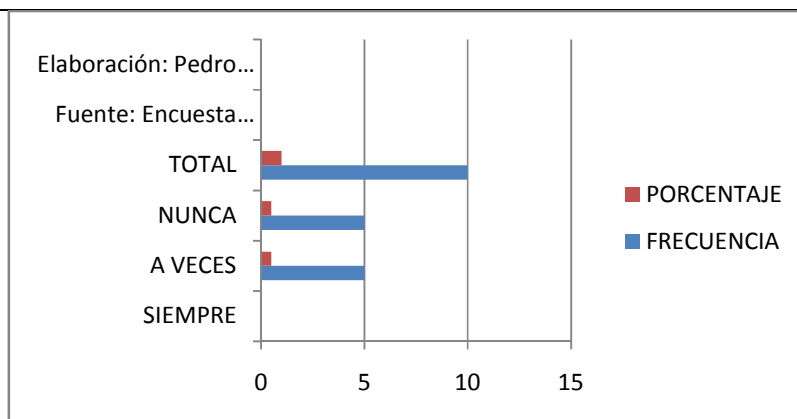
¿Se ha recurrido o se ha visto necesario parar el trabajo por la insuficiencia de equipo para los motores, Cómo ubicarlos dentro de soportes para realizar el mantenimiento?

Tabla No. 4.4: Análisis de Resultados

RESPUESTAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SIEMPRE	0	0%
A VECES	5	50%
NUNCA	5	50%
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>

**Fuente: Encuesta realizada a personal técnico de la DIAF**

**Elaboración: Pedro Medina**



**Análisis:** El 50% de los técnicos han recurrido alguna vez a tener que parar su trabajo por insuficiencia de equipo.

**Interpretación:** Este porcentaje permitió saber que existe una insuficiencia de herramientas y equipos de apoyo en tierra dentro del taller el cual puede traer muchas consecuencias como: que el personal técnico tiene que salirse del plan de trabajo a seguir debido a la indisponibilidad del equipo de apoyo en tierra.

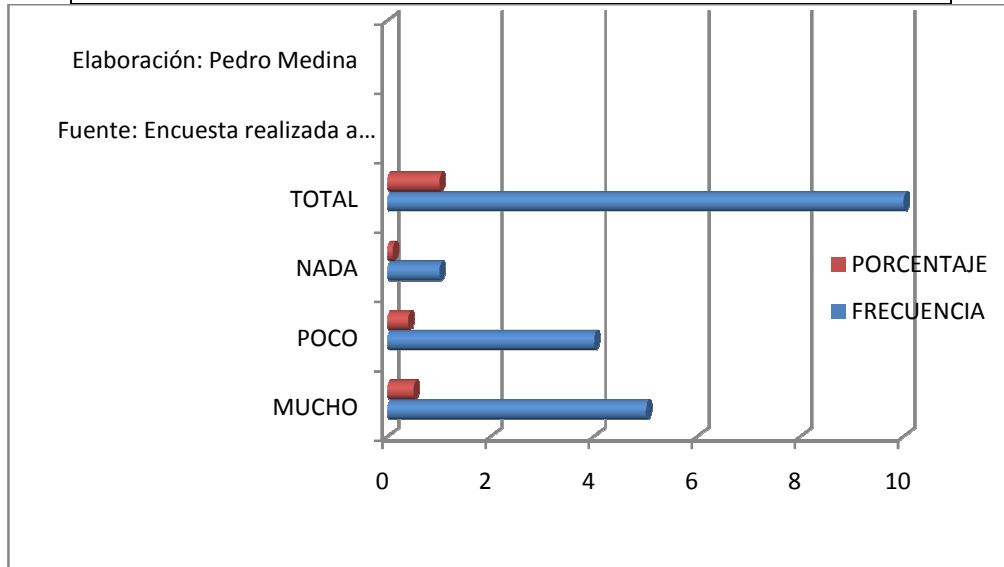


**Pregunta No. 5**

**¿Cree que es conveniente implementar un soporte de tres puntos para mejorar la ubicación y almacenamiento de los motores dentro del hangar?**

**Tabla No. 4.5: Análisis de Resultados.**

RESPUESTAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
MUCHO	5	50%
POCO	4	40%
NADA	1	10%
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>
<b>Fuente: Encuesta realizada a personal técnico de la DIAF</b>		
<b>Elaboración: Pedro Medina</b>		



**Análisis:** El 50% del personal técnico está totalmente de acuerdo y el 40% está un poco de acuerdo que la implementación de un soporte de tres puntos mejoraría mucho la ubicación y almacenamiento de los motores dentro del hangar.

**Interpretación:** se sabe que el centro de mantenimiento aeronáutico dispone de equipos pero no los suficientes, por lo tanto el personal de mantenimiento está de acuerdo que la implementación de un equipo de apoyo como el soporte de tres puntos para los motores JT8D sería de gran ayuda en los trabajos.

### Pregunta No.6

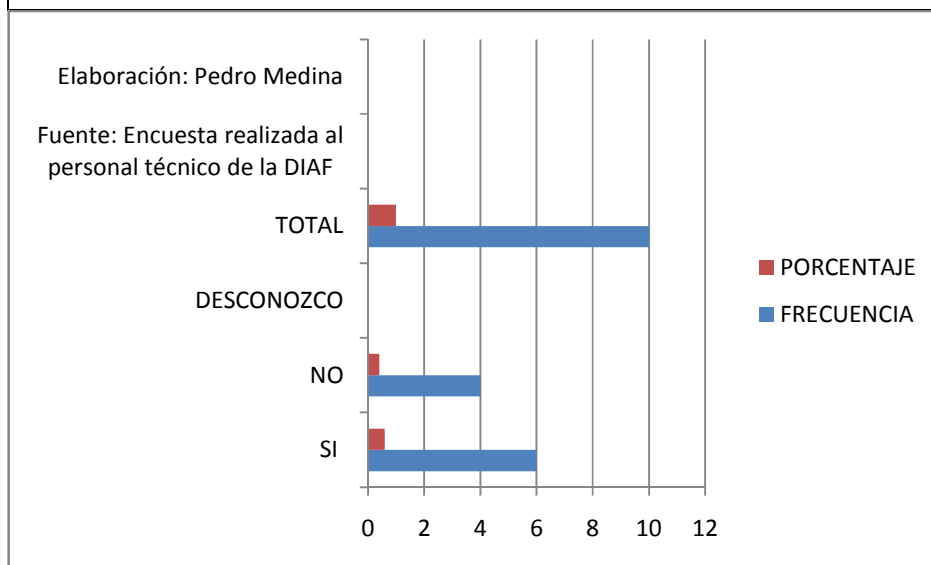
¿Al incorporar un soporte de tres puntos en el taller mejorarían las condiciones de trabajo en lo que se refiere a disposición de equipos para no tener contratiempos o paras en el mantenimiento?

Tabla No. 4.6: Análisis de Resultados

RESPUESTAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
MUCHO	6	60%
POCO	3	30%
NADA	1	10%
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>

**Fuente: Encuesta realizada a personal técnico de la DIAF**

**Elaboración: Pedro Medina**



**Análisis:** El 60% del personal técnico notificaron que sería de gran ayuda y progreso para la empresa el implementar un equipo de apoyo en tierra como lo es el Soporte de Tres Puntos ya que van a tener mejor disponibilidad de equipos y pueden cumplir con sus trabajos, el 30% poca ayuda y el 10% nada de ayuda.

**Interpretación:** esto nos da a entender que la implementación del soporte de tres puntos para las turbinas o motores JT8D mejorarían notablemente la situación en la empresa y la del personal técnico para mejorar sus condiciones de trabajo.

### Pregunta No. 7

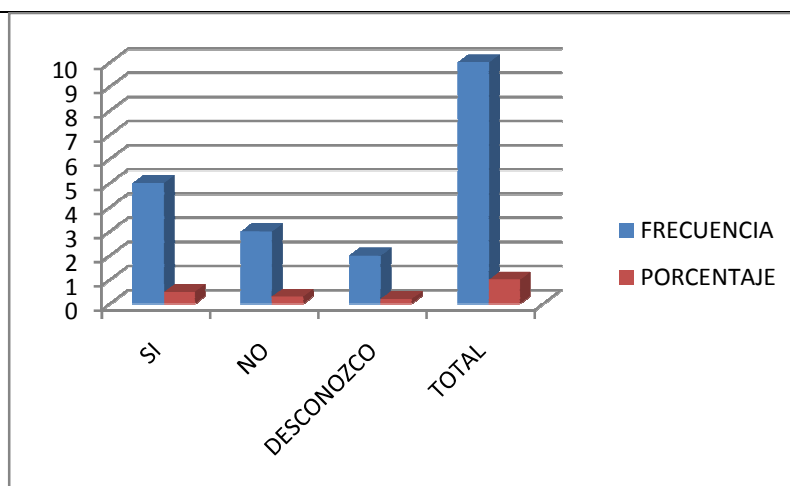
¿Considera Ud. que la construcción de un soporte de tres puntos para turbinas es mas ergonómico (fácil manejo e integración con la maquina) y menos costoso que construir un coche transportador?

Tabla No. 4.7: Análisis de Resultados.

RESPUESTAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	5	50%
NO	3	30%
DESCONOZCO	2	20%
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>

**Fuente: Encuesta realizada a personal técnico de la DIAF**

**Elaboración: Pedro Medina**



**Análisis:** el 80% tiene una respuesta a favor de que la construcción de un soporte de tres puntos es más ergonómico y menos costoso estando el 50% muy a favor y el 30% un poco y solo el 20% en desacuerdo.

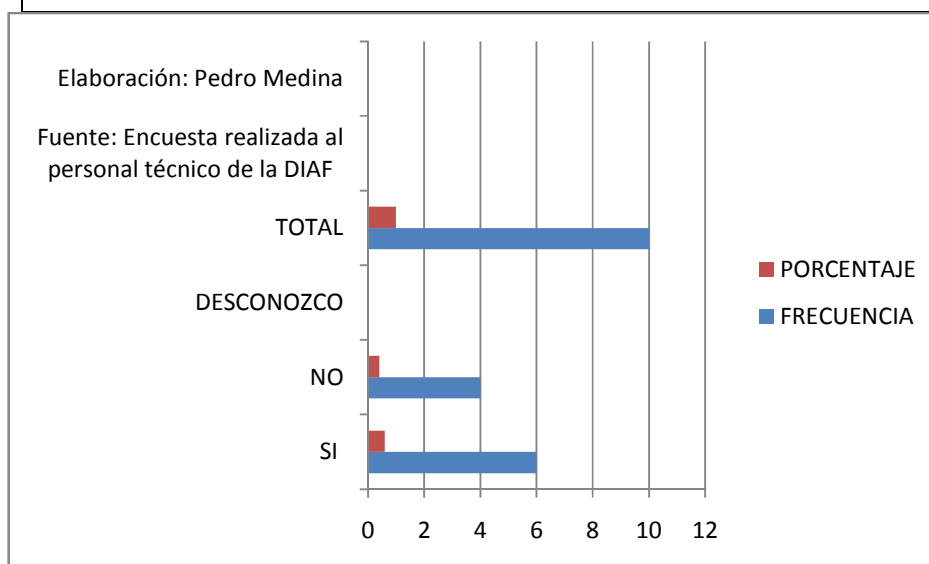
**Interpretación:** Este alto porcentaje nos permite conocer que el personal conoce y está capacitado en relación a funcionamiento y costo del equipo o herramienta que se maneja dentro del hangar.

### Pregunta No. 8

¿Piensa Ud. que es más fácil el almacenamiento y movilización del soporte de tres puntos dentro del hangar debido a su menor peso y tamaño en relación a coches transportadores?

Tabla No. 4.8: Análisis de Resultados.

RESPUESTAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	6	60%
NO	4	40%
DESCONOZCO	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>
<b>Fuente: Encuesta realizada al personal técnico de la DIAF</b>		
<b>Elaboración: Pedro Medina</b>		



**Análisis:** el 60% de los técnicos están a favor que la relación ergonómica (integración del hombre con el equipo o entorno de trabajo) existente con este soporte al momento de realizar su movilización y almacenamiento, el 40% está en desacuerdo.

**Interpretación:** al estar la mayoría de acuerdo dio una expectativa de que la implementación de un equipo de apoyo en tierra como un soporte de tres puntos para motores JT8D tiene la aprobación debido a su fácil manejo y transportación.

#### **4.9.- Conclusiones y Recomendaciones de la Investigación.**

##### **Conclusiones:**

- Por medio de la recolección, procesamiento, análisis e interpretación de la información, se determinó que la empresa DIAF/CEMA precisa de una optimización en su proceso productivo operacional de mantenimiento realizado a los aviones Boeing modelo 737-200 y sus componentes.
- Mediante el análisis de la información técnica obtenida de manuales de procesos y regulaciones se determinó los equipos de apoyo en tierra, herramientas que son posibles para la implementación para los trabajos en los motores de los aviones Boeing modelo 737-200.
- Con la ejecución del plan metodológico se determinó los parámetros y equipos mediante la colaboración de los técnicos de mantenimiento, sabiendo que están la mayoría a favor de la construcción del equipo de apoyo en tierra, Soporte fijo de Tres Puntos para la ubicación de los motores JT8D de los aviones Boeing modelo 737-200, requeridos para las operaciones de mantenimiento.

##### **Recomendaciones:**

- El grupo investigador tomando en cuenta lo investigado y cuáles fueron sus resultados gracias al plan metodológico, sugiere la construcción e implementación del Soporte Fijo de Tres Puntos para los motores JT8D en el área de mantenimiento del Centro de Mantenimiento Aeronáutico/DIAF es factible debido que será un equipo de gran ayuda para la realización del mantenimiento en los motores, como equipo de apoyo en tierra facilitando el trabajo al personal técnico.
- A su vez esta implementación del equipo de apoyo en tierra va a permitir mayor disponibilidad de equipo de apoyo, evitando paras de producción dentro de la DIAF/CEMA siendo de uso exclusivo del Taller implementando mayores equipos de apoyo a su inventario de herramientas y equipos pasando a ser su único propietario y dueño de la disponibilidad del mismo.

## **CAPÍTULO V**

### **Factibilidad del Tema.**

#### **Denuncia del Tema**

**“Construcción de un Soporte Fijo de Tres Puntos para inspección, mantenimiento y almacenamiento de los Motores JT8D de los aviones Boeing 737 – 200 para el Taller del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.”**

#### **5.1.- Técnica.**

El proyecto investigado tiene como resultado que es factible y necesaria la construcción e implementación del soporte fijo para los motores JT8D, para sus debidas operaciones de: inspección, mantenimiento y almacenamiento, puesto que contamos con los materiales, talleres, equipos, en si recursos necesarios para poder elaborarlo, por medio de manuales, catálogos, programas de computación.

