

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**CONSTRUCCIÓN DE UN SOPORTE MOVIL PARA EL MOTOR PT-6**

**POR:**

**SÁNCHEZ SALAZAR ALEX IVÁN**

**Trabajo de Graduación como requisito previo para la obtención del Título  
de:**

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN  
MOTORES**

**2011**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el SR. SÁNCHEZ SALAZAR ALEX IVÁN, como requerimiento parcial para la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES.

---

Ing. Juan Yanchapaxi

Latacunga, 30 de agosto del 2011

## DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a todos aquellos que me han apoyado y han sido parte de mi sueño de “volar” en especial a mis padres quienes han sido el viento de impacto que me ha sustentado en la vida.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por haber confiado, creído en mi y brindarme su incondicional apoyo, agradezco a toda mi familia por haberme dejado contar con ellos y ayudarme cuando lo necesite, a mis compañeros por haber estado conmigo en las buenas y malas y haberme ayudado en todos los aspectos que pudieron.

Un especial agradecimiento a todos los maestros del ITSA por haber compartido sus conocimientos y enseñarme todo lo que hoy se, en fin agradezco a todos quienes conforman el INSTITUTO TECNOLOGICO SUPERIOR AERONAUTICO por haberme formado como un profesional.

## CONTENIDO

	pág.
Caratula.....	I
Certificación.....	II
Dedicatoria .....	III
Agradecimiento .....	IV
Contenido .....	V
Índice de Tablas .....	VIII
Índice de figuras .....	IX
Resumen.....	10
Summary.....	11

## CAPITULO I

1 Tema .....	12
1.1 Antecedentes .....	12
1.2 Justificación e importancia .....	13
1.3 Objetivos .....	14
1.3.1 Generales.....	14
1.3.2 Específicos.....	14

## CAPITULO II

2.1 Marco teórico.....	15
2.1. 1 Motores de aviación .....	15
2.1.1.1 Motores de reacción .....	15
2.1.1.2 Componentes del motor de reacción.....	16
2.1.1.3 Función de las partes principales del motor .....	17
2.1.1.4 Funcionamiento básico del motor.....	18
2.1.1.5 Tipos de motores a reacción .....	18
2.1.2 Motor PT6 .....	19
2.1.2.1 Operación general del turbohélice PT6 .....	20

2.1.2.2 Datos técnicos.....	21
2.1.3 Soportes.....	21
<b>2.1.4 Materiales usados en el soporte para el motor pt-67 .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1.4.1 Norma para aceros ASTM A 36 .....</b>	<b>21</b>
2.1.4.2 Tubo rectangular de 80 x 40 mm.....	23
2.1.4.2.1 Ventajas de usar tubo rectangular.....	24
2.1.4.3Tubo cuadrado de 80 x 80 mm.....	25
2.1.4.4 Perfil Angular.....	26
2.1.4.5 Ruedas o garruchas .....	27
2.1.4.6 Rodamientos y correderas guías .....	28
2.1.5 Equipo de protección personal .....	29
2.1.6Tecnologías constructivas .....	30
2.1.6.1 Instrumentos de medición.....	30
2.1.6.2 Instrumentos de marcación .....	31
2.1.6.3 Herramientas de corte.....	32
2.1.6.5 Herramientas de perforación.....	35
2.1.6.6 Proceso de soldadura.....	36
2.1.5.7 Pintado .....	39

## CAPITULO III

3.1 Preliminares .....	40
3.1.1 Estudio de alternativas .....	40
3.1.1.1 Primera alternativa .....	41
3.1.1.2 Segunda alternativa.....	42
3.1.2 Ventajas y desventajas de las dos alternativas .....	42
3.1.3 Análisis cuantitativo de la factibilidad de construcción de alternativas .....	45
3.1.3.1 Análisis de parámetros .....	45
3.1.4 Análisis cualitativo .....	48
3.1.4.1 Alternativa uno: Soporte estático.....	48
3.1.4.2 Alternativa dos: Soporte móvil .....	48
3.1.5 Selección de alternativa .....	48

3.2 Analisis Económico .....	49
3.3 Factor legal.....	50
3.4 Diseño .....	53
3.5 Construcción. ....	54
3.5.1 Preparación de los materiales utilizados en la construcción del soporte.....	54
3.5.1.1 Elaboración del marco principal (Sección 1) .....	54
3.5.1.2 Construcción de la base para los rieles que sostienen al motor (Sección 2).....	56
3.5.1.3 Correderas .....	60
3.5.1.4 Elaboración de los rieles de soporte (Sección 3) .....	62
3.5.1.5 Construcción de la suspensión para el soporte del motor. (Sección 4).....	63
3.6 Diagrama de procesos .....	65
3.6.1 Especificación de las figuras de los diagramas. ....	65
3.6.2 Diagrama de procesos y fases de construcción del soporte .....	66
3.7 Pruebas y análisis de resultados .....	68
3.7.1 Análisis de los resultados .....	71
3. 8 Operatividad del soporte móvil para el motor PT-6 .....	71
3.9 Elaboración de manuales .....	71
3.9.1 Tipos de manuales .....	72
3.9.1.1 Manual de mantenimiento .....	72
3.9.1.2 Manual de seguridad.....	75
3.9.1.3 Hoja de registros .....	78

## CAPITULO IV

4.1 Conclusiones.....	82
4.2 Recomendaciones.....	83
Glosario.....	84
Bibliografía .....	85

## ÍNDICE DE TABLAS

### **Tabla 2.1 Propiedades mecánicas del acero ASTM A 36**

Tabla 2.2: Requerimientos químicos del acero ASTM A 36

Tabla 2.3: Datos técnicos tubo rectangular

Tabla 2.4: Características técnicas del tubo cuadrado

Tabla 2.5 Corrientes optimas de aplicación en electrodo E6011

Tabla 3.1: Ventajas y desventajas alternativa 1

Tabla 3.2: Ventajas y desventajas alternativa 2

Tabla 3.3 Valoración de los factores

Tabla 3.4: Evaluación cuantitativa de de factores

Tabla 3.5: Costo de materiales

Tabla 3.6 Costo de herramientas y equipos

## INDICE DE FIGURAS

Fig 2.1 Partes de un motor de reacción

Fig 2.2 Tipos de motor a reacción

Fig 2.3. Vista del motor PT6 seccionado

Fig 2.4 Tubo cuadrado



Fig 2.5 Tubo cuadrado  
Fig 2.6 Perfil angular  
Fig. 2.7 Garrucha de poliuretano  
Fig. 2.8 Corredera con base para soldar  
Fig. 2.9 Flexometro  
Fig. 2.10 Amoladora  
Fig 2.11 Tronzadora  
Fig. 2.12 Disco abrasivo  
Fig 2.13 Taladro  
Fig. 2.14 Brocas de distintas medidas  
Fig 3.1 Ejemplo de un soporte estático  
Fig. 3.2 Ejemplo de un soporte móvil  
Fig 3.3 Representación del marco principal  
Fig 3.4 Marco principal del soporte  
Fig 3.5 Representación de las bases principales  
Fig. 3.6 Representación de los parantes  
Fig. 3.7 Parantes del soporte  
Fig. 3.8 Representación de los soportes diagonales interiores  
Fig. 3.9 Representación soportes diagonales laterales y larguerillo  
Fig. 3.10 Corredera principal montada en el soporte  
Fig. 3.11 Correderas con soporte para soldar  
Fig. 3.12 Rieles montados en el soporte  
Fig. 3.13 Representación suspensión del soporte  
Fig. 3.14 Suspensión del soporte

## **Resumen**

Los resultados obtenidos de una investigación realizada dentro de las instalaciones del instituto, permitieron conocer algunas deficiencias que tiene el taller en cuanto a equipos de apoyo, las cuales no permiten aprovechar todos los recursos con los que cuenta y tampoco permite realizar las practicas de forma

rápida, eficiente y segura, de esta manera se propone la construcción de un soporte móvil para el motor PT-6.

Se recopiló la información necesaria para la materialización de este proyecto, datos técnicos sobre materiales, información sobre los procesos y técnicas de construcción y conceptos que sirvieron de guía para el correcto desarrollo del tema, y por ende llevaron a una satisfactoria culminación del mismo.

Como resultado del proceso de investigación y recopilación de datos, se presentaron dos alternativas: Una de ellas era la construcción de un soporte que mantenga el motor en una posición estática, y la otra era la de crear un soporte que permita la movilidad del motor: se evaluaron las dos alternativas, tomando en cuenta factores tales como: funcionalidad, capacidad de construcción, costos, entre otros, para así escoger el que mejor satisfaga las necesidades que tienen los estudiantes.

Con los resultados de la evaluación se decide empezar la construcción del soporte móvil para el motor PT-6. Al término se realizaron pruebas estructurales y de funcionalidad, finalmente se implementó un manual de manejo y de mantenimiento, mismos que contribuirán a la correcta utilización de este equipo y de esta manera ayudar a mejorar las clases prácticas en el taller del bloque 42.

### **Summary**

The results obtained from the investigation realized into the Institute, allowed us known some deficiencies of the workshop as to support equipments, which don't allowed us to take all of resources that have the workshop and also don't allow realize the practice in fast, efficient, and in a sure way, so it is a reason to plantain the construction of a mobile stand for PT-6 aircraft engine.

To The materialization of this project, the information was recollected, information like technical data about materials, information about construction's techniques and process and concepts that serve as a guide for the correct development of this project, and can achieve a satisfactory culmination.