#### **5.2.- Legal.**

Fundamentándose en las Regulaciones Aeronáuticas de la Aviación Civil del Ecuador en lo cual acuerda que todo centro operador de mantenimiento aeronáutico que realice en su interior trabajos en las aeronaves debe constar de todo el material apropiado para el mismo, sin incurrir en ninguna de las reglas establecidas, se basa nuestra investigación no solo en el ámbito aeronáutico sino además en medidas de seguridad generales que deben ser cumplidas en cualquier empresa técnica o de mantenimiento, protegiendo la integridad de los técnicos.

#### **“RDAC 43.13 Reglas relativas a la realización de los trabajos (Generalidades)”**

**a)** Cada persona que realiza mantenimiento, mantenimiento preventivo o alteraciones en una aeronave, motor , hélice o accesorio usara los métodos, técnicas, y prácticas descritas en el manual de mantenimiento actualizado del fabricante o instrucciones para la aeronavegabilidad continua preparada por el fabricante, u otros métodos, técnicas y practicas aceptadas por el Director General, excepto lo indicado en la Sección 43.16 . El usara las herramientas, el equipo y los aparatos de prueba necesarios para asegurar el cumplimiento y terminación del trabajo de acuerdo con

las prácticas aceptadas en la industria. Si el fabricante recomienda equipo especial o aparatos de prueba el debe usar esos equipos o aparatos o su equivalente aceptado por el Director General;

b) La persona que realiza mantenimiento, mantenimiento preventivo o alteración, hará el trabajo de tal manera y utilizará los materiales de tal calidad que la condición de la aeronave, su motor, hélice o accesorios, será por lo menos igual a su condición original o propiamente alterado (con respecto a la función aerodinámica, fuerza estructural, resistencia a la vibración y deterioración y otras calidades que afectan la aeronavegabilidad)

### 5.3.- Apoyo.

Para el proceso y construcción del proyecto en mención contamos con la asistencia del Centro de Mantenimiento Aeronáutico de La DIAF siendo el beneficiario principal el I.T.S.A. por motivo de donación de un motor JT8D por parte de la DIAF para estudio de los alumnos, contando con la ayuda y colaboración del personal técnico de las diferentes áreas como: soldadura, corte, torno, departamento de Ingeniería de la compañía. El grupo investigador desde un principio obtuvo la autorización y apoyo de la DIAF siendo esta la auspiciante del proyecto en construcción, la cual nos facilitó las herramientas y medios necesarios para la investigación y así poder llegar a ser posible la elaboración del soporte.

### 5.4.- Recursos.

#### 5.4.1.-Talento Humano.

**Tabla No. 5.1: Personal Investigador.**

No.	RECURSOS	DESIGNACIÓN
1	Sr. Pedro C. Medina J.	Investigador
2	Sr. Srgto. William Vallejo	Director del Proyecto de Grado

**Fuente** : Consejo de Carreras.

**Elaboración** : Sr. Pedro C. Medina J.

#### 5.4.2.- Recurso material.

Son recursos muy indispensables para el desarrollo y culminación de este proyecto entre los cuales se encuentran detallados a continuación en el presupuesto:

## 5.5.- Presupuesto.

### Costo Primario:

**Tabla No. 5.2: Materiales para la construcción.**

No.	Material para la elaboración del Soporte	metros	V/u de C/m	Subtotal
1	Tubo Redondo Negro ø4.5pulg e 6mm	2m	\$50	\$100
2	Tubo Redondo Negro ø4pulg e5mm	2m	\$40	\$80
3	Plancha de acero 1m x 1m de 0.5pulg de espesor.	1m <sup>2</sup>	\$85	\$85
4	Tubo Cuadrado o Redondo de ø2pulg e 5mm	2m	\$30	\$60
5	Barra cuadrada ø3pulg	1m	\$105	\$105
			<b>TOTAL</b>	<b>\$430</b>

**Fuente:** Investigación de campo.

**Elaboración:** Sr. Pedro C. Medina J.

**Tabla No. 5.3: Mano de obra**

Mano de Obra	Maqui/Herra.	Tiempo hrs.	Costo C/h.	Subtotal.
	<b>Soldadora</b>	25	\$4	\$100
	<b>Torno</b>	18	\$5	\$90
	<b>Taladro</b>	7	\$2	\$14
	<b>Cortadora</b>	16	\$2	\$32
			<b>TOTAL</b>	<b>\$204</b>

**Fuente:** Investigación de campo.

**Elaboración:** Sr. Pedro C. Medina J.



### Costo Secundario.

**Tabla No. 5.4: Varios.**

No.	Material / Varios.	Valor.
1	Pago aranceles Derecho de Grado	\$360
2	Impresiones e internet	\$40
3	Anillados	\$25
4	Copias	\$15
5	Empastados	\$45
6	Varios	14.55
7	Transporte	\$135.45
<b>TOTAL</b>		<b>\$635</b>

**Fuente:** Investigación de campo.

**Elaboración:** Sr. Pedro C. Medina J.

### Costo Total = Costo Primario + Costo Secundario

**Tabla No. 5.5: Costo Total.**

<b>Costos Primarios</b>	Materiales para la Construcción.	\$430
	Mano de Obra.	\$204
<b>Costos Secundarios</b>	Varios.	\$635
	<b>Total</b>	<b>\$1269</b>

El presupuesto asciende a un mil doscientos sesenta y nueve dólares americanos, **(\$1269,00)**.

## Cronograma de Trabajo.

Tabla No. 5.6: Cronograma.

TIEMPO	ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEM-BRE				OCTUBRE			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ACTIVIDADES																												
PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA		x																										
APROBACIÓN DEL PROBLEMA			x																									
RECOPIACIÓN DE DATOS					x	x	x	x																				
ELABORACIÓN DEL ANTEPROYECTO									x	x	x	x	x	x	x	x	x	x										
PRESENTACIÓN DEL ANTEPROYECTO																		x	X									
APROBACIÓN DEL ANTEPROYECTO																			X									
DESARROLLO DEL PROYECTO																			x	x								
INFORME AVANCE 50%																				X								
PREDEFENSA DEL PROYECTO																								X				
ENTREGA DE EJEMPLARES																									X			
DESIGNACIÓN DEL TRIBUNAL																									X			
ENTREGA DEL ORIGINAL CALIFICADO POR EL TRIBUNAL																									X			
DECLARACIÓN DE ACTO PARA DEFENSA																										X		
DEFENSA ORAL PARA EL PROYECTO																												X
ENTREGA DE EJEMPLARES EMPASTADOS																												x

Pedro Medina J.  
INVESTIGADOR

Sr. Sgto. William Vallejo  
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

## **CAPÍTULO VI**

### **Desarrollo del Tema.**

#### **6.1.- Antecedentes.**

Ubicado en el Manual de Mantenimiento de la Boeing del avión 737-200 se tiene: que al realizar la operación de remoción del motor es necesaria su colocación dentro de soportes o coches transportadores, los cuales la compañía posee, pero el número existente de soportes y coches operativos es menor a la necesidad prevista en el taller, teniendo que ser obligados a parar en la producción como se explicó previamente en el capítulo cuarto de esta investigación, pudiendo así, tener un riesgo latente de pérdidas económicas, e incumplimiento de servicios al cliente en el ámbito laboral sin la facilidad para realizar las distintas tareas de mantenimiento.

#### **6.2.- Justificación.**

El área de mantenimiento de la DIAF/CEMA al no poseer los suficientes equipos de apoyo en tierra como un Soporte Fijo de Tres Puntos para los motores JT8D de los aviones Boeing 737-200, permite justificar la importancia de su implementación al taller de mantenimiento para realizar sus distintos trabajos en los motores, de esta manera se justifica la construcción de un Soporte Fijo de Tres puntos para los motores modelo JT8D cumpliendo las normas y parámetros establecidos en los Manuales de Mantenimiento y Equipos de Apoyo en Tierra.

#### **6.3.- Objetivos.**

##### **6.3.1.- Objetivo general.**

- Construir un Soporte Fijo de Tres Puntos para inspección, mantenimiento y almacenamiento de los motores JT8D de los aviones Boeing 737-200 para el Taller de Mantenimiento Aeronáutico de la DIAF/CEMA.

##### **6.3.2.- Objetivos específicos.**

- Establecer las características físicas y técnicas de los motores JT8D de los aviones Boeing 737-200 para optimizar su mantenimiento en la empresa Aeronáutica DIAF/CEMA mediante información de Manuales, libros, etc.

- Recolectar información adecuada para realizar la construcción del soporte del motor Jt8D.
- Dibujar planos mediante medidas reales del Soporte Fijo de Tres Puntos para los motores JT8D.
- Efectuar un cálculo estructural para establecer dimensiones y características físicas del material ha ser utilizado en la construcción del Soporte.
- Elaborar manuales de mantenimiento y operación del coche transportador.
- Efectuar las pruebas operación del Soporte Fijo para el Motor JT8D.

#### **6.4.- Alcance.**

La implementación de un Soporte Fijo de Tres Puntos para el motor JT8D de los aviones Boeing 737-200 pretende mejorar el proceso productivo de mantenimiento de la DIAF/CEMA beneficiando directamente a la empresa y por ende a su personal Técnico de Mantenimiento al optimizar e implementar los recursos de la empresa, de esta manera tener mayor eficacia y eficiencia al realizar trabajos de mantenimiento, además la presente investigación servirá de base para trabajos futuros que los estudiantes del ITSA u otro personal realicen en referencia a soportes y/o equipos de Apoyo en Tierra utilizados para operaciones de inspección, mantenimiento y almacenamiento de diversos elementos de los motores o estructura del avión.

#### **6.5.- Marco Teórico.**

**Acero.-** Es el material estructural más usado para construcción de estructuras en el mundo. Es fundamentalmente una aleación de hierro (mínimo 98 %), con contenidos de carbono menores del 1 % y otras pequeñas cantidades de minerales como manganeso, para mejorar su resistencia, y fósforo, azufre, sílice y vanadio para mejorar su soldabilidad y resistencia a la intemperie. Es un material usado para la construcción de estructuras, de gran resistencia, producido a partir de materiales muy abundantes en la naturaleza. Entre sus ventajas está la gran resistencia a tensión y compresión y el costo razonable.”

## **Acero Estructural.**

Se define como acero estructural al producto de la aleación de hierro, carbono y pequeñas cantidades de otros elementos tales como silicio, fósforo, azufre y oxígeno, que le aportan características específicas, además presenta alta resistencia, homogeneidad en la calidad y fiabilidad de la misma, soldabilidad, y, ductibilidad.”<sup>3</sup>

## **Clasificación del Acero Estructural.**

Según su forma de clasifica en:

- **Perfiles Estructurales.-** son piezas de acero laminado y cuya forma puede ser en I, H, T, G, U, C, etc.
- **Barras.-** las barras de acero estructural son piezas de acero laminado, cuya sección transversal puede ser circular, hexagonal o cuadrada en todos los tamaños.
- **Planchas.-** las planchas de acero estructural son productos planos de acero laminado en caliente con anchos de 203 mm y 219 mm, y espesores mayores de 5,8 mm y mayores de 4,5 mm, respectivamente.

## **Soldadura**

“En ingeniería, procedimiento por el cual dos o más piezas de metal se unen por aplicación de calor, presión, o una combinación de ambos, con o sin el aporte de otro metal, llamado metal de aportación, cuya temperatura de fusión es inferior a la de las piezas que se han de soldar. La mayor parte de procesos de soldadura se pueden separar en dos categorías: soldadura por presión, que se realiza sin la aportación de otro material mediante la aplicación de la presión suficiente y normalmente ayudada con calor, y soldadura por fusión, realizada mediante la aplicación de calor a las superficies, que se funden en la zona de contacto, con o sin aportación de otro metal. En cuanto a la utilización de metal de aportación se distingue entre soldadura ordinaria y soldadura autógena. Esta última se realiza sin añadir ningún material.

3.-Microsoft ® Encarta ® 2007. © 1993-2006 Microsoft Corporation.

La soldadura ordinaria o de aleación se lleva a cabo añadiendo un metal de aportación que se funde y adhiere a las piezas base, por lo que realmente éstas no participan por fusión en la soldadura. Se distingue también entre soldadura blanda y soldadura dura, según sea la temperatura de fusión del metal de aportación empleado; la soldadura blanda utiliza metales de aportación cuyo punto de fusión es inferior a los 450 °C, y la dura metales con temperaturas superiores.

Gracias al desarrollo de nuevas técnicas durante la primera mitad del siglo XX, la soldadura sustituyó al atornillado y al remachado en la construcción de muchas estructuras, como puentes, edificios y barcos. Es una técnica fundamental en la industria del motor, en la aeroespacial, en la fabricación de maquinaria y en la de cualquier producto hecho con metales.

El tipo de soldadura más adecuado para unir dos piezas de metal depende de las propiedades físicas de los metales, de la utilización a la que está destinada la pieza y de las instalaciones disponibles. Los procesos de soldadura se clasifican según las fuentes de presión y calor utilizadas.

El procedimiento de soldadura por presión original es el de soldadura de fragua, practicado durante siglos por herreros y artesanos. Los metales se calientan en un horno y se unen a golpes de martillo. Esta técnica se utiliza cada vez menos en la industria moderna.

**Soldadura con arco.-** los procedimientos de soldadura por arco son los más utilizados, sobre todo para soldar acero, y requieren el uso de corriente eléctrica. Esta corriente se utiliza para crear un arco eléctrico entre uno o varios electrodos aplicados a la pieza, lo que genera el calor suficiente para fundir el metal y crear la unión.

La soldadura por arco tiene ciertas ventajas con respecto a otros métodos. Es más rápida debido a la alta concentración de calor que se genera y por lo tanto produce menos distorsión en la unión. En algunos casos se utilizan electrodos fusibles, que son los metales de aportación, en forma de varillas recubiertas de

fundente o desnudas; en otros casos se utiliza un electrodo refractario de wolframio y el metal de aportación se añade aparte. Los procedimientos más importantes de soldadura por arco son con electrodo recubierto, con protección gaseosa y con fundente en polvo.

**Soldadura por arco con electrodo recubierto.-** En este tipo de soldadura el electrodo metálico, que es conductor de electricidad, está recubierto de fundente y conectado a la fuente de corriente. El metal a soldar está conectado al otro borne de la fuente eléctrica. Al tocar con la punta del electrodo la pieza de metal se forma el arco eléctrico. El intenso calor del arco funde las dos partes a unir y la punta del electrodo, que constituye el metal de aportación. Este procedimiento, desarrollado a principios del siglo XX, se utiliza sobre todo para soldar acero.”<sup>4</sup>

### **Electrodos Recubiertos.**

“En soldadura con arco metálico protegido se emplean electrodos recubiertos y se puede efectuar con fuentes de potencia de cc o ca. Su aplicación es para aceros dulce y de aleación e inoxidables y, en menor grado, metales no ferrosos.

El voltaje del arco varía más o menos entre 20 y 40 V y la corriente es de alrededor de 20 a 500 A, lo cual depende principalmente del tamaño y tipo del electrodo y la posición para soldar.

Los **recubrimientos para electrodos** sirven para diversos fines: 1.- facilitar el establecimiento y conservación del arco; 2.- proteger el metal fundido contra el aire; 3.- actuar como fundente de los metales que se funden; 4.- constituir una forma de introducir ingredientes de aleación que no estén en los alambres del núcleo.

Los electrodos **E6010** y **E6011** son para las soldaduras en todas las posiciones. El E6010 se emplea con corriente continua y polaridad inversa; el E6011 está destinado para corriente alterna, pero se puede emplear con corriente continua y polaridad inversa aunque con menos ventajas.

Fuera de esto, los electrodos se emplean por igual cuando la calidad del depósito es de máxima importancia, en particular, cuando se suelda en posiciones vertical y sobre la cabeza. Las soldaduras se caracterizan por penetración profunda que resulta del arco riguroso del tipo de rocío y una escoria ligera que se puede desmenuzar. En la tabla 13.3.2 (ver anexo de construcción No.1) se indican las corrientes de operación para estos electrodos.

Los electrodos E7018 son de hidrógeno con altos porcentajes de hierro en polvo en el recubrimiento. Utilizables con corriente alterna y con corriente continua como electrodo positivo. La operación se caracteriza por un arco suave, silencioso, muy bajo chisporroteo, baja penetración y altas velocidades lineales.”<sup>5</sup>

## **6.6.- Planteamiento y Estudio de Alternativas.**

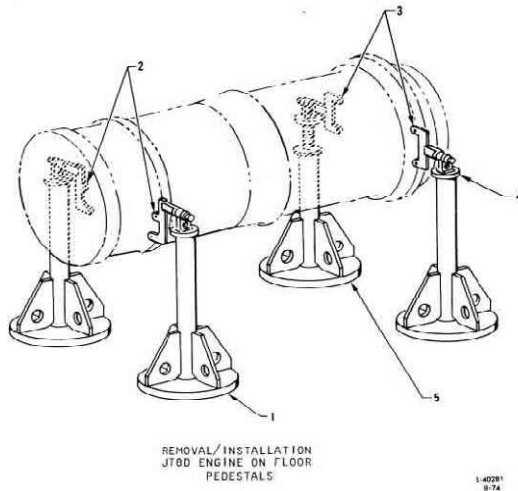
### **6.6.1.- Planteamiento de alternativas.**

Después de hecho el estudio se pudo realizar el análisis de dos alternativas establecidas por el fabricante de estos motores JT8D a través del Manual del Motor de la Pratt & Whitney (Engine Manual Cap.72-00-00) de los aviones Boeing 737-200 donde se expone dos tipos diferentes de soportes o coches donde se deben colocar los motores una vez removidos de la aeronave.



## Alternativa N° 1

### Soporte Fijo del Motor



#### Pratt & Whitney

JT8D ENGINE MANUAL (PN 481672)  
ENGINE GENERAL - REMOVAL-01

1. Pedestal Engine Support
2. Bracket, Compressor Intermediate (2).
3. Bracket, Turbine Exhaust (2).
4. Adapter (Used With PWA 25757 Pedestal)
5. Pedestal Engine Support (Adjustable)  
Engine Positioning in Pedestals

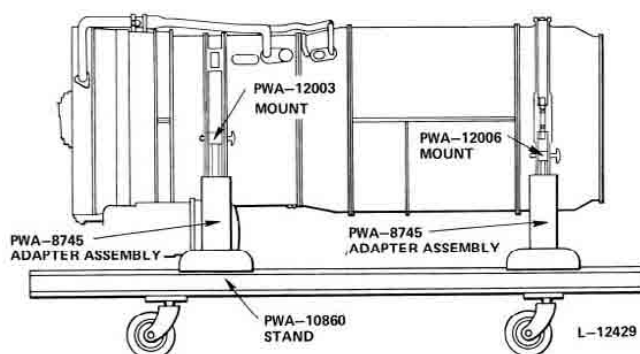
Figura No.6.1 Soporte Fijo del Motor

Fuente: Pedro Medina J.

Este Soporte fijo del motor consta de: 4 pedestales ajustables que forman parte de las bases donde se coloca el motor, 4 soportes en forma de corchetes 2 ubicados en la fase intermedia de compresor y 2 ubicados en el escape de la etapa de turbina, un adaptador en cada punto de unión con el motor.

## Alternativa N° 2

### Coche Transportador.



Engine In Rail Stand (Method III)

#### Pratt & Whitney

JT8D ENGINE MANUAL (PN 481672)  
ENGINE GENERAL - REMOVAL-02

Figura No.6.2 Coche Transportador

Fuente: Pedro Medina J.

Está constituido por una base de forma rectangular con perfiles estructurales H, en el cual se encuentran acoplados cuatro soportes, con cuatro montantes especiales en cada soporte que son los que sostienen al motor ubicándolo de manera paralela a la superficie, consta de cuatro ruedas para su traslado las cuales solo dos son móviles en la parte delantera donde esta acoplada una barra de tiro para poder guiar el coche transportador.

### 6.6.2.- Estudio de alternativas.

Para éste estudio se tomara en cuenta las condiciones de diseño de cada montante y las técnicas del material a utilizar en cada uno, así poder observar las ventajas y desventajas de las alternativas en estudio.

#### Alternativa N° 1

**Tabla N°6.1:** Alternativa N° 1 Soporte Fijo del Motor.

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Consta de gran firmeza y fuerza para soportar el peso del motor JT8D.</li> <li>▪ Tiene 4 soportes en forma de corchete que permiten una excelente sujeción del motor.</li> <li>▪ No ocupa espacio y deja una amplia área de acceso a los componentes del motor.</li> <li>▪ Su peso es moderado, permite una fácil y rápida movilización del soporte.</li> <li>▪ Necesita menos material para su construcción.</li> <li>▪ El precio de construirlo es mucho más económico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No tiene movilidad al no poseer ruedas.</li> <li>▪ Todos los pedestales trabajan por si solos no están unidos físicamente.</li> </ul>

**Fuente:** Investigación de Campo.

**Elaboración:** Sr. Pedro Medina J.

## Alternativa N° 2.

**Tabla N° 6.2:** Alternativa N° 2 Coche Transportador.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ El motor acopla correctamente en los cuatro montantes verticales.</li><li>▪ Permite movilizar el motor al lugar donde sea requerido su traslado.</li><li>▪ Al poseer un solo cuerpo y estar unido en su totalidad tiene mejor firmeza y fuerza para soportar el peso del motor.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Ocupa mucho espacio cuando no se lo utiliza.</li><li>▪ Obstruye el acceso a componentes en la parte inferior del motor obstaculizando el trabajo a los técnicos.</li><li>▪ Necesita mucho material para realizar su construcción.</li><li>▪ El costo de construcción es elevado.</li></ul>

**Fuente:** Investigación de Campo.

**Elaboración:** Sr. Pedro Medina J.

### 6.6.3.- Parámetros de evaluación.

Para la evaluación de las alternativas propuestas se tendrá en cuenta las ventajas y desventajas planteadas anteriormente, y así poder determinar la propuesta de mayor puntaje y ergonómica para realizar su construcción. Los parámetros seleccionados para la evaluación se dividen en los siguientes factores:

#### **Factor Mecánico:**

- **Material.-** considera el material más apto para la construcción del soporte fijo o coche transportador del motor.
- **Operación.-** facilidad para manipular el soporte o coche, así se logra que cumpla con el trabajo para el que fue construido.

- **Construcción.-** representa el proceso, técnicas, parámetros y herramientas necesarias para elaborar la estructura y sus acabados.
- **Mantenimiento.-** son los procesos para alargar la vida útil del soporte o coche transportador del motor y manteniéndolo operable.

**Factor Económico:**

- **Costo de fabricación.-** está relacionado con el factor más importante porque busca la alternativa más factible para la construcción del soporte fijo o coche transportador del motor.

**Factor Complementario:**

- **Tamaño.-** se refiere al espacio que ocupa el soporte fijo o coche transportador dentro del lugar de trabajo.

**6.6.4.- Matriz de evaluación y decisión.**

La asignación de los valores  $x$  dependerá de la importancia del parámetro y su valor de ponderación estará entre 0 y 1.

**Tabla Nº 6.3:** Matriz de evaluación y decisión.

PARAMETRO DE EVALUACIÓN	F. POND X	ALTERNATIVAS			
		1	1xi	2	2xi
▪ Construcción.	0.7	0.6	0.42	0.4	0.28
▪ Operación.	0.8	0.5	0.40	0.6	0.48
▪ Material.	0.7	0.8	0.56	0.4	0.28
▪ Costo de fabricación.	0.6	0.5	0.30	0.6	0.36
▪ Costo mantenimiento	0.5	0.2	0.10	0.3	0.15
▪ Mantenimiento.	0.6	0.3	0.18	0.5	0.30
▪ Transporte.	0.7	0.2	0.14	0.4	0.28

▪ Tamaño.	0.5	0.5	0.25	0.5	0.25
▪ Forma	0.4	0.7	0.28	0.5	0.20
<b>TOTAL</b>			2.63		2.58

**Fuente:** Investigación de campo.

**Elaboración:** Sr. Pedro Medina J.

#### **6.6.5.- Selección de la mejor alternativa.**

Mediante el estudio y análisis técnico se realizó la evaluación de los distintos parámetros relacionados al momento de realizar la construcción del soporte fijo o coche transportador, se determina que la primera alternativa es la que tiene mayor factibilidad en lo que se refiere a su diseño, costo y técnica para desarrollar la construcción, siendo éste el Soporte Fijo del Motor con pedestales para el motor JT8D de los aviones Boeing 737-200.

#### **6.7.- Requerimientos Técnicos.**

Los requerimientos técnicos del Soporte Fijo del Motor son los siguientes:

- Soportar el peso del motor JT8D de los aviones Boeing 737-200.
- Dar seguridad al personal técnico al momento de ubicar el motor dentro del soporte.
- Tener una buena relación equipo – hombre, o sea una excelente ergonomía.

## 6.8.- Cálculos Básicos.

### 6.8.1.- Cálculos del soporte Fijo de Tres Puntos Reacciones.

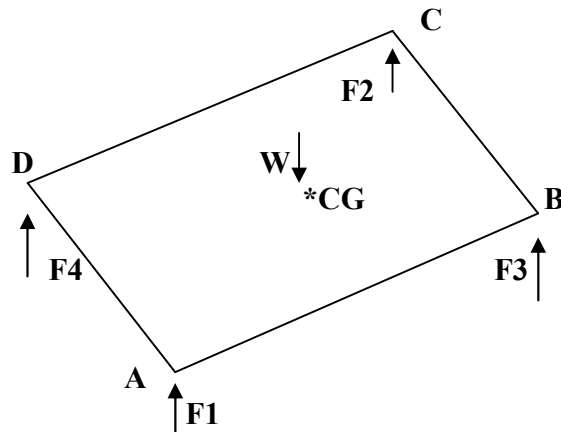


Figura N°6.3: Diagrama de cargas.

$$W_{\text{MOTOR}} = 5000 \text{ lb.}$$

$$W_c = W_{\text{MOTOR}} * 1.2$$

1.2 → factor de seguridad

$$W_c = 5000 \text{ lb} * 1.2$$

$$W_c = 6000 \text{ lb}$$

#### Puntos cardinales diagrama de cargas

$$A (0; 0; 0)$$

$$B (4; 0; 0)$$

$$C (4; 0; -1,5)$$

$$D (0; 0; -1,5)$$

$$CG (2; 0; -0,75)$$

### Sumatoria de Momentos en A.

$$\sum Fy = 0$$

$$1) F1 + F2 + F3 + F4 = W$$

$$\sum MA = 0$$

$$\overrightarrow{RBA} = -4\vec{i}$$

$$\overrightarrow{RDA} = -4\vec{i} + 1,5\vec{k}$$

$$\overrightarrow{RCA} = -52.83\vec{i} - 16.67\vec{k}$$

$$\overrightarrow{RGA} = -2\vec{i} + 0.75\vec{k}$$

$$\overrightarrow{RBA} * \overrightarrow{F2} + \overrightarrow{RDA} * \overrightarrow{F4} + \overrightarrow{RCA} * \overrightarrow{F3} + \overrightarrow{RGA} * \overrightarrow{W} = 0$$

$$-4\vec{i} * F2\vec{j} + (-4\vec{i} + 1,5\vec{k}) * F4\vec{j} + 1,5\vec{k} * F3\vec{j} - (2\vec{i} - 0,75\vec{k}) * W\vec{j} = 0$$

$$-4F2\vec{k} - 4F4\vec{k} - 1,5F4\vec{i} - 1,5F3\vec{i} - 2W\vec{k} - 0,75W\vec{i} = 0$$

$$(-4F2 - 4F4 - 2W) * \vec{k} - (1,5F4 + 1,5F3 + 0,75W) * \vec{i} = 0$$

$$-4F2 - 4F4 - 2W = 0$$

$$1,5F4 + 1,5F3 + 1,5\frac{W}{2} = 0$$

$$4(F2 + F4 + \frac{W}{2}) = 0$$

$$F4 + F3 = -\frac{W}{2}$$

$$F2 + F4 = -\frac{W}{2}$$

$$3) F4 + F3 = -3000lb.$$

$$2) F2 + F4 = -3000lb.$$

2) y 3)

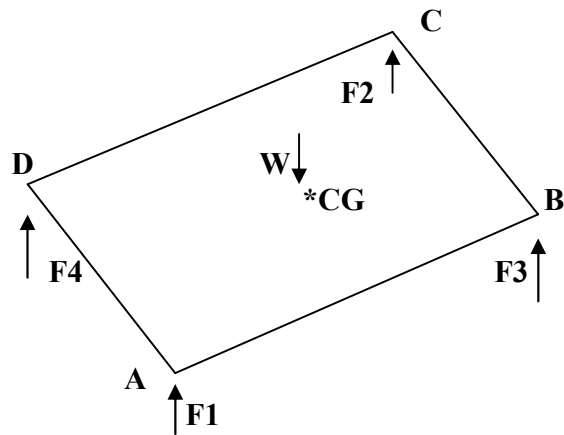
$$F2 + F4 = -3000$$

$$-F3 - F4 = 3000$$

$$F2 - F3 = 0$$

$$F2 = F3$$

### Sumatoria De Momentos en G.



**Figura N°6.3:** Diagrama de cargas.

$$W_{\text{MOTOR}} = 5000 \text{ lb.}$$

$$W_c = W_{\text{MOTOR}} * 1.2$$

1.2 → factor de seguridad

$$W_c = 5000 \text{ lb} * 1.2$$

$$W_c = 6000 \text{ lb}$$

Puntos cardinales diagrama de cargas

A(0;0;0)