As a result from the investigation and recollects of data, we obtained two alternatives: One of this was the construction of a stand that holds the engine in a single position, the other one was the creation of a stand that allows move the engine over the transversal axis. Two alternatives were evaluating, considering factors such as: ergonomics, functionality, building capacity, costs and then choose the alternative that satisfies the necessities that the students have.

Whit the evaluation's results decide begins the design and subsequent construction of the mobile stand for the PT-6 engine. At the end of this, realized testes and, is implemented: maintenance and user manual, which help on the correct use of this equipment and help to improve the practices in the workshop

## **CAPITULO I**

# **1 Tema: Construcción del soporte móvil para el motor PT-6**

## **1.1 Antecedentes**

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA), ubicado en la ciudad de Latacunga, cuenta con carreras únicas a nivel nacional, y un alto grado de preparación de los docentes y personal administrativo. Dentro de su oferta académica, se puede cursar la carrera de mecánica aeronáutica mención motores.

El ITSA, en de sus instalaciones cuenta con varios laboratorios y talleres y uno de los más importantes que utilizamos en el proceso de enseñanza y aprendizaje práctico de docentes y alumnos es el laboratorio de motores “Bloque 42”, el cual cuenta con varios motores de aviación tales como el J-33, J-65 y PT6 los mismos que son básicos y necesarios para el aprendizaje de motores de aviación en general.

A partir de diálogos con los instructores, estudiantes y personal a cargo del taller se pudo constatar que no se aprovechan todos los recursos con los que cuenta el laboratorio de motores por falta de equipos, uno de estos casos es el del motor PT-6 que al momento de realizar las prácticas en este, se vuelven dificultosas ya que falta el equipo de apoyo necesario, lo que hace difícil manipular este motor y sus respectivas partes, además de que estas prácticas se las hace sin seguir las normas de seguridad necesarias, lo que ha motivado a buscar la forma de implementar más equipos que ayuden a mejorar los trabajos que se realicen en este motor

Con los resultados obtenidos de la investigación realizada meses atrás (ANEXO A) y que fue aprobada por el Honorable Consejo Directivo, se pudo llegar a la conclusión de que: es necesaria la construcción de un “Soporte móvil para el motor PT-6”, mismo que mejorará las condiciones en que se realizan las practicas en dicho motor, brindando la capacidad a maestros y alumnos, de manipular y observar el motor y todas sus partes, de forma rápida, práctica y segura.

## **1.2 Justificación**

La realización de este proyecto, sin duda alguna mejora las condiciones en que se trabaja en el taller de motores del I.T.S.A. y ayuda a aprovechar en su totalidad los recursos con los que se cuenta en dicho taller, ya que brinda facilidades al momento de manipular el motor PT-6, ayudando así, a realizar operaciones de desmontaje y montaje de partes y accesorios pertenecientes a dicho motor que por falta de equipo de apoyo no era tomado en cuenta, razón suficiente para justificar la realización de este proyecto.

Se presenta la opción de construir este soporte como proyecto de tesis ya que además cubrir las necesidades del taller antes mencionadas, nos brinda la oportunidad de investigar y aprender sobre procesos de construcción

Este tipo de soporte permite el giro del motor PT-6 sobre su eje transversal, brindando así la facilidad de observar enteramente dicho motor, además de que consta de ruedas que facilitan el traslado de un lugar hacia otro, sin usar tanto esfuerzo físico, evitando así, el riesgo de lesiones y accidentes que puedan sufrir tanto alumnos como profesores al momento de manipular un motor pesado,

Sin duda alguna, este soporte mejorará la calidad en las prácticas que realicen los estudiantes, aumentando los conocimientos tanto teóricos como prácticos que se obtengan, de esta forma podrán alcanzar un mejor nivel de competitividad en el campo laboral, debido a que la aeronáutica es una profesión de exactitud.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general.**

Construir un soporte móvil para el motor PT-6, que facilite el desarrollo de las prácticas de montaje y desmontaje de partes y accesorios de dicho motor, a los estudiantes de la carrera de mecánica aeronáutica mención motores del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Recopilar la información necesaria para el desarrollo del proyecto.
- Establecer alternativas de construcción.
- Evaluar las alternativas; materiales, proceso de construcción y costos.
- Construir la propuesta seleccionada.
- Comprobar la funcionalidad del proyecto
- Establecer manuales de mantenimiento, operación y seguridad.

#### **1.4 Alcance**

La realización de este proyecto se enfoca en cubrir las necesidades de los docentes y alumnos de la carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Motores del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico ubicado en la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi, mejorando así el proceso de enseñanza y aprendizaje, y además incrementando las habilidades prácticas del estudiante.

## **CAPITULO II**

### **2.1 Marco teórico**

#### **2.1.1 Motores de aviación**

Dentro del campo de la aviación los motores más usados en la actualidad son los motores de reacción, sin embargo dentro de la aviación menor tales como avionetas y ultraligeros se sigue usando los motores de explosión. Para motivos de esta investigación se usara solo los motores de reacción

### 2.1.1.1 Motores de reacción

Estos motores son de tipo endotérmico, esto quiere decir que tanto el órgano que realiza la combustión como el encargado de realizar el trabajo se encuentran en el interior del motor.

En estos motores la energía liberada de la combustión se transforma en energía cinética de la corriente de gas que sale del motor. La fuerza de reacción que se obtiene de dicha corriente que sirve para impulsar a la aeronave.

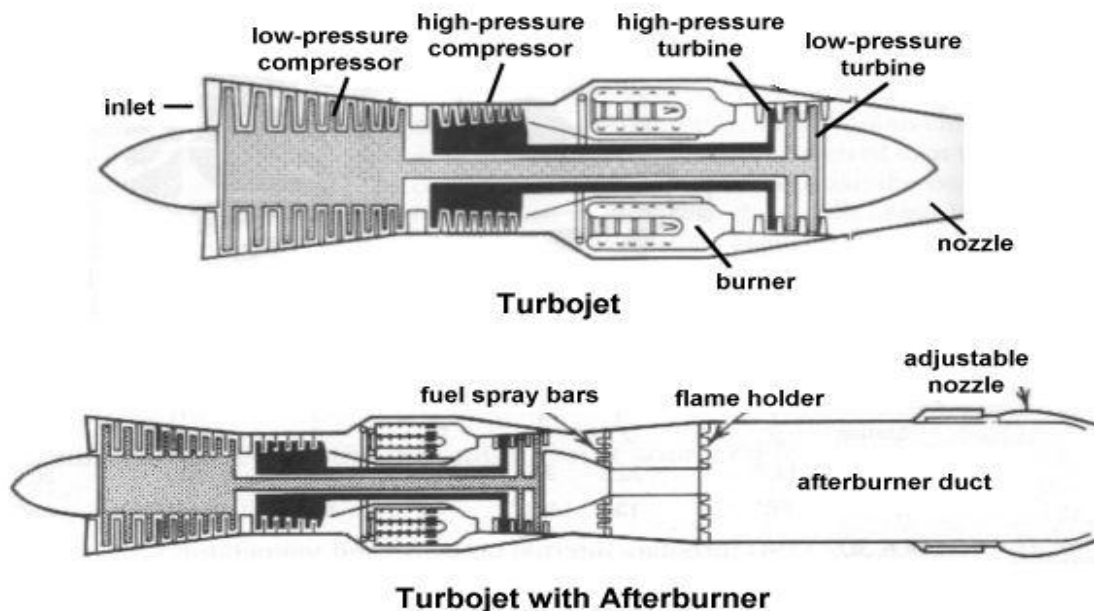


Figura 2.1 Partes de un motor de reacción

Fuente: Mecánica y automoción

### 2.1.1.2 Componentes del motor de reacción

Se puede decir que un motor de reacción básicamente está constituido de los siguientes componentes:

- Difusor de entrada,
- compresor
- difusor precámara

- cámara de combustión
- turbina
- tobera de escape, esta última se considera como el elemento propulsor.

Además estos motores cuentan con una caja de engranajes que es un conjunto de dispositivos que se mueven usando el movimiento del eje de la turbina.

### **2.1.1.3 Función de las partes principales del motor**

- **Difusor de entrada**

Esta forma parte del avión es importante ya que, de esta depende la correcta cantidad y velocidad a la que entra el aire hacia el compresor.

La función básica es la de aumentar la presión estática y disminuir la presión dinámica del aire.

- **Compresor**

El tipo de compresor que se usa en las aeronaves actuales es axial, esto quiere decir que lleva el flujo de aire pegado al eje.

Este tipo de compresor está formado por varias etapas continuas y cada etapa contiene un rotor y un estator. El rotor aumenta la velocidad y presión total de la masa de aire y el estator disminuye la velocidad y aumenta la presión total. El aire va pasando del rotor al estator sucesivamente aumentando la energía de la masa de aire para que llegue a las cámaras de combustión en la cantidad y presión adecuadas.

- **Difusor precámara**

Este difusor permite reducir la velocidad de la masa de aire a niveles apropiados para que se realice la combustión en las cámaras y evitar el



apagado de la llama. Este reduce la velocidad del aire desde 50 o 120 m/s hasta 10 o 20 m/s.

- **Cámara de combustión**

La función de la cámara es la de realizar la combustión de la mezcla entre aire y combustible y entregar la energía resultante a la turbina a una temperatura y velocidad adecuadas.

- **Turbina**

La misión de la turbina es convertir la tercera parte de la energía liberada en la combustión, en energía mecánica para mover el compresor y la caja de engranajes. El resto de la energía pasa a la tobera para obtener empuje por el principio de acción y reacción.

- **Tobera de escape**

La función de la tobera es la contraria a la del difusor de entrada, es decir que cambia la presión por velocidad.

La tobera expande los gases desde la turbina hasta la presión atmosférica, aumenta la energía cinética del chorro de gas para lograr un máximo de empuje.

#### **2.1.1.4 Funcionamiento básico del motor.**

El aire de impacto que ingresa en el motor se comprime en el difusor de entrada, este aire se divide en dos flujos: primario y secundario. El secundario sirve para el sistema de enfriamiento del motor, mientras que el primario pasa al compresor, en donde la masa de aire aumenta su presión. El aire comprimido pasa por el difusor precámara reduciendo su velocidad hacia las cámaras de combustión donde esta masa se expande y se acelera. Los gases calientes y acelerados que salen de las cámaras pasan a través de la turbina donde decrece su velocidad y temperatura debido a que esta energía es extraída por la turbina para girar los compresores y operar la caja de accesorios. Finalmente en la tobera de escape, la energía no aprovechada se transforma en energía cinética, al acelerar la corriente de los gases de escape

### 2.1.1.5 Tipos de motores a reacción

Los motores de reacción se clasifican en:

- Turbojet
- Turbofan
- Turbohélice o turboprop

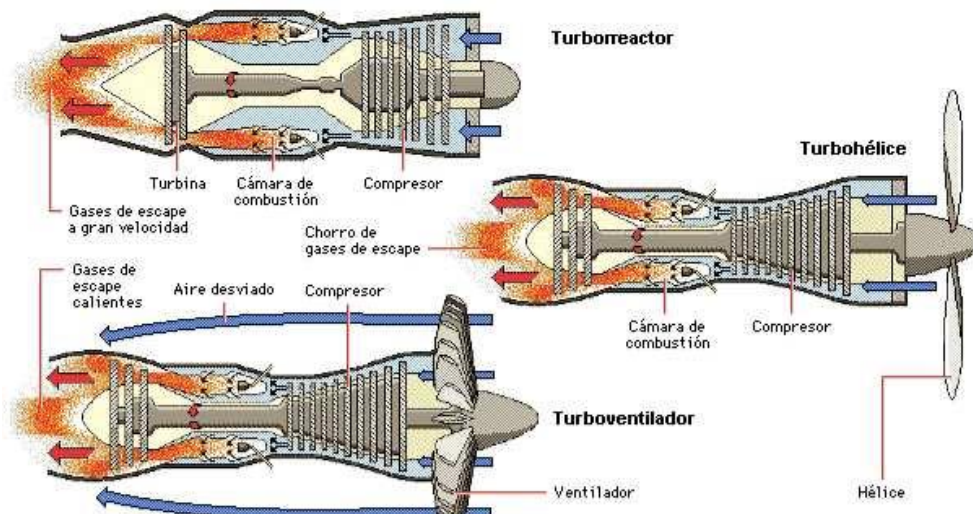


Figura 2.2 Tipos de motor a reacción

Fuente: mecánica y automoción

### 2.1.2 Motor PT6 <sup>1</sup>



Figura 2.3. Vista del motor PT6 seccionado

Fuente: Pratt & Whitney company

<sup>1</sup> Pratt & Whitney Canada (2000). PT6 training manual, Pratt & Whitney Canada corp.

Es fabricado por Pratt & Whitney Canada, es el motor turbohélice más popular de la historia.

Se produce en una variedad amplia de modelos, cubriendo la gama de la energía entre 580 y 920 SHP (Caballos de poder en el eje) en la serie original, y hasta 1940 SHP en la línea "grande".

La familia PT6 es particularmente bien conocida por su confiabilidad extremadamente alta, con MTBO's (Tiempo de Mantenimiento entre Recorridas) en el orden de 9000 horas en algunos modelos.

El desarrollo de la familia PT6 empezó en los 50s, al parecer como un reemplazo moderno para el motor radial Pratt & Whitney que estaban produciendo en ese momento.

Voló el primero el 30-5-61, montado en un avión Beech 18 de la De Havilland Canadá, en la planta de Ontario.

La producción máxima empezó en 1963 y entra en servicio en el próximo año.

Para su 40° aniversario en 2001, más de 36000 PT6A habían sido entregados, no están incluidas las otras versiones de este motor. Esta turbina se usa en más de 100 aplicaciones diferentes.

#### **2.1.2.1 Operación general del turbohélice PT6**

El PT6 es un ligero motor de turbina que impulsa una hélice mediante una caja de reducción de dos etapas. Dos principales conjuntos rotativos componen el núcleo del motor.

El primero es el compresor y el compresor turbina (sección compresora) y el segundo se compone de dos turbinas de poder y el eje de turbina de poder (sección de poder).

Los dos rotores no están conectados y giran en dirección opuesta, este diseño tiene algunas ventajas como:

- N1 independiente de N2
- Starter de bajo torque
- Concepto de diseño modular
- Mantenimiento sobre las alas (inspección de la sección caliente)

El compresor del PT6 consta de tres o cuatro etapas axiales y una etapa centrífuga.

La cámara de combustión es de tipo anular y de flujo invertido lo que acorta al motor.

El compresor turbina es de una sola etapa y este obtiene la energía para operar el compresor. Las turbinas de poder son de 2 etapas, estas son independientes del compresor turbina y se encargan de impulsar las hélices.

La caja de reducción es de tipo planetario de dos etapas, consta de un sistema hidromecánico de medición de torque, esta reduce la velocidad de giro de la turbina de poder a una velocidad aceptable para la operación de la hélice

#### **2.1.2.2 Datos técnicos**

- Rango de potencia: 700 a 1650 shp.
- Flujo másico de aire máximo: 10.22 a 11.21 lbs./sec
- Radio de compresión del compresor: 10:1 a 12:1
- Consumo específico de combustible: 509 a 680 lbs./hrs
- Velocidad de la turbina de poder: 30000 rpm.
- Velocidad máxima de operación de la hélice 1700 a 2000 rpm
- Longitud del motor : 170 cm
- Diámetro del motor: 70 cm
- Peso del motor: 324 lb

#### **2.1.3 Soportes.**

Es el apoyo o sostén que presenta un determinado objeto. Este puede servir para realizar ensayos, reparaciones, cambios, etc. Sobre el objeto que este montado sobre él.

Puede ser de distintos materiales y de varias formas, además este puede estar anclado o ser móvil.

En la industria de la aviación los soportes se usan en las tareas de montaje y desmontaje de las partes de un avión, ya sea del conjunto del fuselaje o del conjunto propulsor.

Los soportes también se usan cuando se va a desmontar los trenes de aterrizaje de un avión de esta forma se asegura que la estructura completa no sufra averías.

## 2.1.4 Materiales usados en el soporte para el motor pt-67

### 2.1.4.1 Norma para aceros ASTM A 36

La norma ASTM<sup>2</sup> A36 es una especificación para tubos de acero al carbono formados en frío, electrosoldados y sin costura. Esta norma define un tipo de acero al carbono.

La clasificación del acero ASTM A 36 se basa en la composición química que este tenga, resistencia a la tracción y el tratamiento térmico. El requerimiento de límite de fluencia es más alto en los tubos cuadrados y rectangulares que en los redondos.

Tabla 2.1 propiedades mecánicas del acero ASTM A 36

Norma ASTM A 36 Grado del Acero	Límite de Fluencia Mpa	Límite de Fluencia psi	Resistencia a la Tracción Mpa (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Tracción psi	% Elong
	250	36000	310 (3.170)	42000	25

Elaborado por: Alex Sánchez

Fuente: IPAC S.A

<sup>2</sup> ASTM: **American Society for Testing and Materials**, Organización americana que regula los estándares del acero

Tabla 2.2: requerimientos químicos del acero ASTM A 36

Norma ASTM A 36	Propiedades químicas (% máximo)			
	Carbono C	Manganeso Mn	Fósforo P	Azufre S
	0.26	-	0.04	0.05

Elaborado por: Alex Sánchez

Fuente: IPAC S.A

#### 2.1.4.2 Tubo rectangular de 80 x 40 x 2 mm

**Los tubos** rectangulares son uno de los perfiles más versátiles. Debido a su gran variedad son soportes de todo tipo. usados en distintos campos: escaleras, depuradoras y pasarelas.

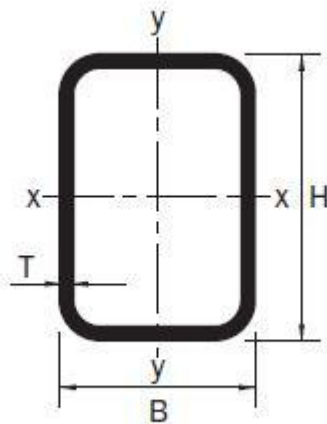


Figura 2.4 Tubo cuadrado

Tabla 2.3: datos técnicos tubo rectangular

Tamaño		Espesor	Masa lineal	Área de la sección	Momento de inercia		Radio de giro	
H mm	B mm	T mm	M Kg/m	A $cm^2$	$i_{xx}$ $cm^4$	$i_{yy}$ $cm^4$	$i_{xx}$ cm	$i_{yy}$ cm
<b>80</b>	<b>40</b>	<b>2</b>	<b>5,19</b>	<b>6,61</b>	<b>52,3</b>	<b>17,6</b>	<b>2,81</b>	<b>1,63</b>
80	40	4	6,71	8,55	64,8	21,5	2,75	1,59
80	40	5	8,13	10,4	75,1	24,6	2,69	1,54

Elaborado por: IPAC

Fuente: IPAC S.A

#### 2.1.4.2.1 Ventajas de usar tubo rectangular

- Los elementos rectangulares no tienen eje referencial de pandeo, lo que los convierte en excelentes elementos para ser utilizados como columnas y arriostramientos.
- Poseen un excelente comportamiento a la torsión, incluso muy por encima de otros productos de acero.
- Fácil mantenimiento, por sus caras planas y esquinas redondeadas lo cual permite aplicar cómodamente recubrimientos, pinturas de fondos y efectuar limpieza en general.
- Excelentes productos para ser utilizados como miembros compuestos (armaduras o cerchas) y miembros de secciones mixtas; vigas híbridas y columnas rellenas.
- Alta resistencia a la deformación

### 2.1.4.3 Tubo cuadrado de 80 x 80 x 2mm

Es un elemento estructural que al igual que el tubo cuadrado, tiene una amplia aplicación en estructuras tales como: edificaciones, puentes, soportes, etc.