B(4;0;0)

C(4;0;-1,5)

D(0;0;-1,5)

CG(2;0;-0,75)



$$\sum Fy = 0$$

$$F1 + F2 + F3 + F4 = W$$

$$\sum MA = 0$$

$$\overrightarrow{RGA} = -2\vec{i} + 0,75\vec{k}$$

$$\overrightarrow{RGB} = 2\vec{i} + 0,75\vec{k}$$

$$\overrightarrow{RGC} = 2\vec{i} - 0,75\vec{k}$$

$$\overrightarrow{RGD} = -2\vec{i} - 0,75\vec{k}$$

$$\overrightarrow{RGA} * \vec{F1} + \overrightarrow{RGB} * \vec{F2} + \overrightarrow{RGC} * \vec{F3} + \overrightarrow{RGD} * \vec{F4} = 0$$

$$(-2\vec{i} + 0,75\vec{k}) * F1\vec{j} + (-2\vec{i} + 0,75\vec{k}) * F2\vec{j} + (2\vec{i} - 0,75\vec{k}) * F3\vec{j} + (-2\vec{i} - 0,75\vec{k}) * F4\vec{j} = 0$$

$$-2F1\vec{k} - 0,75F1\vec{i} + 2F2\vec{k} - 0,75F2\vec{i} + 2F3\vec{k} - 0,75F3\vec{i} - 2F4\vec{k} - 2F4\vec{i} = 0$$

$$(-0,75F1 - 0,75F2 + 0,75F3 + 0,75F4) * \vec{i} + (-2F1 - 2F4 + 2F2 + 2F3) * \vec{k} = 0$$

$$-0,75F1 - 0,75F2 + 0,75F3 + 0,75F4 = 0 \quad -2F1 - 2F4 + 2F2 + 2F3 = 0$$

$$F1 + F2 = F3 + F4$$

$$5) F1 + F4 = F2 + F3$$

$$4) F1 - F4 = F3 - F2$$

$$4) \quad y \quad 5)$$

$$F1 - F4 = F3 - F2$$

$$F1 + F4 = F3 + F2$$

$$2F1 = 2F3$$

$$F1 = F3 \quad y \quad F2 = F4$$

$$\therefore F1 = F2 = F3 = F4$$

Reemplazando en 1)

$$4F = W$$

$$F = \frac{W}{4}$$

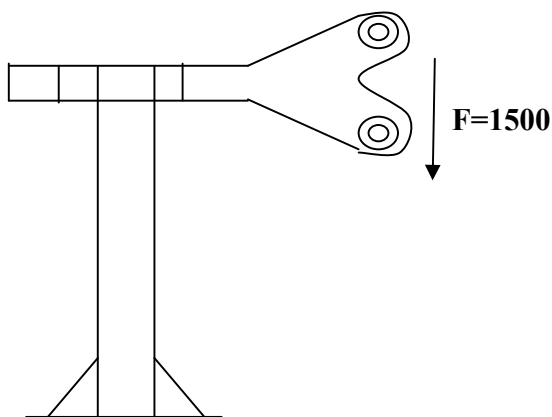
$$F = \frac{6000lb}{4}$$

$$F = 1500lb.$$

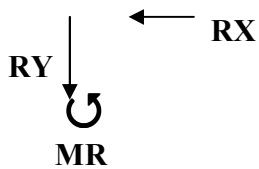
Teniendo una resultante de fuerza de 1500lb. En conclusión las reacciones en los puntos de apoyo son iguales.

Soporte Frontal

Se lo considera como empotrado.



- Tubería al carbono de espesor de 7,5mm Ø 75mm y Ø 81mm
- Tubería de alta presión
- Resistencia a la Tracción= 65kg/mm<sup>2</sup>
- Esfuerzo de cedencia = 40kg/mm<sup>2</sup>
- Elongación, A5= min 10%
- Reducción de área, Z= min 25%
- Resistencia al impacto, KU= aprox. 10 J
- Dureza = 220- 235 HB



$$\sum FY = 0$$

$$R = F$$

$$\sum Mo = 0$$

$$F * X = MR$$

$$X = 0$$

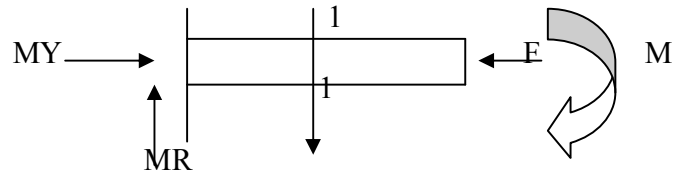
$$MR = 0$$

$$X = 0,3m = 11,81 \text{ pu lg.}$$

$$MR = 1500lb * 11,81 \text{ pu lg}$$

$$MR = 17.715lb * \text{pu lg.}$$

Girando el Eje.



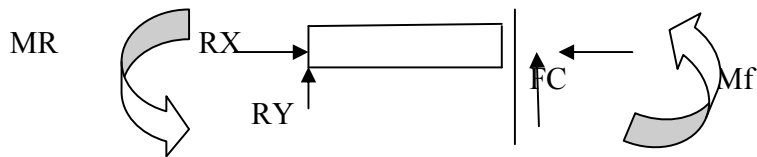
$$\sum F_x = 0$$

$$R_x = F$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_y = 0$$

Sección 1-1 ( $0 \leq x \leq 41,85$ )



$$\sum F_C = 0$$

$$R_Y = -F_C$$

$$F_C = 0$$

$$\sum F_N = 0$$

$$R_X = F_N$$

$$F_N = 1500 \text{ lb.}$$

$$\sum M_C = 0$$

$$M_f + M_R + R_Y \cdot X = 0$$

$$M_f = -M_R$$

$$M_f = -17715 \text{ lbf} \cdot \text{pulg.}$$

## Esfuerzos relacionados al Soporte.

$$\sigma_{cal} = \frac{Mf \max}{W}$$

Donde:

- $\sigma_{cal}$       *esfuerzo calculado*
- $Mf \max$     *momento flector máximo*
- $W$           *módulo resistente de la sección*

## Material

$$S = 9.190 \text{ mm}^3 \equiv 0.561 \text{ pulg}^3$$

$$Re=30\text{mm}$$

$$Ri=25\text{mm} \quad Rpro=27,5\text{mm}$$

$$I = \pi Rpro^3 * t$$

$$I = \pi * 27,5^3 * 5$$

$$I = 0,3266766 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W = \frac{326676,6 \text{ mm}^4}{30 \text{ mm}}$$

$$W = 10889,22 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{cal} = \frac{17715 \text{ lbf} * \text{ pulg} * 25,4^3 \text{ mm}^3}{10889,22 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_{cal} = 26659,1 \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}^2}$$

$\sigma_t = \text{esfuerzo teórico} \rightarrow \text{tensión}$

$$\sigma_t = 65 \text{ ksi} \text{ acero al carbon } 0,45\%$$

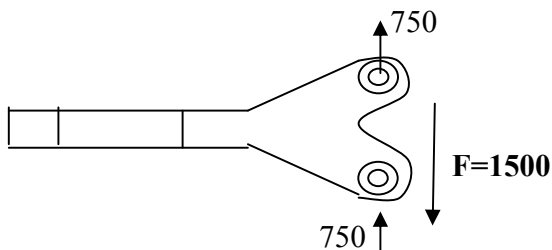
$$\sigma_t = 65.000 \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}^2}$$

$$\sigma_t > \sigma_C$$

$$(65.000 > 26.659,1) \text{ lbf} / \text{ pulg}^2$$

Se acepta el material.

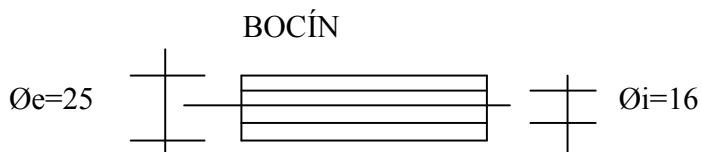
### Eje de Acople al motor.



La carga se distribuye equitativamente.

$v$ : esfuerzo en los pines

$$v = \frac{F}{A}$$



$$A = \pi(Re^2 - Ri^2)$$

$$A = \pi(12,5^2 - 8^2)$$

$$A = 289,812 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{cal} = \frac{750 \text{ lbf}}{289,812 \text{ mm}^2} * \frac{25,4^2 \text{ mm}^2}{\text{pu l}g^2}$$

$$\sigma_{cal} = 1669,6 \frac{\text{lbf}}{\text{pu l}g^2}$$

$\sigma_t =$  esfuerzo teórico  $\rightarrow$  tensión

$\sigma_t = 48 \text{ ksi}$  acero al carbon 0,2%

$$\sigma_t = 48.000 \frac{\text{lbf}}{\text{pu l}g^2}$$

$$\sigma_t > \sigma_C$$

$$(48.000 > 1669,6) \text{ lbf} / \text{pu l}g^2$$

Se acepta el material.

- Resistencia a la Tracción= 90 – 110 kg/mm<sup>2</sup>
- Esfuerzo de cedencia = 70kg/mm<sup>2</sup>
- Elongación, A5= min 12%
- Reducción de área, Z= min 45%
- Resistencia al impacto, KU= aprox. 20 J
- Dureza = 270- 330 HB
- Acero bonificado 705= AISI 4340

- Acero al carbono 760= AISI 1045.
- Resistencia a la tracción de 48ksi
- Esfuerzo de cedencia = 32 ksi
- Aleación de 0,43 – 0,50 % de carbono

### Esfuerzo cortante en el pin del soporte.

$$A = \pi(R_e^2 - R_i^2)$$

$$A = \pi(15^2 - 8^2)$$

$$A = 0,784 \text{ pulg}^2$$

$$\sigma_{cal} = \frac{1500 \text{ lbf}}{0,784 \text{ pulg}^2}$$

$$\sigma_{cal} = 1913,3 \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}^2}$$

$\sigma_t = \text{esfuerzo teórico} \rightarrow \text{tensión}$

$$\sigma_t = 48 \text{ ksi acero al carbon } 0,2\%$$

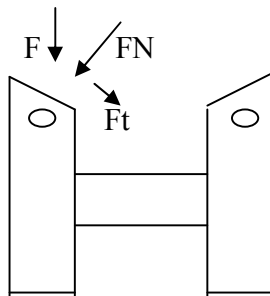
$$\sigma_t = 48.000 \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}^2}$$

$$\sigma_t > \sigma_c$$

$$(48.000 > 1913,3) \text{ lbf} / \text{ pulg}^2$$

Se acepta el material.

### Soporte Posterior En Forma de H.



ÁNGULO= 45

$$FN = Ft = F \cdot \cos 45$$

$$FN = Ft = 1500 \cdot \cos 45$$

$$FN = Ft = 1060,66 \text{ lbf.}$$

Los componentes de las fuerzas Ft y FN son iguales y opuestos por lo que se anulan, la barra de nervadura de unión no soporta carga.

- Tubería al carbono de espesor de 7,5mm Ø 60mm
- Tubería de alta presión
- Resistencia a la Tracción= 65kg/mm<sup>2</sup>
- Esfuerzo de cedencia = 40kg/mm<sup>2</sup>
- Elongación, A5= min 10%
- Reducción de área, Z= min 25%
- Resistencia al impacto, KU= aprox. 10 J
- Dureza = 220- 235 HB

## Esfuerzo Cortante en el Pin.



$$A = \pi * R^2$$

$$A = \pi * 8^2$$

$$A = 0,312 \text{ pu lg}^2$$

- Pin grado nueve aceros al carbono.
- Resistencia a la tracción de 48ksi
- Aleación de .40 % de carbono

$$\sigma_{cal} = \frac{1500 \text{ lbf}}{0,312 \text{ pu lg}^2}$$

$$\sigma_{cal} = 4813,14 \frac{\text{lbf}}{\text{pu lg}^2}$$

$\sigma_t = \text{esfuerzo teórico} \rightarrow \text{tensión}$

$\sigma_t = 48 \text{ ksi acero al carbon } 0,2\%$

$$\sigma_t = 48.000 \frac{\text{lbf}}{\text{pu lg}^2}$$

$\sigma_t > \sigma_C$

$$(48.000 > 4813,14) \text{ lbf} / \text{pu lg}^2$$

Se acepta el material.

## **6.9.- Construcción.**

En esta fase se toma en consideración todo el proceso de elaboración para la construcción del Soporte Fijo del motor, teniendo en cuenta la maquinaria y herramienta utilizada para dar fin al proceso. Para la construcción del Soporte fue necesario seccionar las etapas de construcción mejorando así en tiempo y recursos como se puntualiza a continuación:

### **6.9.1.- Etapas de construcción.**

- Elección del Material.
- Estructuras principales de los tres soportes o pedestales, ensamble conjunto de tubos.
- Bases Inferiores y bases superiores para los acoples.
- Bocín Central.
- Eje de acople del soporte al motor.
- Pasadores.
- Soporte delantero en la etapa de compresión del motor en forma de H.
- Ensamble de los acoples con el buje a los dos soportes laterales de la etapa de escape de turbina del motor.
- Pintado y acabado de los soportes.

### **Detalles de la construcción de las partes del Soporte Fijo de Tres Puntos.**

#### **Elección del material.**

El material fue elegido en tubería de célula 7,5 ya que sus paredes y sus lados en su parte inferior y superior con un espesor de 6 milímetros lo cual va a soportar más carga, la que sostendrá el Soporte al ubicar el motor JT8D dentro del mismo.

También se utilizaron planchas de ST37 con espesor de 16mm Para las bases de los soportes y los acoples, así mismo se utilizó un eje AISI 4340 = 705 acero bonificado para maquinaria. (Ver anexo de construcción No.2), y acero al carbono para maquinaria 760 = AISI 1045 para la realización de los pasadores.



### Ensamble Conjunto de Tubos.

Para la construcción de los dos soportes principales se utilizó tubería de célula 7,5, los mismos que sirven de guía principal y guía secundaria, el tubo exterior tiene una medida de 840mm de largo y 81mm $\varnothing$  diámetro, para esta medida se utilizó la técnica de refrentado (proceso del torneado de las dos caras de una superficie), posteriormente para el tubo interno cuyas medidas son 178mm de largo 75mm  $\varnothing$  diámetro, también se utilizó la técnica del refrentado.



Figura No. 6.4 Refrentado Tubo

Fuente: Pedro Medina J.