Debido a su forma presenta un buen comportamiento aerodinámico, evitando cargas por el viento. Es útil ya que su área de trabajo es amplia, además presenta una gran resistencia al pandeo y a la deformación.

Este tubo está compuesto químicamente igual que el tubo rectangular.

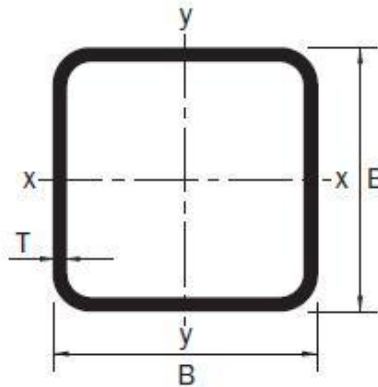


Figura 2.5 Tubo cuadrado

Fuente [www.constructalia.com](http://www.constructalia.com)

Tabla 2.4: características técnicas del tubo cuadrado

Tamaño	Espesor	Masa lineal	Área de la sección	Momento de inercia	Radio de giro
B	T	M	A	I	I
mm	Mm	Kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm
80	2	7.07	9.01	87.8	3.12
80	4	9.22	11.7	111	3.07
80	5	11.3	14.4	131	3.03



80	6	13.2	16.8	149	2.98
----	---	------	------	-----	------

Elaborado por: IPAC

Fuente: IPAC S.A

#### 2.1.4.4 Perfil Angular

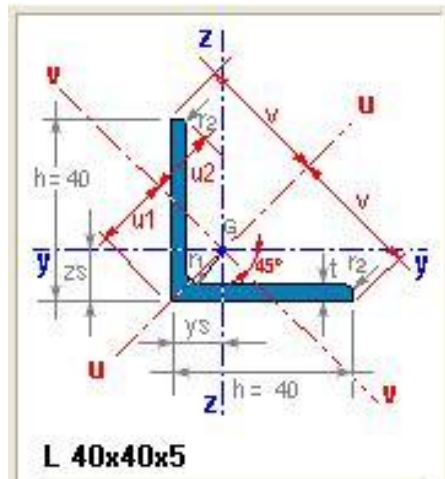


Figura 2.6 Perfil angular

Fuente: Unicon

Se denomina **Perfil Angular de Lados Iguales** al producto cuya sección tiene forma de **L**.

Los perfiles angulares de lados iguales se definen de acuerdo con las siguientes normas:

Las caras exteriores e interiores de las alas son paralelas, por lo que las alas tienen espesor constante.

La unión interna entre las alas es redondeada, mientras que la exterior es una arista viva.

Los bordes de las alas presentan aristas vivas en su exterior y redondeadas en su interior.

Estos perfiles son designados por la letra **L**, seguida de la anchura del ala (h), la anchura de la otra ala (en este caso, las anchuras de las alas son iguales) y el espesor del ala (t), todos expresados en milímetros.

#### **2.1.4.5 Ruedas o garruchas**

La **rueda** es una pieza mecánica circular que gira alrededor de un eje. Puede ser considerada una máquina simple, y forma parte del conjunto denominado elementos de máquinas.

Es uno de los inventos fundamentales en la Historia de la humanidad, por su gran utilidad en la elaboración de alfarería, en el transporte terrestre, y como componente fundamental de diversas máquinas. El conocimiento de su origen se pierde en el tiempo, y sus múltiples usos han sido esenciales en el desarrollo del progreso humano.

- **Rueda con llanta de poliuretano de doble dureza**



**Figura. 2.7 Garrucha de poliuretano**

**Fuente: rodamientos ALEX. SA**

Ruedas de poliuretano TR-ROLL, dureza 75 Shore<sup>3</sup> A. El soporte está fabricado con acero soldado hasta 8 mm de espesor acabado pintado

---

<sup>3</sup> Método y unidad de medición de dureza de un material

negro.

Combinación de cojinetes de bolas y cónicos en el soporte: el superior para esfuerzos axiales, y el inferior para esfuerzos radiales.

Engrasadores en el cabezal del soporte y en la rueda.

Este tipo de rueda se puede utilizar en ambientes industriales para el transporte de cargas medianas y pesadas; también para uso mixto en exteriores e interiores. Puede utilizarse a una velocidad de hasta 16 km/h; posibilidad de uso para arrastre mecanizado

#### **2.1.4.6 Rodamientos y correderas guías**

##### **Rodamiento con canal en V y soporte para soldar o atornillar**



**Figura. 2.8 Corredera con base para soldar**

**Fuente: UNICON S.A**

Se usa como guía para rieles, especialmente el perfil angular colocado en forma invertida. Esta facilita el desplazamiento de cargas que estén unidas a un riel. Su canal en forma de encaja perfectamente con el perfil angular lo que evita que este se salga de su curso de recorrido.

Consta de dos rodamientos y eje de acero. El soporte permite que esta se suelde o se atornille a una base.

### **2.1.5 Equipo de protección personal**

Para la realización de todo proyecto de construcción es obligatorio usar un equipo de seguridad que cuide la integridad física del operario.

#### **Overol**

El uso del overol es indispensable ya que este presta protección contra cortes y quemaduras en cualquier parte del cuerpo, este preferentemente debe ser de manga larga, así evita quemaduras en los brazos debido a las chispas que se producen al cortar metales o soldar.

El uso de vestimenta adecuada previene en el usuario riesgos contra quemaduras, raspaduras, dermatosis, o cualquier lesión acarreada por dicha labor. Y que además estas sean de fácil acceso, es decir sean fáciles de ponerse y quitarse, en caso de presentarse algún tipo de emergencia.

El overol de trabajo debería ajustar bien; no deben tener partes flexibles que cuelguen o cordones sueltos ni bolsillos, y si los hay debieran ser pocos y tan pequeños como sea posible

#### **Guantes**

Los guantes son un elemento muy importante en el trabajo ya que protege las manos de cortaduras y quemaduras,

Los guantes de lana tejida con puntos PVC permiten mayor agarre en superficies lisas, protege al operador de tener contacto directo con grasas o combustible.

Los guantes de cuero por tener mayor resistencia al calor se los utiliza en el proceso de la soldadura, evitando quemaduras y cortes con el material trabajado.

#### **Calzado**

La gran mayoría de daños a los pies se deben a la caída de objetos pesados. Para evitar ese tipo de accidentes es recomendable usar zapatos que tengan la punta de acero, esto evita que se lastime el pie al caer un objeto pesado o tropezar contra algo, además la planta debe ser de caucho para prevenir los choques eléctricos.

### **Gafas**

Las gafas de protección son un elemento muy importante en la seguridad, ya que siempre los ojos van a estar en contacto en la construcción y la no fortuna podría causar una desgracia ya que el trabajo con metales tiende a desprender viruta, y de esta manera se evita que los ojos tomen contacto cuidándolos de cortes a este órgano tan sensible.

### **Casco para soldar**

Para protegerse contra los rayos y las chispas del arco se usa una protección para la cara (careta o casco protector). El casco es más seguro que la careta ya que este protege la piel del soldador contra quemaduras generadas por el calor y los rayos del proceso de soldadura.

Las caretas se deben hacer de un material aislante fuerte, como la fibra, con piezas laterales de cuando menos 50 mm de anchura. Deben ser ligeras de peso. El casco o yelmo más adecuado es el que tiene la parte delantera movable, de modo que le permita levantar el lente o vidrio oscuro cuando no está soldando. Con esto, puede ver su trabajo sin tener que quitarse todo el casco y, de todos modos, estar protegido contra la escoria caliente cuando golpee en la soldadura para quitarle. Si no se usa este tipo de casco, se deben emplear gafas protectoras especiales para quitar la escoria.

Para permitir que el soldador pueda ver mientras está soldando y para filtrar los rayos perjudiciales de la soldadura de arco, se utiliza un lente de color en el casco o en la careta. Estos lentes suelen ser verdes, están graduados por número y están disponibles en tamaños estándar. Por ejemplo, los del núm. 6 son de color claro y los del núm. 12 son de color oscuro. El grado más popular es el núm. 10.

### **Protectores auditivos**

Los protectores auditivos son equipos de protección individual que, debido a sus propiedades para la atenuación de sonido, reducen los efectos del ruido en la audición, para evitar así un daño en el oído. Los protectores de los oídos reducen el ruido obstaculizando su trayectoria desde la fuente hasta el canal auditivo.

Existen dos tipos de protectores auditivos

### **Orejeras**

Las orejeras están formadas por un arnés de cabeza de metal o de plástico que sujeta dos casquetes hechos casi siempre de plástico. Este dispositivo encierra por completo el pabellón auditivo externo y se aplica herméticamente a la cabeza por medio de una almohadilla de espuma plástica o rellena de líquido. Casi todas las orejeras tienen un revestimiento interior que absorbe el sonido transmitido a través del armazón diseñado para mejorar la atenuación por encima de aproximadamente 2.000 Hz.

### **Tapones**

Los tapones para los oídos se llevan en el canal auditivo externo. Se comercializan tapones premoldeados de uno o varios tamaños normalizados que se ajustan al canal auditivo de casi todo el mundo. Los modelables se fabrican en un material blando que el usuario adapta a su canal auditivo de modo que forme una barrera acústica. Los tapones a la medida se fabrican individualmente para que encajen en el oído del usuario. Hay tapones auditivos de vinilo, silicona, elastómeros, algodón y cera, lana de vidrio hilada y espumas de celda cerrada y recuperación lenta.

Los tapones externos se sujetan aplicándolos contra la abertura del canal auditivo externo y ejercen un efecto similar al de taponarse los oídos con los dedos. Se fabrican en un único tamaño y se adaptan a la mayor parte de los oídos. A veces vienen provistos de un cordón interconector o de un arnés de cabeza ligero.

## **2.1.6 Tecnologías constructivas**

### **2.1.6.1 Instrumentos de medición**

## Flexometro



Figura. 2.9 Flexometro

Fuente: Surtek

Es un instrumento de medición, el cual está construido de una cinta metálica que tiene la capacidad de enrollarse dentro de una carcasa pequeña. La cinta métrica puede estar construida en diferentes longitudes y viene graduada en algunos casos con los tres tipos más usados de unidades de longitud: Centímetros, Pulgadas y pies.

En la carcasa se puede encontrar un freno que detiene a la cinta metálica en la medida necesaria.

### 2.1.6.2 Instrumentos de marcación

#### Punta para trazar

Se denomina **punta de trazar** a una herramienta manual de acero templado que tiene la forma de una varilla redonda delgada y una punta muy afilada.

- Esta herramienta se utiliza básicamente para el trazado y marcado de líneas de referencias, tales como ejes de simetría, centros de taladros, o excesos de material en las piezas que hay que mecanizar, porque deja una

huella imborrable durante el proceso de mecanizado. Es pues una especie de lápiz capaz de rayar los metales.

- La punta de trazar se puede incorporar a un gramil para facilitar mejor su eficacia.

### Granete



Figura 2.10 Granete

Fuente: Stanley Company

Se denomina **granete** a una herramienta manual que tiene forma de puntero de acero templado afilado en un extremo con una punta de 60° aproximadamente que se utiliza para marcar el lugar exacto que se ha trazado previamente en una pieza donde haya que hacerse un agujero

### 2.1.6.3 Herramientas de corte

- Arco de sierra



Figura 2.11 Arco de sierra

Fuente: Famastil



Es una herramienta manual compuesta por una hoja de sierra dentada, la cual está montada sobre un arco mediante tornillos tensores. La hoja de sierra es la que proporciona el corte mientras que el arco tiene un mango el cual permite sostener el equipo completo y poder realizar el trabajo

- **Amoladoras**



Figura. 2.12 Amoladora  
Fuente: Black and Decker company

La amoladora es una herramienta eléctrica de uso industrial, la cual cuenta con un motor eléctrico el cual según el tipo de amoladora puede variar de potencia.

Este tipo de herramienta se usa para: Cortar y desbastar materiales ya sean metálicos o cerámicos.

**Tipos de amoladoras:**

Las amoladoras se pueden clasificar según la medida de disco que usen es así que podemos tener:

- Amoladoras de 4 1/2"
- Amoladoras de 7"
- Amoladoras de 9"

Además dentro de estos tipos de amoladoras también puede variar la cantidad de revoluciones por minuto que esta pueda dar y los vatios de potencia que el motor tenga.

Es así que para cortar elementos duros como el hormigón o concreto se debería usar una amoladora de bajas revoluciones y altos vatios.

En la construcción del soporte para el motor PT-6 se ha usado una amoladora de 7" la cual tiene 2300 vatios y da 6500 RPM. Este tipo de amoladora es de un tamaño y potencia intermedia.

- **Tronzadoras**



Figura 2.13 Tronzadora

La tronzadora es una herramienta eléctrica, la cual consta de un motor que puede variar en potencia dependiendo del tamaño y tipo de amoladora, este motor mueve a un eje el cual sostiene a un disco de corte.

Tanto el motor como el eje que sostiene al disco se encuentran sobre un brazo articulado el cual se mueve de arriba hacia abajo, permitiendo así realizar el corte.

El material a cortar se coloca en la base de la tronzadora la cual tiene un sistema en forma de entenalla que asegura dicho material para poder realizar un corte preciso y con seguridad.

- **Discos de corte y desbaste abrasivos**



**Figura. 2.14 Disco abrasivo**

**Fuente:** Black and Decker company

Son los discos que se usan equipos tales como amoladoras y tronzadoras para desbastar y cortar metal.

Este tipo de disco viene en las medidas específicas para las amoladoras y tronzadoras. Están hechos de materiales tales como: oxido de aluminio y carburo de silicio, los cuales están adheridos a una malla hecha de fibra de vidrio.

La medida del disco tiene que ser la correcta, es decir si se usa una amoladora de 7 pulgadas se debe usar un disco de 7 pulgadas. Esto debido a que los discos abrasivos están hechos para resistir un determinado número de R.P.M según su diámetro.

La diferencia entre el disco de corte y el disco de desbaste esta en el espesor del disco; si es de corte el disco deberá ser fino, y si es de desbaste el disco deberá ser grueso.

### 2.1.6.5 Herramientas de perforación.

#### Taladro



**Figura 2.15 Taladro**

**Fuente: Black and Decker Company**

Es una herramienta que permite realizar agujeros de forma cilíndrica sobre cualquier tipo de material, esta herramienta consta de un motor eléctrico el cual mueve a un dispositivo que se encuentra en la parte delantera del taladro, llamado mandril, el cual a su vez se encarga de sostener a la broca.

La alimentación de energía al motor del taladro puede ser mediante cable, o a su vez esta puede ser mediante en una batería sin necesidad de que esto afecte a la potencia del taladro.

La potencia del taladro suele variar entre 600 y 700 vatios. Existen taladros que vienen con un regulador de velocidad, es decir que controlan las RPM del motor, según la necesidad del operador. Tal como en las amoladoras, mientras más duro sea el material más lento deberá girar el taladro.

El mandril del taladro, que es la parte que sostiene a la broca, suele variar en su tamaño: existen taladros con mandril hasta  $\frac{1}{2}$  pulgada y existen otros que aceptan brocas con vástago de hasta  $\frac{3}{8}$  de pulgada.

Existen taladros denominados: "taladros percutores" los cuales tienen un sistema que permite que el taladro de golpes contra el material que se está perforando,

este tipo de sistema es conveniente, cuando se está perforando en materiales tales como el hormigón.

### **Brocas**



Figura. 2.14 Brocas de distintas medidas

Fuente: Constructalia

Una broca es una pieza metálica que junto a una maquina tal como un taladro, sirve para realizar perforaciones cilíndricas y retirar el material.

El tipo de metal del que está construida una broca varía según el material que se va a perforar ya sea materiales como concreto, madera o metales.

De igual manera las brocas varían en un sinnúmero de diámetros y largos.

#### **2.1.6.6 Proceso de soldadura**

Cuando se va a trabajar con conexiones soldadas entre perfiles tubulares es importante considerar la soldadura de fusión por arco eléctrico como la más idónea sin embargo, bien sea soldadura con electrodo recubierto o por arco sumergido, la elección dependerá básicamente de la cantidad de obra respecto a los rendimientos exigidos por el proyecto

#### **Tipos de soldadura**

## **Soldadura por Arco y Electrodo Recubierto**

### **Referidas al Electrodo (Material de Aporte):**

Es un proceso de soldadura manual a través de una varilla de acero recubierta por una capa de material orgánico que se quema y funde creando el ambiente adecuado para el proceso. Al mismo tiempo que la varilla se consume (material de aporte) se va depositando en la zona de unión o contacto.

### **Factores generales a considerar durante el proceso de soldadura**

- Se podrá utilizar cualquier electrodo con denominación superior a E60xx, el criterio que prevalece es que la resistencia a la tracción de la junta sea igual o superior a la del metal base.
- La clasificación y tamaño de electrodo, longitud de arco, voltaje y amperaje deberán ser los adecuados al espesor del material, tipo de junta, posición de soldadura y otras circunstancias. La corriente para soldadura deberá ser la recomendada por el fabricante del electrodo.

### **Referidas al Proceso de Soldadura:**

- Podrán realizarse uniones directas tubo a tubo por lo que se recomienda la soldadura de filete ó la soldadura de ranura que se adaptan a las uniones típicas
- Se debe graduar al amperaje indicado para garantizar que el metal base no sufrirá problemas de fusión y debilitamiento por este efecto.
- Mantener diferencias no mayores de 3 mm entre los espesores de las piezas a unir, cuando esto suceda, se debe considerar la colocación de planchas que sirvan de transición entre los elementos a unir.
- En los casos en que se trabaje con espesores menores de 4 mm se recomienda puntear la unión con un Electrodo de menor resistencia a la tracción y el cordón continuo con el Electrodo recomendado.
- Para garantizar la calidad de la soldadura, estas no deben realizarse cuando las superficies a soldar están húmedas o expuestas a la lluvia.