Para perforar el conjunto armado fue necesaria la unión de los tubos con puntos de solda provisionales para mantener una sujeción perfecta utilizando electrodo **E6011** a una distancia de 178mm tomando en cuenta una medida de 790mm desde la base inferior, se realizó una perforación de 16mm $\varnothing$  de diámetro siendo nivelados los tubos antes de la perforación.



Figura No. 6.5 Unión Tubos

Fuente: Pedro Medina J.



Figura No. 6.6 Nivelación Tubos

Fuente: Pedro Medina J.



**Figura No. 6.7 Perforación Tubos**

**Fuente: Pedro Medina J.**

### **Bases Inferiores del Soporte.**

Para realizar las Bases se utilizó una plancha ST37 de 12mm con una medida de 305mm x 305mm para obtener estas medidas se utilizó la mecanización del cepillado.



**Figura No. 6.8 Bases Inferiores cepilladas.**

**Fuente: Pedro Medina J.**

### **Refuerzos Triangulares Laterales.**

Los refuerzos laterales son también de plancha St37 de 12mm de espesor con medidas de  $a = 80$ ;  $b = 160$ , teniendo la forma de un triángulo rectángulo después de haber utilizado la técnica del cepillado.



**Figura No. 6.9 Refuerzos Triangulares Laterales.**

**Fuente: Pedro Medina J.**

### **Bases Superiores.**

Para la Base Superior se utilizó una plancha de ST37 de 130 x 130mm con un espesor de 16mm para darle su forma de cuadrado se utilizó el mecanizado del cepillado.

### **Ensamble partes.**

Después de haber realizado el proceso de construcción del conjunto de soporte se procedió a ensamblar todas sus partes, la tubería central de soporte se la ubicó en el centro de la plancha de base inferior de 305 x 305mm con electrodo **E7018**, los refuerzos laterales fueron posesionados en la base inferior y contra el tubo y soldados con electrodo **E7018**;



**Figura No. 6.10 Unión Tubo Central Base Inferior.**

**Fuente: Pedro Medina J.**



**Figura No. 6.11 Refuerzos Laterales Unión.**

**Fuente: Pedro Medina J.**

Posteriormente al trabajo de suelda se tuvo que enderezar la base inferior ya que el calentamiento producido por la suelda produjo el pandeo de la base inferior, después de enderezado se realizó la comprobación con escuadra para que quede totalmente recta.

### **Bocín Central.**

Este sirve para ubicar el eje de acople principal de soporte al motor el mismo que soportará las cargas del peso del motor por ser un peso de 5000 libras aproximadamente se lo construyó en un largo de 130mm por 90mm de ancho y un orificio central de 64,2mm, el bocín fue soldado a la base superior del conjunto de soporte con electrodo **E7018**.



**Figura No. 6.12 Bocín Central.**

**Fuente: Pedro Medina J.**

### **Eje de Acople del Soporte al Motor.**

Para él trabajo realizado en el eje se utilizó un eje 705 = AISI 4340, con medidas: 405mm de largo con un diámetro de 64mm, su principal característica es que una de sus caras fue sometida a la técnica de fresado a través de un Torno para poder encajar la plancha de 12mm que sirve de apoyo y acople al motor, el fresado es de 12 x 71mm de largo que entra la plancha en el eje, y para posesionar y unir las dos piezas se utilizó electrodo E7018.





**Figura No. 6.13 Refrentado caras del Eje.**

**Fuente: Pedro Medina J.**



**Figura No. 6.14 Fresado del Eje.**

**Fuente: Pedro Medina J.**

### **Plancha del Eje de Acople.**

Para la plancha de acople al eje se utilizó un ST37 de 12mm, teniendo un largo de 250mm x 280mm en su parte central es de forma semicircular coincidiendo con la forma circular del motor en sus puntos de acople, luego de realizar la elaboración se realizaron perforaciones en las esquinas donde va a ir sujeto el soporte al motor tomando en cuenta que los orificios de acople deben quedar a una distancia de 230mm, para darle mayor fuerza a la plancha y sus extremos de acople se construyeron cuatro bocines, dos bocines de 85mm de largo y 32mm de ancho con una perforación de 16mm de diámetro en el centro, y 2 bocines de 58mm de largo y 32mm de ancho con una perforación de 18mm de diámetro en el centro, los bocines

fueron soldados en las esquinas de la plancha a una distancia igual a cada lado la soldadura final se la realizó con electrodo **E7018**.



**Figura No. 6.15 Eje de Acople Montantes.**

**Fuente: Pedro Medina J.**

### **Soporte en Forma de H.**

Para el Soporte se utilizó tubería redonda de 60mm con una célula de 6mm las medidas son 815mm de largo (alto del soporte), por un ancho de 407mm, desde la base inferior aun altura de 600mm se colocó un tubo de 287mm de largo x 60mm de ancho en sus esquinas con un corte en forma de boca de sapo para que encaje en la mitad del soporte en los extremos laterales internos de los dos tubos, para que soporte toda la estructura de forma se la ubicó en una plancha de 12mm de espesor por 610mm de largo y 205mm de ancho, las sueldas generales para la unión de los tubos y la plancha se la hizo con electrodo E7018, recalcando que en la parte superior del soporte en cada lado se realizaron perforaciones de 16mm los mismos que sirven de puntos de unión al motor y soporte de su peso.

Para este proceso de trabajo en el soporte de forma H también se realizó la técnica de refrentado de los tubos y el cepillado de la base inferior se lo hizo en dos procesos debido a su largo se lo tubo que girar para realizar todo el largo de la plancha.



**Figura No. 6.16 Soporte Posterior H.**

**Fuente: Pedro Medina J.**

### **Pintado y acabado de los Soportes.**

Para el proceso de pintado y acabado de los soportes se utilizó pintura primer con prevención para la corrosión la misma que sirve para proteger todas las partes de las estructuras de los soportes, se dejó secar durante noventa minutos, para luego lijar la tubería para quitar el exceso de pintura y por último se procede a pintar los soportes con pintura anticorrosiva para su acabado.



**Figura No. 6.17 Soporte Terminado.**

**Fuente: Pedro Medina J.**

### 6.9.2.- Equipos, Maquinas y Herramientas.

Para la construcción de los soportes fue necesaria la utilización de determinados equipos, maquinas y herramientas como mencionamos a continuación:

**Tabla N° 6.4:** Características de equipos, maquinas y herramientas.

Máquina Herramienta	Características	Código	
		Máquina	Herra.
Suelda eléctrica. ESMAU.	110 V, 220 V.	1-M	
Suelda autógena.	Oxi corte.	2-M	
Taladro de Pedestal.	115 W, 1725 rpm	3-M	
Torno.		4-M	
Cortadora eléctrica de Disco.	110V, 220V.	5-M	
Cortadora Eléctrica de Sierra.	110 V.	6-M	
Limadora.	110V.	7-M	
Fresadora		8-M	
Corta tubos.			1-E
Calibrador	mm—pulgadas		2-E
Flexómetro			3-E

**Fuente:** Investigación de Campo.



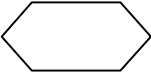
**Elaborado por:** Sr. Pedro Medina J.



### 6.10.3.- Diagramas de Procesos de construcción.

Para los diagramas de procesos se utilizó la siguiente simbología para manifestar el proceso de construcción de los soportes fijos del Motor.

**Tabla No. 6.5:** Simbología de los Procesos.

Referencia.	Figura.
Operación	
Inspección	
Ensamble	

**Fuente:** Investigación de Campo.

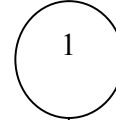
**Elaborado:** Sr. Pedro Medina J.

**Diagramas de Procesos.**

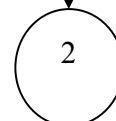
**Ensamble Conjunto de Tubos.**

**Material:** Tubería Redonda de célula 7,5

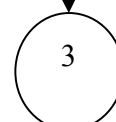
Medición material



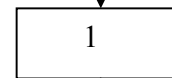
Corte del Material



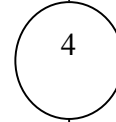
Refrentado Tubos



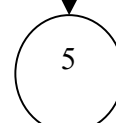
Verificar medidas



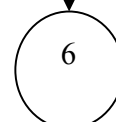
Punteado suelda



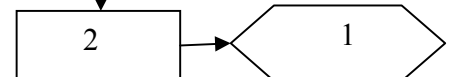
Nivelado horizontalmente



Perforación Conjunto de Tubos

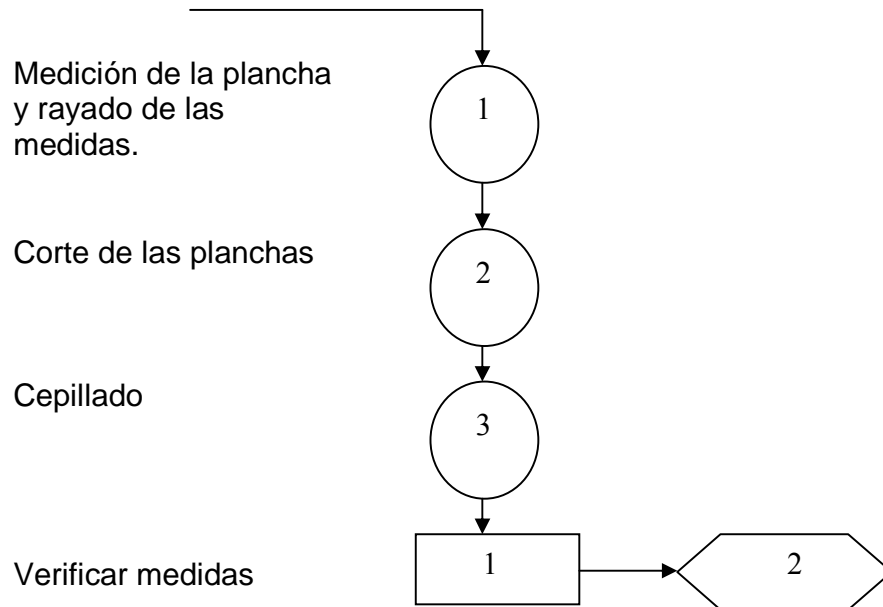


Verificar medidas



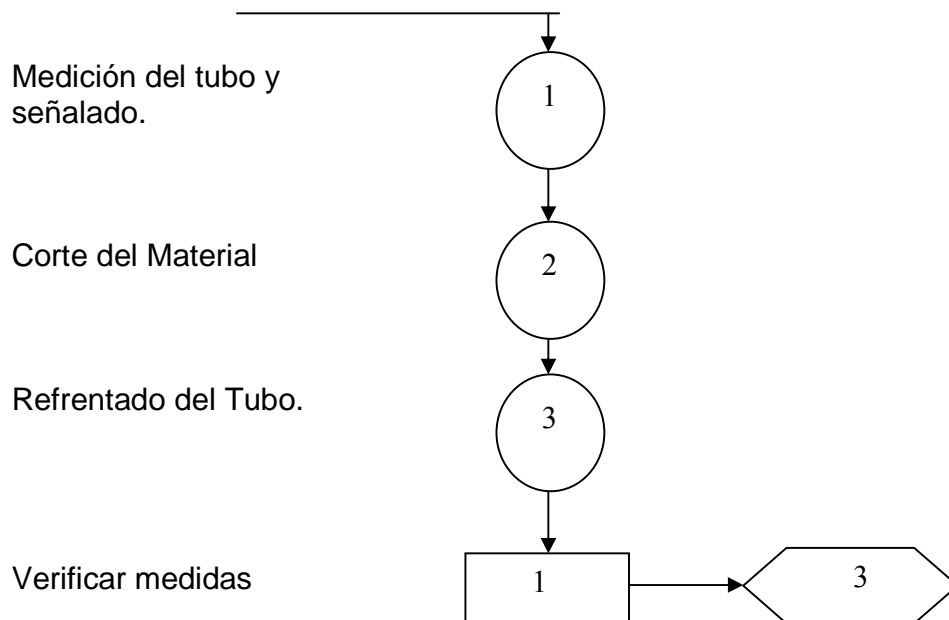
### Bases Inferiores, Superiores, Refuerzos del Soporte.

**Material:** Plancha ST37 12mm espesor.



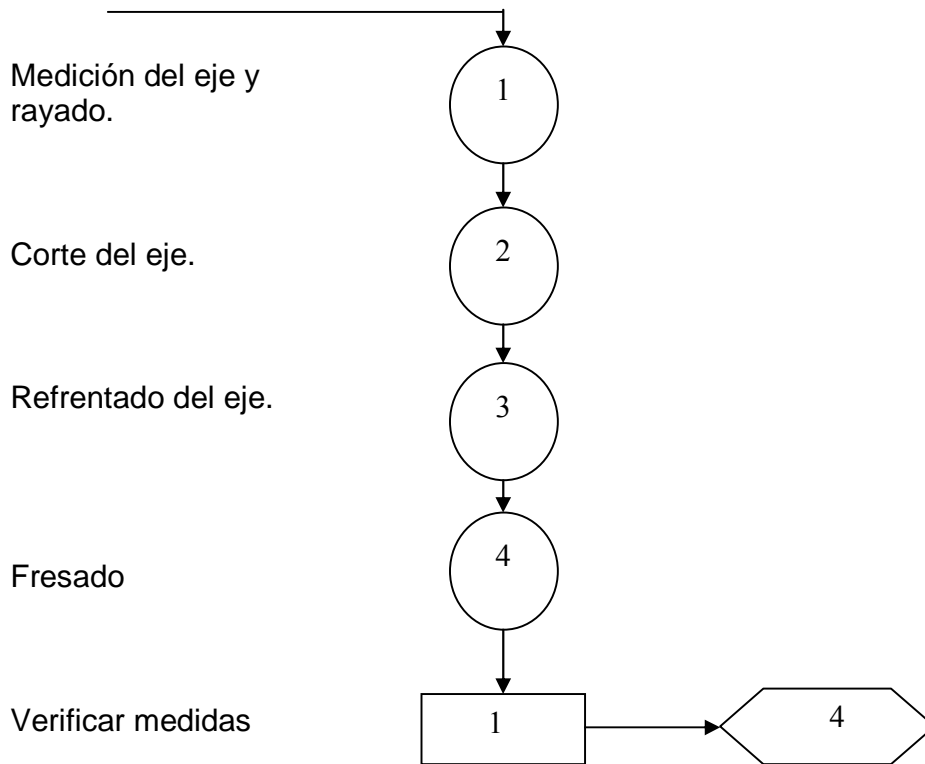
### Bocín Central

**Material:** Tubo redondo de 26mm.



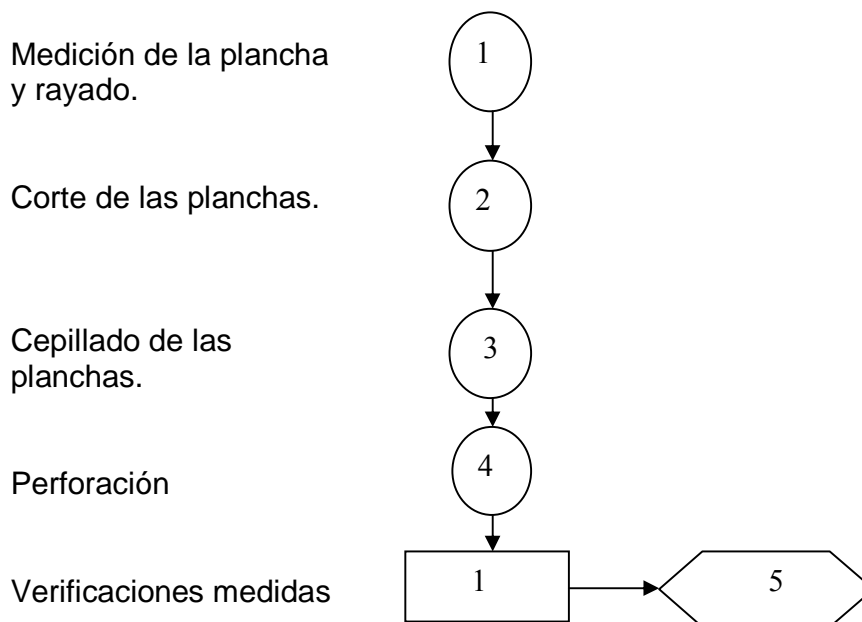
### Eje de Acople del Soporte al Motor

Material: eje 705= AISI 4340.