- Los tamaños y longitudes de las soldaduras deberán estar acordes con lo especificado en los planos y/o requerimientos de diseño.
- Las superficies del tubo estructural sobre las que se depositará la soldadura deberán ser de acabado liso, uniforme y libre de hendiduras, desgarramientos, grietas y otras discontinuidades que pudieran afectar de manera adversa la calidad y resistencia de la soldadura. Asimismo, las superficies a ser soldadas y las adyacentes a éstas deberán estar libres de cascarilla, óxido, escoria, humedad, grasa y materiales extraños que pudieran impedir una soldadura adecuada o producir humos y gases molestos.
- Las partes a soldarse una vez alineadas deben mantenerse en posición mediante tornillos, cuñas u otros medios adecuados.

### **Electrodo 6011**

Según la norma AWS (American Welding Society) el electrodo 6011 es un electrodo celulósico de alta penetración, estabilizado con potasio para soldar en todas las posiciones, incluyendo la vertical ascendente, con corriente alterna o directa, polaridad invertida. Su arco estable de fácil encendido lo hace el electrodo ideal para trabajos en los que la resistencia y el acabado sean lo más importante, como son trabajos estructurales, tuberías, barcos y reparación en general.

Tabla 2.5 corrientes optimas de aplicación en electrodo E6011

Diámetro (pulgadas)	3/32	1/8	5/32	3/16	1/4	Corriente
Corriente (amp)	60	105	155	190	-	CD/CA

Elaborado por: Alex Sánchez

Fuente: AGA

### **2.1.5.7 Pintado**

Es el proceso final de la construcción, con el objetivo de cuidar la estructura de los ataques de la oxidación producida por el ambiente.

La pintura anticorrosiva es una base que se coloca a una superficie, que se aplica directamente a los cuerpos de acero, y otros metales. Para ello puede usarse un proceso de inmersión o de aspersión. Éste tiene el propósito principal de prevenir la oxidación del material, y secundariamente el de proporcionar una superficie que ofrezca las condiciones propicias para ser pintada con otros acabados, esmaltes y lustres coloridos, su función es, principalmente la de evitar la degradación del material.

La pintura anticorrosiva se constituye por componentes químicos básicos tales como el silicato de sodio (que evita la corrosión), y el EDTA(un secuestrante activo) y tiene la función de proteger el acero, y para ello, no sólo se adhiere a la superficie, sino que procura reaccionar químicamente con la superficie metálica con la que toma contacto para modificarla y compenetrarse químicamente.

El acabado superficial fino ayuda al pintado anticorrosivo en la oxidación del metal pero además nos da una señal de alerta por lo llamativo de su color, en este caso el amarillo, facilitando su visibilidad y como señal de alerta a los operarios para evitar de esta manera accidentes laborales.

El proceso para el pintado del soporte comienza con la limpieza de las partes, se elimina todo resto de escoria dejada por el proceso de soldadura, se lija y se elimina las asperezas de los cordones de soldadura en las juntas de las piezas.

Posteriormente se procede a eliminar, polvo y grasas del material mediante un diluyente que puede ser el tiñer.

Una vez realizado el proceso de limpieza se deja el soporte a la luz del sol, esto para lograr una mejor adherencia de la pintura con el material, evitando que esta se corte o se choree.



## **CAPITULO III**

### **3.1 Preliminares**

#### **3.1.1 Estudio de alternativas**

Basándonos en el estudio de la R-DAC 145, la cual indica que un taller aeronáutico, debe contar con todo el equipo necesario para facilitar los trabajos, se plantean alternativas para el diseño y posterior construcción de un soporte para el motor PT-6, tomando en cuenta algunos factores tales como: funcionalidad, ergonomía, dificultad, costos, etc. que serán determinantes a la hora de elegir una de las alternativas.

##### **Primera Alternativa**

Se presenta como primera alternativa, la construcción de un soporte que mantenga al motor estático y que solo sirva para trasladar dicho motor de un lugar a otro.

##### **Segunda alternativa**

Se propone como segunda alternativa, la construcción de un soporte para el motor PT-6, que permita al operador mover al motor sobre su eje transversal, permitiéndole así manipular y observar el motor y sus accesorios en su totalidad.

El tipo de soporte que se construirá será elegido tomando en cuenta los siguientes factores:

- Factor Técnico
- Facto seguridad
- Factor económico

##### **3.1.1.1 Primera alternativa**

###### **Soporte estático**

Este tipo de soporte se usa en compañías de aviación que hacen mantenimientos menores en los motores y en las estructuras, se usa cuando el motor va a ser

desmontado para realizar inspecciones en el resto de la aeronave, solo para que el motor no esté asentado en el suelo más no para realizar operaciones de mantenimiento en él, ya que este no presta la facilidad de mover el motor a gusto del operario, es sencillo de construir y diseñar y no presenta mayores ventajas funcionales.



**Figura 3.1 Ejemplo de un soporte estático**

**Fuente: Investigador**

### **3.1.1.2 Segunda alternativa**

#### **Soporte movable.**

Este tipo de soporte se usa en los centros de mantenimiento y reparación aeronáutica, en donde se realizan mantenimientos mayores a una aeronave, este tipo de soporte presenta la facilidad de mover el motor a gusto del operario, pudiendo así hacer tareas de mantenimiento y reparación del motor. Su diseño y construcción presentan complejidad pero presenta grandes ventajas funcionales



Figura 3.2 Ejemplo de un soporte móvil

Fuente: Investigador

### **3.1.2 Ventajas y desventajas de las dos alternativas**

Tomando en cuenta las dificultades, falencias y necesidades que tienen los estudiantes al realizar las prácticas en el motor PT-6 obtenidas en la investigación previa a este proyecto, se hace un análisis completo y minucioso de las ventajas y desventajas que presentan ambas alternativas en cuanto a factores técnicos, de seguridad, y económicos, con el fin de construir el adecuado, y que satisfaga las necesidades que tienen los estudiantes de la carrera de Mecánica aeronáutica-mención motores del I.T.S.A.

Tabla 3.1: ventajas y desventajas alternativa 1

<b>Ventajas y desventajas del soporte estático</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil diseño y construcción</li> <li>• Fácil uso</li> <li>• Poco mantenimiento</li> <li>• Se puede trasladar el motor de un lugar a otro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No es manipulable</li> <li>• No brinda comodidad al trabajar</li> <li>• No se puede observar el motor en su totalidad</li> <li>• No presenta mayor funcionalidad</li> <li>• No es apto para uso en centros de reparaciones</li> </ul>

Elaborado por: Alex Sánchez

Fuente: Investigador

Tabla 3.2: Ventajas y desventajas alternativa 2

<b>Ventajas y desventajas del soporte móvil</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es manipulable</li> <li>• Brinda un máximo de ergonomía al operario</li> <li>• Permite la total observación del motor</li> <li>• Permite realizar prácticas de mantenimiento mientras el motor está montado en el</li> <li>• Presenta gran funcionalidad dentro del taller</li> <li>• Es de fácil uso</li> <li>• Es de fácil operación</li> <li>• No presenta dificultad en el mantenimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño y construcción complejos</li> <li>• Alto costo de construcción</li> <li>• Presenta costos de mantenimiento</li> </ul>

Elaborado por: Alex Sánchez

Fuente: Investigador

### 3.1.3 Análisis cuantitativo de la factibilidad de construcción de alternativas

Para realizar una evaluación sobre la construcción de una de las dos alternativas antes mencionadas, se toma en cuenta los siguientes factores: Técnico, de seguridad, económico, otros. Estos factores son tomados de acuerdo al análisis de ventajas y desventajas que ofrece cada alternativa presentado en la sección anterior.

Cada factor tiene asignado un valor X el cual representa el peso que tiene dicho factor, para determinar cuál de las dos alternativas será construida.

A su vez cada factor tiene varios parámetros los cuales serán calificados cuantitativamente, asignándole un valor numérico los cuales sumados darán como resultado el valor del factor. Se suman los totales de cada factor, y la alternativa que suma el mayor puntaje será la más idónea para construir

Tabla 3.3 Valoración de los factores

<b>Factor</b>	<b>Valor x</b>
• Factor técnico	5
• Factor Seguridad	3
• Factor Económico	2

Elaborado por: Alex Sánchez

Fuente: Investigador

Cabe recalcar que el factor económico es el menos determinante.

### **3.1.3.1 Análisis de parámetros**

A continuación se explica que parámetros y cuáles son las características que debe tener cada alternativa para cumplir con dichos parámetros.

#### **Factor técnico**

- **Materiales**

Se refiere al tipo y cantidad de material que se usará en la construcción del soporte, si este es fácil de conseguir, si es fácil de trabajar con este material, etc.

- **Construcción**

Indica la dificultad o facilidad con que puede llevarse a cabo la ejecución de este proyecto, si el proceso de construcción es sencillo o si por el contrario este se presenta muy difícil.

- **Aplicabilidad**

Nos indica si este es o no aplicable en el taller del bloque 42 para satisfacer las necesidades de los estudiantes.

- **Funcionalidad.**

Indica si este será útil o no, si presentara las características necesarias para ser manipulable y poder usarlo como una ayuda en las prácticas.

### **Factor seguridad**

En este caso se mide la estabilidad del soporte, si este es capaz o no de sostener al motor estable mientras se realizan prácticas en el.

### **Factor Económico**

Costo de construcción

Se refiere a la cantidad de dinero que se usara en la compra de materiales, uso de herramientas, horas/hombre, costos varios.

Costos de mantenimiento

Se refiere al costo que representara mantener en buen estado el soporte y alargar la vida útil de este

Tabla 3.4: Evaluación cuantitativa de factores

Factor / Parámetro	Calificación parámetros		Total Factor	
	Alt 1 Soporte estático	Alt 2 Soporte Móvil	Alt 1 Soporte estático	Alt 2 Soporte Móvil
<b>Factor Técnico</b>			3	4.3
Materiales	1	1		
Construcción	1	0.9		
Aplicabilidad	0.5	1.2		
Funcionalidad	0.5	1.2		
<b>Factor Seguridad</b>			2.5	3
<b>Factor económico</b>			1.8	1.6
Costo de construcción	1	0.8		
Costo de mantenimiento	0.8	0.8		
Total de los factores			7.3	8.9

Elaborado por: Alex Sánchez

Fuente: Investigador

### 3.1.4 Análisis cualitativo



Para obtener una decisión más contundente se hace un análisis cualitativo de ambas alternativas basado lo siguiente: cuadro de ventajas y desventajas, tabla de evaluación cuantitativa de los factores y además en las experiencias obtenidas sobre las practicas realizadas en el motor PT-6.

#### **3.1.4.1 Alternativa uno: Soporte estático**

Pese a que esta alternativa presenta más facilidad en el diseño y menor costo de construcción, no presenta la funcionalidad y aplicabilidad que requiere el taller del bloque 42, y por ende los alumnos que en el realizan las practicas.

Esto se debe a que no presenta las facilidades necesarias para realizar prácticas de mantenimiento en el motor PT-6 cuando este está sujeto a este tipo de soporte.

#### **3.1.4.2 Alternativa dos: Soporte móvil**

Esta alternativa cumple con los requerimientos del taller del bloque 42, además de que esta alternativa es muy funcional ya que presenta la facilidad de mover el motor a gusto del operario que esté realizando la práctica. Además evita que la persona o personas que estén realizando la práctica hagan esfuerzo físico para mover el motor, evitando así lesiones y accidentes laborales.

Pese a que es más costoso y de difícil construcción este es un soporte novedoso y que realmente va a satisfacer las necesidades de los estudiantes de la carrera de mecánica- motores del I.T.S.A.

#### **3.1.5 Selección de alternativa**

Se selecciona la segunda alternativa, ya que esta es la más se apega a las necesidades del taller del bloque 42 y a la de los estudiantes del I.T.S.A.

Este soporte será construido con las dimensiones necesarias y con la capacidad de sostener el motor y a su vez las cargas adicionales que se presentan cuando se realizan las prácticas, dando así seguridad a los estudiantes y resto de personal del taller.

### **3.2 Análisis Económico**

En esta parte se detalla los gastos realizados directa e indirectamente en la construcción del soporte móvil para el motor PT-6, gastos como compra de material, uso de herramientas y equipos especiales y gastos varios.

Para elaborar un presupuesto se resaltara los puntos más importantes como son el material, herramientas y además se incluyen los gastos indirectos.

Tabla 3.5: Costo de materiales

Cantidad	Detalle	Costo
4	Tubo rectangular 80 x 40 x 2 mm	300
3mts	Perfil angular de 1" x 2mm	22
1	Tubo Cuadrado de 80 x 80 x 2mm	60
6	Rodamientos y correderas	71.5
4	Garruchas para el soporte	72
8	Pernos de diferente diámetro	3
<b>Total</b>		<b>528.50</b>

Elaborado por: Alex Sánchez

Fuente: Investigador

**Tabla 3.6** Costo de herramientas y equipos

Cantidad	Detalle	Costo
4	Disco de cote metal 7"	11.96
1	Disco corte metal 12"	4.75
5lbs	Electrodo E6011	6.70
1	Uso de maquina baroladora	30
1	Broca para metal 5/16	1.20
1	Asesoría técnica	60
1	Uso de soldadora eléctrica	50

Elaborado por: Alex Sánchez

Fuente: Investigador

Tabla 3.7 Otros gastos

Cantidad	Detalle	Costo
1	Reparación de la carcasa de la turbina y tobera de escape del motor PT-6	150
	Transporte del material	50
	Impresiones y anillados	70
	Transporte personal	20

Elaborado por: Alex Sánchez

Fuente: Investigador

El costo total de la construcción del soporte se calcula en la siguiente tabla.

Total costo de material	528.50
Total costo de herramientas	164.61
Otros gasto	290
Gasto total	983.11

El costo total de la realización de este proyecto llega a la suma de 983.11 dólares americanos.

### 3.3 Factor legal

El sustento legal que se usa para este proyecto está basado en la parte 145 de las regulaciones de la Dirección de Aviación Civil que trata sobre las estaciones de reparación aeronáuticas la cual textualmente indica:

#### **PARTE 145**

#### **ESTACIONES DE REPARACIÓN AERONÁUTICO**

#### **SUBPARTE C – INSTALACIONES, FACILIDADES, EQUIPOS, MATERIALES Y DATOS (sub parte 145.101)**

Una estación de reparación certificada debe proporcionar, instalaciones facilidades, equipos de apoyo, materiales y datos que cumplan con los

requerimientos aplicables para la emisión del certificado y habilitación que posee la estación de reparación.

### **INFRAESTRUCTURA Y FACILIDADES (sub parte 145.103)**

Cada estación de reparación certificada debe proporcionar:

- 1- Las facilidades de equipos, materiales y personal que sean consistentes con sus habilitaciones.
- 2- Facilidades para realizar, de manera más apropiada, el mantenimiento, mantenimiento preventivo o alteraciones de artículos o servicios especializados para los cuales está habilitado.

Las facilidades deben incluir lo siguiente:

- i. Suficiente espacio y áreas de trabajo para una apropiada segregación y protección de los artículos durante todo el mantenimiento
- ii. Áreas de trabajo sagradas que permitan operaciones peligrosas o sensibles para el medioambiente tales como pintura, limpieza, soldadura, trabajos de aviónica, trabajos eléctricos y maquinados, que se deben realizar apropiadamente y que no afecten de manera adversa a otros artículos o actividades de mantenimiento o alteraciones.
- iii. Suficiente espacio para segregar los artículos y materiales que están almacenados para su instalación, de aquellos artículos que están siendo sometidos a mantenimiento, mantenimiento preventivo o alteración.
- iv. Suficiente ventilación, iluminación y control de temperatura, humedad y otras condiciones climáticas suficiente para asegurar que el personal realice el mantenimiento, mantenimiento preventivo o alteraciones según los estándares requeridos por esta parte.

v. Perchas, elevadores, bandejas, equipos de apoyo y otros medios utilizados para la segregación durante el almacenaje y protección de todos los artículos que están siendo sometidos a mantenimiento, mantenimiento preventivo y alteraciones.

a) Tomaremos muy en cuenta que se ha mencionado que en un taller de mantenimiento es esencial por la DGAC que se encuentre implementado equipos de elevación como también se encuentren equipos de apoyo para facilitar las tareas de mantenimiento.

b) Una estación de reparación certificada con una habilitación en estructuras debe proporcionar instalaciones permanentes y apropiadas para albergar el tipo y modelo más grande de aeronave listada en sus especificaciones operacionales; y,

c) Una estación certificada puede realizar mantenimiento, mantenimiento preventivo o alteración que sean aceptables por la DGAC y cumpla con los requerimientos mencionados.

#### **REQUERIMIENTO DE EQUIPOS, MATERIALES Y DATOS. (Sub parte 145.109)**

i. Un taller deberá tener el equipo, herramientas y materiales necesarios para realizar el mantenimiento, mantenimiento preventivo o alteraciones. Además estos equipos, herramientas y materiales tienen que estar localizados en las instalaciones y servicios, bajo el control de la estación de reparación cuando se esté realizando el trabajo.

ii. El taller deberá asegurar que todo el equipo de pruebas e inspección y herramientas especiales, equipos de apoyo utilizadas para realizar el mantenimiento requerido se encuentren en perfectas condiciones.

- iii. Los equipos, equipos de apoyo, herramientas, herramientas especiales deberán ser recomendados por el fabricante o de otra manera deberán ser equivalentes a ellos.
- iv. Deberán tener datos requeridos para la ejecución de mantenimiento.

### 3.4 Diseño

Para la construcción del soporte móvil para el motor PT-6 se tomo como base el diseño realizado en la tesis del Sr. Francisco Santiago Romero Estudiante de la carrera de mecánica aeronáutica- mención motores del I.T.S.A., la cual presenta los siguientes datos:

- **Materiales:**

- Tubo rectangular de acero ASTM A36 de 80 x 40

- Tubo Cuadrado de acero ASTM A36 de 80 x 80

- Angulo de Acero ASTM A36 de 25.5

- **Medidas**

- Ver parte 3.5 de este documento y el anexo B

- **Datos sobre Esfuerzos y factor de seguridad en determinados puntos.**

- **Esfuerzo en la base principal**

- Fuerza aplicada: 238.32 Nw

- Reacción resultante: 338.92 Nw.

- Momento máximo: a 510 mm desde cualquiera de los extremos representa una fuerza de 163.02 Nwm.

- Fact. De seguridad 9.7

- **Esfuerzo en el larguero**

- Carga aplicada: 338 Nw

- Reacción Resultante: 140.77 Nw

- Momento Max. En el centro de gravedad 77.33 Nw

### 3.5 Construcción.

En esta parte se detalla los procedimientos que se tomaron para la construcción del soporte, basados en los datos de la tesis mencionada en el capítulo anterior.