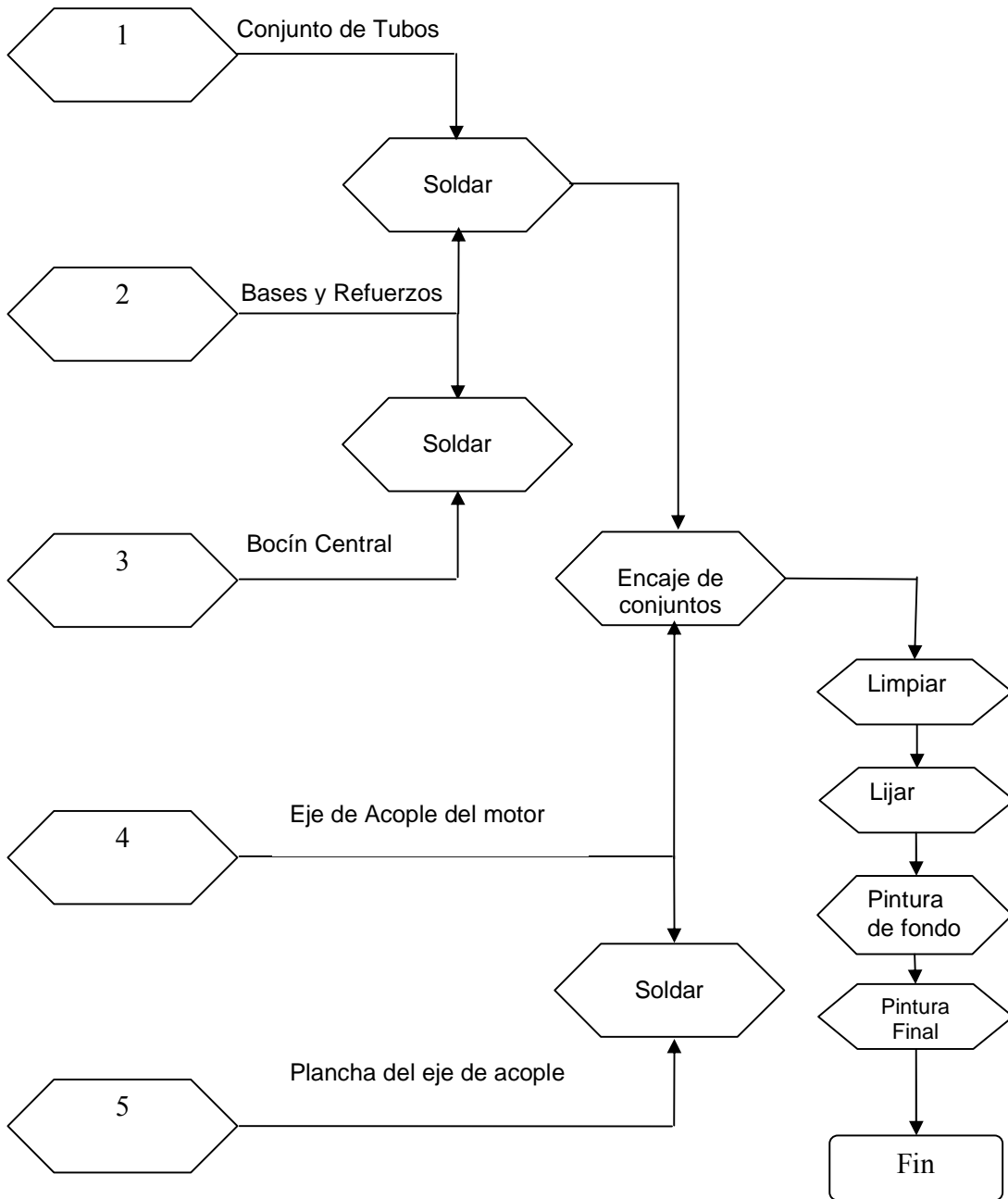


### Plancha del Eje de Acople.

Material: plancha ST37 de 12mm espesor.

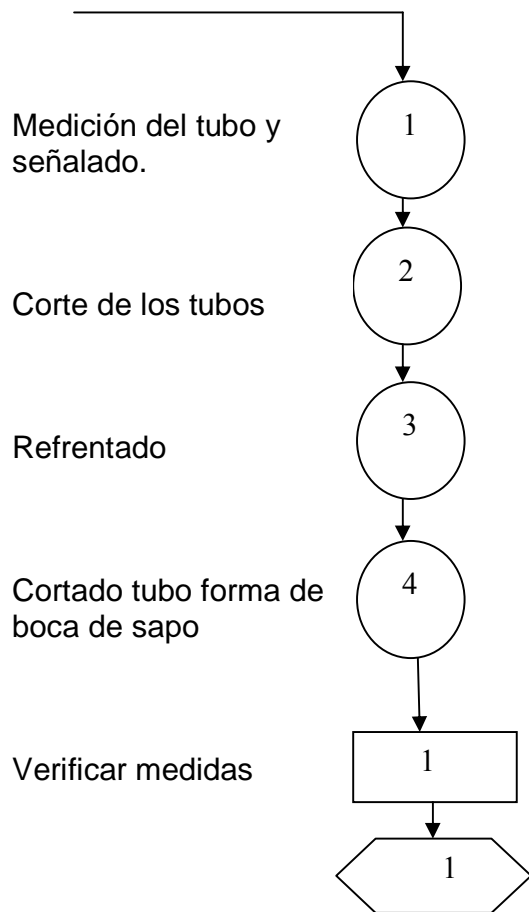


## Diagrama de Ensamble



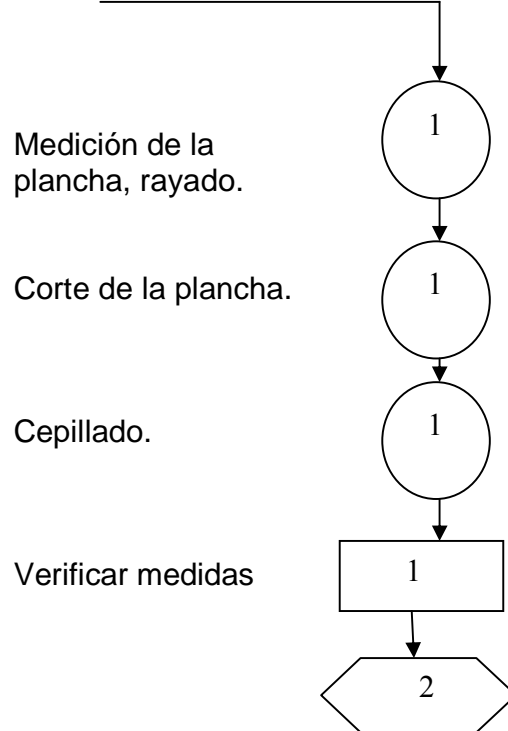
**Soporte en Forma de H.**

**Material:** Tubería Redonda espesor de 6mm.

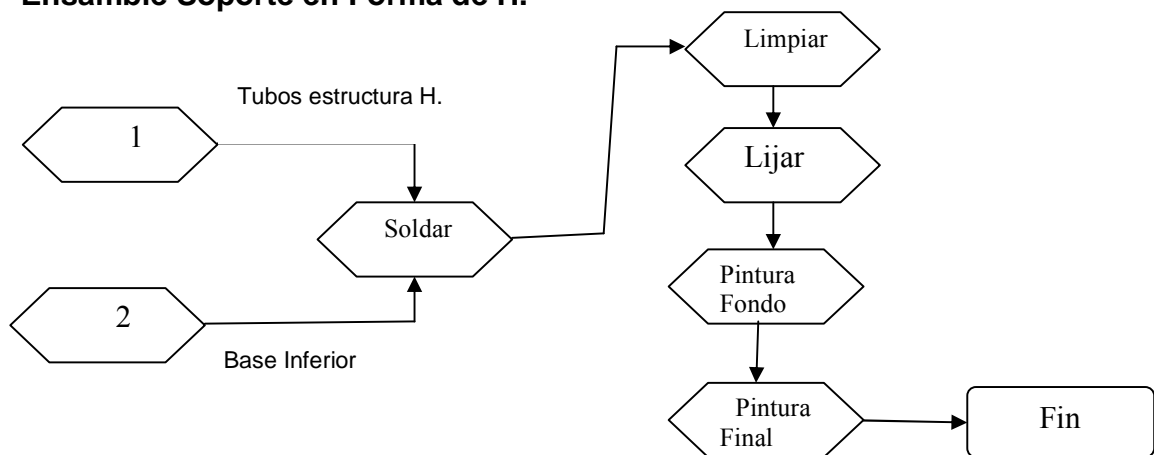


**Base Inferior Soporte H.**

**Material:** Plancha ST37 12mm.



**Ensamble Soporte en Forma de H.**



#### 6.10.4.- Tabla de Procesos.

**Tabla No. 6.6:** Procesos, tiempo utilizado.

Nº	Proceso	Código y Tiempo				Observaciones
		M	t	H	t	
1	Medir y señalar el Material.			2-E 3-E	1h 1h	Realizado con el calibrador y un flexómetro.
2	Corte Tubería			1-E	3h	Cortado con un corta tubos.
3	Corte de las Planchas	2-M	2h			Se utilizó suelda autógena – oxi corte.
4	Corte de ejes y bocines	5-M 6-M	1h 1h			Se utilizo Cortadora eléctrica de sierra (ejes) y de disco (bocines).
5	Refrentado	4-M	4h			Realizado en el torno para igualar las caras de los tubos, ejes, bocines.
6	Punteado con arco de suelda	1-M	1h			Se ocupó electrodo E6011
7	Soldado de las partes	1-M	5h			Se ocupó electrodo E7018
8	Cilindrado	4-M	1h			Ajuste de bocín para el eje
9	Cepillado	7-M	2h			Ajuste medidas de las planchas.
10	Fresado	8-M	1h			Fresado del eje de acople para la plancha.
11	Verificación de medidas de los soportes.					Inspección realizada al finalizar cada trabajo

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado:** Sr. Pedro Medina J.

### 6.10.5.- Pruebas de funcionamiento.

Después que se finalizó el proceso de construcción del Soporte Fijo de motor se realizaron las pruebas de funcionamiento colocando el motor sobre el Soporte construido, en las pruebas se observó que todos los acoples y bocines encajaron correctamente en los puntos de sujeción de la estructura del motor cumpliendo así todas sus funciones.

**Tabla N° 6.7:** Prueba con carga.

<b>Soporte Fijo de Tres Puntos del motor JT8D.</b>		
<b>Fases de Pruebas</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Desempeña Su Trabajo.</b>	<b>Colocación Óptimo</b>
Acoples al Motor delanteros y traseros.	SI	SI
Eje del Soporte y Bocín.	SI	SI
Soporte En Forma de H.	SI	SI
Bases inferiores de apoyo a la superficie.	SI	SI
Conjunto de tubos.	SI	SI

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado:** Sr. Pedro Medina J.





**Figura No. 6.18 Prueba de Funcionamiento.**

**Fuente: Pedro Medina J.**



**Figura No. 6.19 Ensamble Perfecto.**

**Fuente: Pedro Medina J.**

### **6.11.- Manuales y Hojas de Registro.**

Para una buena operación y mantenimiento del Soporte fijo de motor se vio la necesidad de elaborar manuales que facilitarán el uso y la mantención operable de dicho Soporte aumentándole su vida útil.

#### **Manual de Mantenimiento.**

El Manual de Mantenimiento funciona de ayuda al personal técnico de mantenimiento describiendo los trabajos que se deben realizar cada cierta etapa de uso o tiempo para preservar la vida útil del equipo.

#### **Manual de Operación.**

El Manual de Operación posee información la cual puntualiza de manera ordenada los pasos que tienen que seguir para el uso apropiado del Soporte Fijo de Motor de una manera eficaz y eficiente teniendo en cuenta la conservación de los recursos materiales y humanos de la Empresa.

#### **Hoja de Registro.**

Sirve para documentar la operación y trabajos de mantenimiento que se han realizado el equipo de apoyo en tierra o soporte como: daños, mejoras, cambios de partes, modificaciones, mantenimiento, etc., de esta manera en la hoja de registro constarían datos: operaciones que se realizo con el equipo, fecha en que se realizó el trabajo, personal técnico que utilizó, materiales utilizados, observaciones, etc.

Manuales del Soporte Fijo del Motor previo a su elaboración se los codificó.

**Tabla No. 6.8:** Manuales y códigos.

<b>Manuales</b>	<b>Codificación</b>
Manual de Operación	EAT – SF – MJT8D – MO.
Manual de Mantenimiento	EAT – SF – MJT8D – MM.
Hoja de Registro	EAT – SF – MJT8D – HR.

### 6.11.1.- Manual de Operación.

<b>D I A F / C E M A</b>	<b>MANUAL DE OPERACIÓN</b>		<b>Pág.:</b>
	<b>Operación del Soporte Fijo de Motor JT8D de los aviones Boeing 737-200.</b>		<b>Código:</b> EAT-SF-MJT8D- MO.
			<b>Revisión No. 1</b>
	<b>Aprobado por:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>

**1.- Objetivo:**  
Tener procedimientos de operación del Soporte Fijo de Tres Puntos para el Motor JT8D de los aviones Boeing 737-200, en la DIAF/CEMA.

**2.- Código del Equipo:**  
SF – EAT – PMJ – 001.

**3.- Ubicación del Equipo:**  
En la Empresa DIAF/CEMA.

**4.- Características Técnicas del Soporte:**  
Construido de acero al carbono y bonificado para maquinaria.

**5.- Técnicas de Operación:**

5.1.- Examinar visualmente que el Soporte fijo de motor se encuentre en condición operable.

5.2.- Verificar que los pasadores del soporte se encuentren operables, sin muestras de rajaduras, oxidación, deformación, etc.

5.3.- Colocar el Soporte Fijo en la posición correcta abajo del motor mientras éste está siendo izado por el teclé o pluma equipos de apoyo en tierra.

5.4.- Mientras el Motor sigue el descenso ubicar los puntos de acople perpendicular a los montantes al motor, así una vez que todos los puntos encajen se deben colocar los pasadores y asegurarse que el motor este correctamente ubicado dentro de los 6 montantes con sus respectivos 6 pines.

**Departamento de Ingeniería DIAF/CEMA.**

### 6.11.2.- Manual de Mantenimiento.

<b>D I A F / C E M A</b>	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>		<b>Pág.:</b>
	<b>Mantenimiento del Soporte Fijo de Motor JT8D de los aviones Boeing 737-200.</b>		<b>Código:</b> EAT-SF-MJT8D- MM
			<b>Revisión No. 1</b>
	<b>Elaborado: Sr. Pedro Medina J.</b>		
<b>Aprobado por:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>	
<p><b>1.- Objetivo:</b></p> <p>Tener los procedimientos de mantenimiento del Soporte Fijo de Motor JT8D de los aviones Boeing 737-200, en la DIAF/CEMA.</p> <p><b>2.- Importancia:</b></p> <p>Mantener operativo el Soporte Fijo de Motor JT8D de los aviones Boeing 737-200, a través de un correcto mantenimiento del mismo.</p> <p><b>3.- Procedimiento:</b></p> <p>Se vio la necesidad de elaborar un determinado número de procesos de mantenimiento el cual va a llevarse acabo por el personal técnico que lo utilice.</p> <p><b>3.1.- Mantenimiento cada 30 días.</b></p> <p>Realizar una inspección visual en las uniones por soldadura y en toda la estructura en general del Soporte Fijo, en específico revisar los puntos de acople al motor revisando que no exista deformaciones, fisuras, presencia de corrosión, mantener limpias las aéreas del soporte y si es posible pintarlas.</p> <p><b>3.2 Mantenimiento cada 6 meses.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Revisar que los pasadores se encuentren operables es decir: no deformados, rajados ni corroídos, y correctamente colocados.</li> <li>▪ Revisar los bocines de acople con los ejes y los de acople al motor aceitando los mismos para evitar que se remuerdan.</li> </ul>			

**3.3.- Mantenimiento cada 12 meses / 1 año.**

- Inspeccionar detenidamente las líneas de soldadura de todo el soporte fijo teniendo mayor importancia en el eje de acople al motor que se encuentre en buen estado para su correcto trabajo de carga.
- Revisar condiciones del soporte: pintarlo si es necesario para evitar corrosión en sus superficies, utilizando pintura anticorrosiva.

**Departamento de Ingeniería DIAF/CEMA.**

**6.11.3.- Hojas de registro.**

<b>DIAF CEMA</b>	<b>Registro</b>	<b>Código:</b> EAT – SF – MJT8D – HR.
	<b>Mantenimiento</b>	<b>Registro No.</b>

Nº	Tiempo de trabajo		Trabajo Realizado	Repuestos o Material Utilizado	Responsable del Trabajo	Observaciones
	inicio	final				

.....  
**Responsable**

<b><i>DIAF CEMA</i></b>	<b>Registro</b>	<b>Código:</b> EAT – SF – MJT8D – HR.
	<b>Vida Útil del Soporte</b>	<b>Registro No.</b>

Nº	Fecha	Deterioro Producido	Causa del Deterioro	Acción Correctiva	observaciones

.....  
**Responsable**

**6.12.- Presupuesto.**

Una vez concluido la construcción del Soporte Fijo de Motor JT8D de los aviones Boeing 737-200 y el desarrollo final de todo el proyecto se tomó en cuenta los gastos realizados para la elaboración de los mismos detallando a continuación:

**6.12.1.- Costo Primario:**

**Tabla No. 6.9 Materiales Para la construcción.**

No.	Material para la elaboración del Soporte	metros	V/u de C/m	Subtotal
1	Tubería Redonda de célula de 7,5mm, ø81mm.	2m.	\$110	\$220
2	Tubería Redonda de célula de 6mm, ø75mm.	1m	\$100	\$100
3	Plancha de acero 1,5m.x 1m. de 12mm de espesor.	1,5m <sup>2</sup>	\$80	\$120
4	Tubería Redonda de ø60mm. y célula de e. 5mm.	3m	\$80	\$240
5	Eje AISI 4340=705.	1m	\$180	\$180
6	Acero 760=AISI 1045, ø16mm.	0.50m	\$50	\$25
7	Electrodos E6011-1kg, E7018-3kg.		\$10	\$40
			<b>TOTAL</b>	<b>\$925</b>

**Fuente:** Investigación de Campo.

**Elaboración:** Sr. Pedro C. Medina J.

**Tabla No. 6.10: Mano de obra**

Mano de Obra	Maqui/Herra.	Tiempo hrs.	Costo C/h.	Subtotal.
	<b>Soldadora Esmau.</b>	8	\$12	\$96
	<b>Soldadora Autógena.</b>	3	\$12	\$36
	<b>Torno</b>	6	\$15	\$90
	<b>Fresadora</b>	2	\$20	\$40
	<b>Cortadora Eléctrica</b>	16	\$4	\$64
			<b>TOTAL</b>	<b>\$326</b>

**Fuente:** Investigación de Campo.

**Elaboración:** Sr. Pedro C. Medina J

### 6.12.2.- Costo Secundario:

**Tabla No. 6.11: Varios.**

<b>No.</b>	<b>Material / Varios.</b>	<b>Valor.</b>
1	Pago aranceles Derecho de Grado	\$360
2	Impresiones e internet	\$50
3	Anillados	\$20
4	Copias	\$10
5	Empastados	\$36
6	Transporte	\$170
7	Varios 3%	\$19,38
<b>TOTAL</b>		<b>\$665,38</b>

**Fuente:** Investigación de campo.

**Elaboración:** Sr. Pedro C. Medina J.

### **Costo Total = Costo Primario + Costo Secundario**

**Tabla No. 6.12: Costo Total.**

<b>Costos Primarios</b>	Materiales para la Construcción.	\$925
	Mano de Obra.	\$326
<b>Costos Secundarios</b>	Varios.	\$665,38
<b>Total</b>		<b>\$1916,38</b>

**Fuente:** Investigación de campo.

**Elaboración:** Sr. Pedro C. Medina J.

El presupuesto asciende a un mil novecientos dieciséis dólares americanos con treinta y ocho centavos., (**\$1916,38**).



## **CAPÍTULO VII**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **7.1.- Conclusiones:**

- Por medio del estudio técnico a través de los Manuales del Fabricante se pudo analizar los trabajos que se hacen con los motores JT8D de los aviones Boeing 737-200 permitiendo exponer las alternativas de equipos de apoyo en tierra para el mantenimiento, inspección y almacenamiento de los mismos, y así poder seleccionar la mejor alternativa para optimizar los procesos.
- Fue necesaria para la construcción del Soporte Fijo de Tres Puntos para el Motor JT8D de los aviones Boeing 737-200 el estudio de las características técnicas del conjunto motor como: dimensiones de los puntos de acople al soporte, peso del motor sin accesorios, forma geométrica del motor, soportes utilizados y recomendados por el fabricante, gracias a este estudio se tuvo éxito en la elaboración del soporte y en su funcionamiento.
- Se tuvo como principal característica que el tema realizado mejorara los recursos y equipos de apoyo en tierra de la empresa DIAF/CEMA, facilitando la disponibilidad de estos para los trabajos a realizar en los motores y con ello se facilitó manuales de: mantenimiento, operación y hojas de registro para realizar un correcto manejo del equipo de apoyo en tierra o soporte fijo de tres puntos para el motor construido.

#### **7.2.- Recomendaciones:**

- Se debe tomar muy en cuenta las herramientas y equipos recomendados por el fabricante de los componentes en lo que se refiere a sus distintos trabajos de inspección y mantenimiento para tomar la mejor decisión al momento de construir un equipo de apoyo en tierra.
- Es necesario que el personal técnico de la DIAF/CEMA se familiarice con el soporte construido y su función, por ello se recomienda manejar el equipo de apoyo en tierra o Soporte Fijo utilizando los Manuales de Mantenimiento y Operación.

- Para la colocación del motor dentro de los puntos del Soporte se debe tomar en cuenta y tener precaución con la correcta ubicación de los puntos de acople y tener listos los pasadores de unión a la estructura del motor.
- Se recomienda que se debe realizar un estudio mas afondo del presupuesto en lo que se refiere a la construcción del equipo debido a que si este varía puede causar una demora al momento de realizar éste por el factor económico.

## GLOSARIO

### Definiciones.

**Aeronavegabilidad:** Aptitud técnica y legal que deberá tener una aeronave para volar en condiciones de operación segura, de tal manera que:

- Cumpla con su certificado Tipo.
- Que exista la seguridad o integridad física, incluyendo sus partes, componentes y subsistemas, su capacidad de ejecución y sus características de empleo.
- Que la aeronave lleve una operación afectiva en cuanto al uso (corrosión, rotura, pérdida de fluidos, etc.), hasta su próximo mantenimiento.

**Electrodo:** Extremo de un conductor en contacto con un medio, al que lleva o del que recibe una corriente eléctrica.

**Ergonomía:** Ciencia que trata de la integración del hombre con las máquinas, en especial con el entorno de trabajo, para evitar fatiga en la realización de tareas.

**Estándar:** Tipo, modelo, patrón, nivel.

**Fiabilidad:** Probabilidad de buen funcionamiento de una cosa.

**Fundición.-** Acción y efecto de fundir o fundirse.

**Fuselaje.-** Cuerpo del avión donde van los pasajeros y las mercancías.

**Herramienta:** Cualquier instrumento o accesorio de uso manual o mecánico empleado en ingeniería, manufactura, albañilería, carpintería para facilitar la operación de reparación o construcción de algún componente o elemento.

**Manual.-** Libro en que se compendia lo más sustancial de una materia.

**Montaje.-** Acción y efecto de **montar** (ll armar las piezas de un aparato o máquina).

**Parámetro:** dato o factor que se toma como necesario para analizar o valorar una situación. Es difícil entender esta situación basándonos en los parámetros habituales. Variable que, en una familia de elementos, sirve para identificar cada uno de ellos mediante su valor numérico.

**Pascal:** Unidad de presión del Sistema Internacional, equivalente a la presión uniforme que ejerce la fuerza de un *newton* sobre la superficie plana de un metro cuadrado. (Símb. *Pa*).

**Proceso:** Conjunto de las fases sucesivas de un fenómeno natural o de una operación artificial.

**Sección:** Cada una de las partes en que se divide o considera dividido un objeto, un conjunto de objetos, una empresa, una organización, etc.

**Soldadura:** Material que sirve y está preparado para soldar.

**Técnico:** Perteneciente o relativo a las aplicaciones de las ciencias y las artes.

**Turbina:** Máquina destinada a transformar en movimiento giratorio de una rueda de paletas la fuerza viva o la presión de un fluido.

### **Siglas.**

**ASTM:** Sociedad Americana de Pruebas de Materiales.

**AISI:** Instituto Americano del Hierro y del Acero.

**DGAC:** Dirección General de Aviación Civil.

**MGM.-** Manual general de mantenimiento.

**RDAC.-** Regulaciones Dirección de Aviación civil

**DAG.-** Dirección general de aviación civil

**CEMA:** Centro de Mantenimiento Aeronáutico.

**DIAF:** Dirección de Industria Aeronáutica FAE.

**ITEL:** Manual de herramientas.

**MM:** Manual de Mantenimiento.

**OHM:** Manual de Overhaul.

**SAE:** Sociedad Norteamericana de Ingenieros Automotores.

## **Bibliografía.**

### **Libros:**

- HERNANDEZ SAMPIERI ROBERTO, FERNANDEZ CALLADO CARLOS Y BAPTISTA LUCIO PILAR, “Metodología de la Investigación”
- Academia Interamericana de la Fuerzas Aéreas “Diccionario de inglés Técnico Aeronáutico”
- RDAG. Regulaciones Aeronáuticas del Ecuador.
- Materiales de Ingeniería IBCA – IVAN BOHMAN C.A.
- MARKS MANUAL DEL INGENIERO MECÁNICO Novena edición Inglés, Tercera edición Español.

### **Manuales:**

- MGM Manual General de Mantenimiento para los aviones Boeing 737 – 200.
- MM Manual de Mantenimiento Boeing 737-200.
- Engine Manual JT8D. rev. Apr.15/06.
- Microsoft ® Encarta ® 2008. © 1993-2007 Microsoft Corporation.

### **Internet:**

- [www.google.com](http://www.google.com), [www.diaf-ecua.com](http://www.diaf-ecua.com), e internet en general.
- [www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080020/Lecciones/Capitulo%203/ACERO%20ESTRUCTURAL](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080020/Lecciones/Capitulo%203/ACERO%20ESTRUCTURAL).
- [www.es.wikipedia.org/w/index.php?title=Boeing\\_737.com](http://www.es.wikipedia.org/w/index.php?title=Boeing_737.com)

# **ANEXOS**

**ANEXOS A  
INVESTIGACIÓN.**

## **Anexo No. 4.1**

### **FICHA TÉCNICA DE OBSERVACIÓN.**

**Carrera: Mecánica Aeronáutica – Mención Motores**

**Observación al Personal Técnico de Mantenimiento de la DIAF/CEMA:**

**Lugar** : Centro de Mantenimiento Hangar de la DIAF.

**Observador** : Sr. Pedro C. Medina J.

**Equipo** : Cámara fotográfica, Libreta de apuntes.

**Objetivo.**

- Conocer las operaciones de inspección, mantenimiento y almacenamiento de los motores JT8D de los aviones Boeing 737-200 y los equipos de apoyo en tierra utilizados para la realización de estos trabajos.

**Observaciones a ser tomadas para el trabajo:**

- Trabaja el personal técnico de mantenimiento de la DIAF siguiendo las ordenas técnicas expuestas en los Manuales,
- Cumple la sección de mantenimiento con las Regulaciones Aeronáuticas de la DGAC,
- Se utilizan equipos de apoyo en tierra adecuados establecidos en el manual de mantenimiento de la Boeing,
- Disponen los técnicos de mantenimiento con la disponibilidad de herramientas necesarias para realizar los trabajos de inspección, mantenimiento y almacenamiento en los motores JT8D de los aviones Boeing 737-200.



Anexo No. 4.2

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**  
**CARRERA MECÁNICA MOTORES**



Encuesta para inspectores y técnicos en mantenimiento de la DIAF especialidad motores

Nombre del Encuestado: .....

Cargo que Desempeña: .....

**Objetivo:** Investigar el criterio de los técnicos sobre la importancia de la implementación de un soporte de tres puntos como equipo de apoyo en tierra dentro del taller.

**Indicaciones:** Lea detenidamente las preguntas, luego conteste cada una de ellas en forma muy honesta y franca. Ponga a su criterio una X en el sitio que considere conveniente, Gracias.

1) ¿Ha manejado alguna vez o conoce sobre coches o soportes fijos para motores?

SI  NO

2) ¿El CEMA posee suficientes equipos de apoyo en tierra y herramientas para la inspección, mantenimiento y almacenamiento de los motores JT-8D?

SI  NO  DESCONOZCO

3) ¿Piensa que en el taller es necesario la implementación de soportes, coches donde poder colocar los motores?

SI  NO  YA EXISTEN

4) ¿Se ha recurrido o se ha visto necesario parar el trabajo por la insuficiencia de equipo para los motores, como ubicarlos dentro de soportes para realizar el mantenimiento?

SIEMPRE  A VECES  NUNCA

5) ¿Cree que es conveniente implementar un soporte de tres puntos para mejorar la ubicación y almacenamiento de los motores dentro del hangar?

MUCHO  POCO  NADA

6) ¿Al incorporar un soporte de tres puntos en el taller mejorarían las condiciones de trabajo en lo que se refiere a disposición de equipos para no tener contratiempos o paras en el mantenimiento?

MUCHO  POCO  NADA

7) ¿Considera Ud. que la construcción de un soporte de tres puntos para turbinas es mas ergonómico (fácil manejo) y menos costoso que construir un coche transportador?

SI  NO  DESCONOZCO

8) ¿Piensa Ud. que es más fácil el almacenamiento y movilización del soporte de tres puntos dentro del hangar debido a su menor peso y tamaño en relación a los coches transportadores?

SI  NO  DESCONOZCO

**MUCHAS GRACIAS POR SU TIEMPO.**

**ATENTAMENTE.**

**PEDRO MEDINA.**

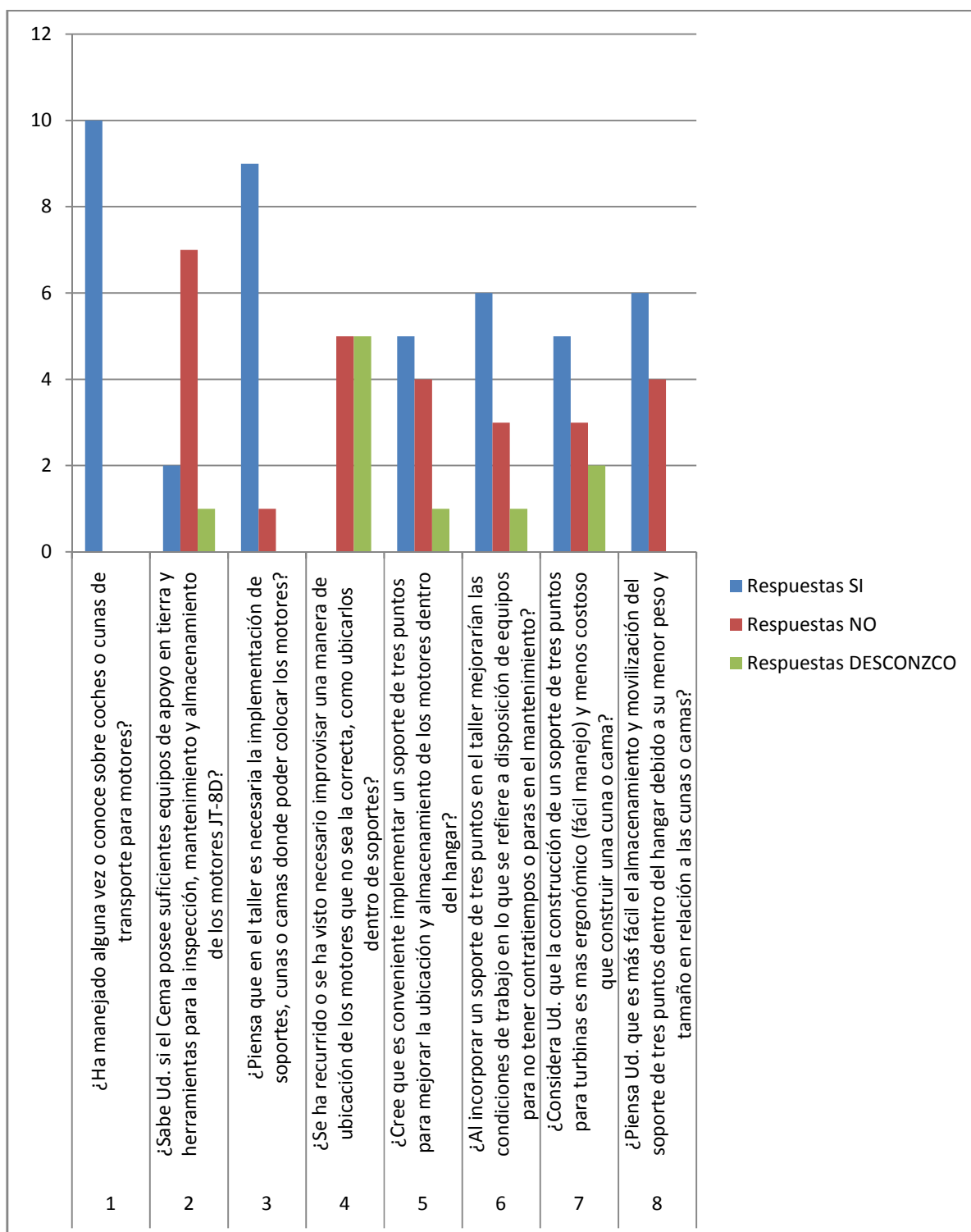
**Anexo No. 4.3**

**Tabla Nº 4.9: Tabulación de los resultados de la encuesta.**

Nº	PREGUNTA	RESPUESTA		
1	¿Ha manejado alguna vez o conoce sobre coches o soportes fijos para motores?	10 SI	0 NO	
2	¿El CEMA posee suficientes equipos de apoyo en tierra y herramientas para la inspección, mantenimiento y almacenamiento de los motores JT-8D?	2 SI	7 NO	1 Desconozco
3	¿Piensa que en el taller es necesaria la implementación de soportes, coches donde poder colocar los motores?	9 SI	1 NO	0 Ya existen
4	¿Se ha recurrido o se ha visto necesario parar el trabajo por la insuficiencia de equipo para los motores, como ubicarlos dentro de soportes para realizar el mantenimiento?	0	5 A veces	5 Nunca
5	¿Cree que es conveniente implementar un soporte de tres puntos para mejorar la ubicación y almacenamiento de los motores dentro del hangar?	5 mucho	4 poco	1 Nada
6	¿Al incorporar un soporte de tres puntos en el taller mejorarían las condiciones de trabajo en lo que se refiere a disposición de equipos para no tener contratiempos o paras en el mantenimiento?	6 mucho	3 poco	1 Nada
7	¿Considera Ud. que la construcción de un soporte de tres puntos para turbinas es mas ergonómico (fácil manejo) y menos costoso que construir una coche transportador?	5 SI	3 NO	2 Desconozco
8	¿Piensa Ud. que es más fácil el almacenamiento y movilización del soporte de tres puntos dentro del hangar debido a su menor peso y tamaño en relación a los coches transportadores?	6 SI	4 No	0 Desconozco

## Anexo No.4.4

### Tabulación de los resultados de la Encuesta Gráfica.



**ANEXOS B  
CONSTRUCCIÓN**

## Anexo 6.1 Acero Bonificado



**705=AISI 4340**

**Acero bonificado para maquinaria**

**GENERALIDADES:** 705 es un acero al molibdeno más cromo y níquel. El molibdeno tiene una solubilidad limitada y es un buen formador de carburos. Ejerce un fuerte efecto sobre la templabilidad y de manera semejante al cromo, aumenta la dureza y resistencia a alta temperatura de los aceros. Menos susceptibles al fragilizado debido al revenido que los demás aceros aleados para maquinaria. Al combinarse con níquel y cromo soporta altas exigencias de resistencia y tenacidad en secciones grandes. Su contenido de níquel le da más templabilidad, lo mismo que la resistencia en caliente.

705 combina alta resistencia mecánica (la mayor del mercado) con buena tenacidad. Este acero en forma standard es suministrado bonificado, por lo que no se requeriría luego un tratamiento térmico, sin embargo, si se desea mejores propiedades, puede ser templado al aceite. Susceptible de temple por inducción y también puede someterse a tratamiento de nitrurado.

### ANÁLISIS TÍPICO %

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
705	0.36	0.25	0.70	--	--	1.40	1.40	0.20
AISI 4340	0.35-0.40	0.20-0.35	0.60-0.80	0.04	0.04	1.65-2.00	0.70-0.90	0.20-0.30

### EQUIVALENCIAS

AISI/SAE	4340
DIN	34CrNiMo6
W.Nr	1.6582
JIS	SNCM1
AFNOR	35NCD6

### PROPIEDADES MECÁNICAS EN CONDICIÓN DE SUMINISTRO

Resistencia a la Tracción	90-110 kg/mm <sup>2</sup>
Esfuerzo de cedencia	70 kg/mm <sup>2</sup>
Elongación, A5	min 12%
Reducción de área, Z	min 45%
Resistencia al impacto, KU	aprox. 20 J
Dureza	270-330 HB

De acuerdo a DIN 17200 resp. SEW 550. Tolerancia DIN 1013 resp. DIN 7527 / 6

**Nota:** Estas propiedades se garantizan hasta Ø250 mm. Medidas mayores, favor consultarnos.

### APLICACIONES:

#### 1. Partes de gran resistencia para la industria automotriz, como:

- ejes
- cardanes
- cigüeñales
- ejes de leva
- tornillería de alta resistencia

#### 2. Partes para la construcción de maquinaria de trabajo pesado como:

- árboles para trituradoras
- ejes de transmisión de grandes dimensiones
- engranajes de temple por llama, inducción o nitruración
- barras de torsión
- mandriles
- portaherramientas

#### 3. Aplicaciones donde se requiere resistencia a la fatiga, como:

- En la construcción de equipo pesado para camiones, aviones, equipo militar, etc.

## Anexo 6.2 Acero al Carbono

### 760=AISI 1045 Acero al carbono para maquinaria



**GENERALIDADES:** Acero al carbono sin alear de esmerada manufactura, con buena tenacidad. Característica es su alta uniformidad y rendimiento. Puede utilizarse en condición de suministro o con tratamiento térmico de temple y revenido. Aplicable a partes relativamente simples de máquinas. Dureza de suministro aproximada: 200 HB

#### ANÁLISIS TÍPICO %

	C	Si	Mn	P	S
760	0.50	0.30	0.60	--	0.04
AISI 1045	0.43-0.50	--	0.60-0.90	0.040	0.050

#### EQUIVALENCIAS:

AISI	1045
SAE	C1045
W.Nr	1.1820

DIN	CK45
UDDEHOLM	UHB11

#### PROPIEDADES MECÁNICAS:

<b>Resistencia a la Tracción</b>	<b>65 kg/mm<sup>2</sup></b>
Esfuerzo de cedencia	32 kg/mm <sup>2</sup>
Elongación, A5	min 10%
Reducción de área	40%
Dureza	220-235

#### APLICACIONES:

Componentes sencillos, como por ej:

- Pernos
- Chavetas
- Piezas de mediana resistencia para aplicación automotriz
- Ejes

#### TRATAMIENTO TÉRMICO:

Forjado	800-1050 °C
Normalizado	830-850 °C
Temple (agua)	770-810 °C
Temple (aceite)	790-830 °C
Revenido (herramientas de corte)	100-300 °C
Revenido de bonificación	550-650 °C

#### MEDIDAS EN STOCK

#### REDONDO

mm	APROX. PULGADAS	PESO APROX. kg/m
100	4	61.7
115	4 1/2	81.5
125	5	96.3
150	6	139.0
170	6 11/16	178.0
180	7 1/8	199.0
190	7 1/2	222.3
200	7 7/8	250.1
230	9	326.4
250	9 7/8	383.1
305	12 1/64	576.0
350	13 25/32	756.0

**Nota:** Laminado en caliente

#### CUADRADO

mm	APROX. PULGADAS	PESO APROX. kg/m
6x6	1/4x1/4	0.3
8x8	5/16x5/16	0.5
10x10	3/8x3/8	0.8
12x12	1/2 x 1/2	1.2
16x16	5/8x5/8	2.1
20x20	25/32x25/32	3.2
25x25	1x1	5.0
30x30	1 3/16x1 3/16	7.2
35x35	1 3/8x1 3/8	9.8
40x40	1 9/16x1 9/16	12.6
45x45	1 3/4 x 1 3/4	15.9
50x50	2x2	19.6
60x60	2 3/8 x 2 3/8	28.3
70x70	2 3/4 x 2 3/4	39.0
80x80	3 5/32 x 3 5/32	50.2
90x90	3 9/16 x 3 9/16	63.6

**Nota:** 6x6⇒12x12: Laminado en frío  
Resto: Laminado en caliente

**ANEXO C**  
**PLANOS DE DISEÑO DEL**  
**SOPORTE FIJO DE TRES PUNTOS DEL MOTOR**



## CURRÍCULO VITAE

### DATOS PERSONALES

**Nombres y Apellidos:** Pedro Carmelo Medina Jiménez

**Fecha de nacimiento:** 28 de Marzo de 1987

**Dirección:** Av. Cevallos 18-26 y Castillo (Ambato)

**Teléfono:** 032 822 823 - 084 068 688 - 081 238 776

**Mail:** bachelor\_fearlees@hotmail.com

### ESTUDIOS REALIZADOS:

**Primarios:** Escuela "Liceo Juan Montalvo"

**Secundarios:** Colegio Diocesano "San Pío X"

**Superior:** "Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico"

**Idiomas:** Suficiencia en el idioma Inglés (I.T.S.A)

### CARGOS HONORÍFICOS

- Practicas Realizadas en la DIAF- Centro de Mantenimiento Aeronáutico Julio a Noviembre del 2007.

Ayudante de Mantenimiento de la Empresa AEROMASTER AIRWAYS S.A. desde Enero del 2009 hasta la presente fecha.