### **3.5.1 Preparación de los materiales utilizados en la construcción del soporte.**

#### **3.5.1.1 Elaboración del marco principal (Sección 1)**

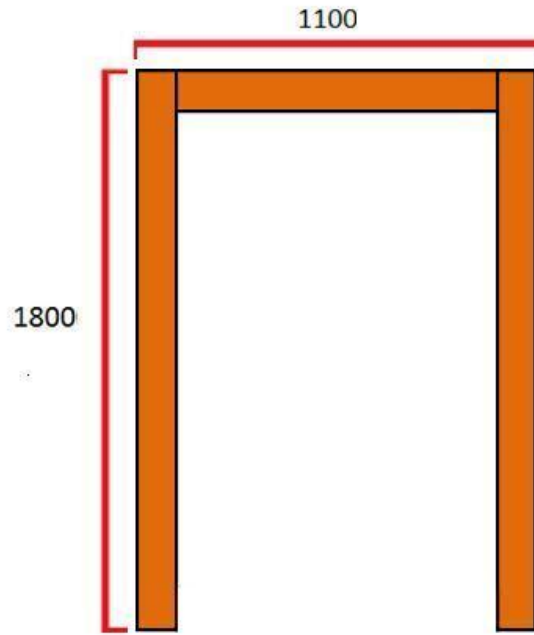
Se procede a cortar el tubo rectangular para el armado del marco principal: el cual consta de:

- dos piezas de 1800 mm (largueros)
- una piezas de 940 mm ()

Para este propósito se usa una tronzadora de disco de 12" la cual nos permite cortar el material con mayor precisión y rapidez, los cortes que se van a realizar sobre el tubo son en ángulo recto

Una vez obtenidas las tres piezas se procede a eliminar las rebabas que quedan del corte mediante una amoladora equipada con un disco de desbaste de metal, para así poder proceder a la unión mediante soldadura de dichas piezas.

El proceso de soldadura se lleva a cabo, mediante una soldadora de arco eléctrico, en la cual se usa el electrodo E6011, para este proceso la soldadora se coloca en 120 amp. El soldado entre estas tres piezas se lo realiza de una forma provisional, es decir se procede a "puntear" mediante la suelda, esto se hace debido a que en el proceso de soldadura las piezas tienden a perder la escuadra y a torcerse, Por esta razón el soldado definitivo se lo lleva a cabo en la siguiente fase.



**Figura 3.3 Representación del marco principal**  
**Fuente: investigador**



**Figura 3.4 Marco principal del soporte**  
**Fuente: Investigador**



### **3.5.1.2 Construcción de la base para los rieles que sostienen al motor (Sección 2)**

Para la construcción de estas bases, se procede a cortar el tubo rectangular de 80 x 40 x 2 mm en las siguientes piezas:

- 2 piezas de 940 mm (bases principales)
- 4 piezas de 260 mm (parantes)
- 2 piezas de 350 mm (larguerillos)
- 4 piezas de 452.22 mm (soportes diagonales interiores)
- 4 piezas 382 mm (soportes diagonales laterales)

Las bases principales van soldadas en los costados interiores de ambos largueros del marco.

La primera base va soldada a una distancia de 280 mm medida desde la parte frontal del soporte, en este punto se debe colocar una de las caras angostas del tubo rectangular, formando un ángulo de 90 grados entre el larguero y el tubo que servirá de base.

La segunda base va soldada a una distancia de 430 mm medidas del punto en el que se coloca la primera base y se procede igual que en la primera.

Cabe recalcar que los puntos donde van colocadas las bases principales son tomados del diseño ya que en estos puntos se ubican los soportes del motor.

De igual manera que en la sección 1 se procede a unir las bases principales a los largueros mediante puntos provisionales de suelda, esto permite alcanzar un correcto escuadrado entre los largueros y las bases principales.

Una vez bien niveladas todas las piezas se procede al soldado definitivo.

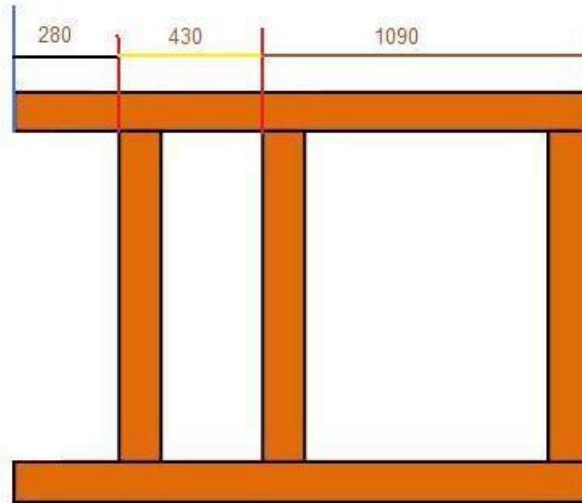


Figura 3.5 Representación de las bases principales

Fuente: Investigador

Una vez terminado el proceso de soldado de las bases principales, se procede a soldar los parantes. Estos van soldados en forma perpendicular a las caras anchas de los largueros, y en los mismos puntos en los que se colocan las bases principales.

El propósito de los parantes es sostener las cargas verticales que se produzcan en los soportes diagonales interiores.

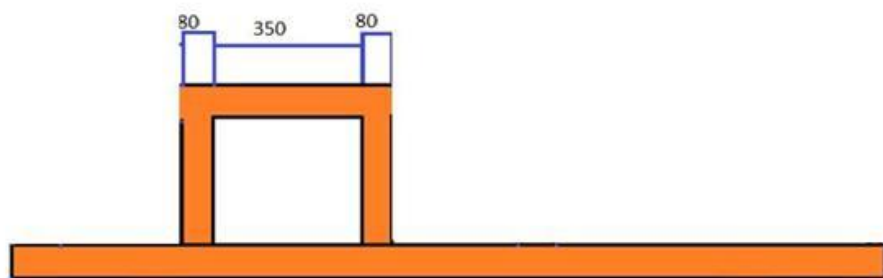


Figura 3.6 Representación de los parantes

Fuente: Investigador



Figura 3.7 Parantes del soporte

Fuente: investigador

Para obtener las piezas que se convertirán en los soportes diagonales interiores, tomamos las piezas de tubo rectangular de 452.22 mm y mediante una amoladora de 7" realizamos en uno de los extremos un corte con un ángulo de  $35^\circ$  y por el otro extremo un corte con un ángulo de  $55^\circ$  obteniendo así una cara de 452 mm (cara superior) y la otra de 366.44 mm

Una vez obtenidas estas piezas se procede a la unión mediante soldadura a las siguientes partes:

- El lado que tiene el corte de  $35^\circ$  se une a la base principal a una distancia de 370 mm medidas desde el punto de unión de los largueros y las bases principales. El mismo procedimiento se usa en las 4 piezas
- Y el lado que tiene el corte con ángulo de  $55^\circ$  se une con la parte superior de los parantes, en las caras interiores de los mismos. El mismo procedimiento se usa en las cuatro piezas.

Los soportes diagonales interiores son los que sostendrán las correderas secundarias y a su vez soportaran las cargas que produzca el motor transmitiendo estas hacia la base principal y al parante respectivo.

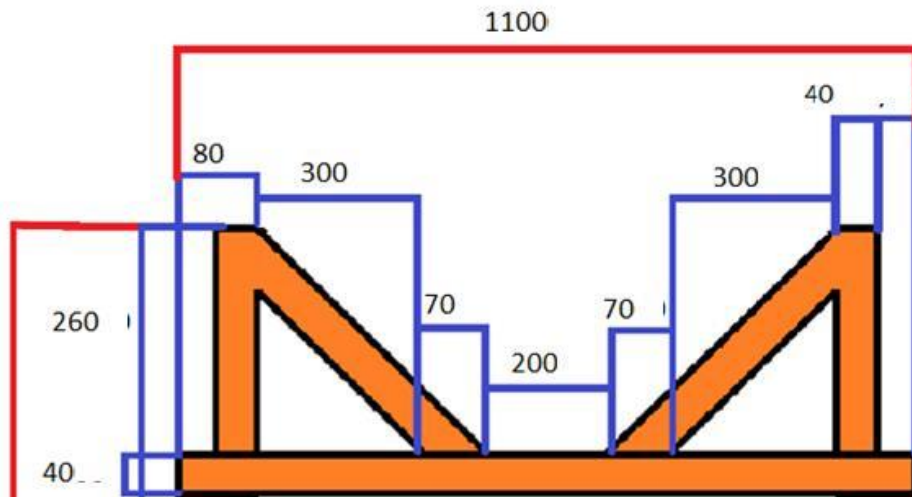


Figura 3.8 Representación de los soportes diagonales interiores

Fuente: Investigador

Para la obtención de los soportes diagonales laterales se procede a cortar las piezas de tubo rectangular de 382 mm mediante una amoladora, por el un lado se realiza un corte con un ángulo de  $42^\circ$  y por el otro lado se realiza un corte con un ángulo de  $47^\circ$  quedando dichas piezas con una longitud en la cara superior de 382 mm y en la cara inferior una longitud de 254.56 mm.

El número de soportes laterales es de cuatro, cada uno va soldado entre el parante y el larguero correspondiente. Este soporte sirve básicamente para distribuir las cargas que genera el peso del motor a distintos puntos en el larguero correspondiente.

Los larguerillos son piezas también de tubo rectangular que van soldadas entre los parantes, uno a cada lado, estos se sueldan en los perfiles internos de cada parante en la parte superior y van en forma paralela al larguero, tienen una longitud de 350mm.

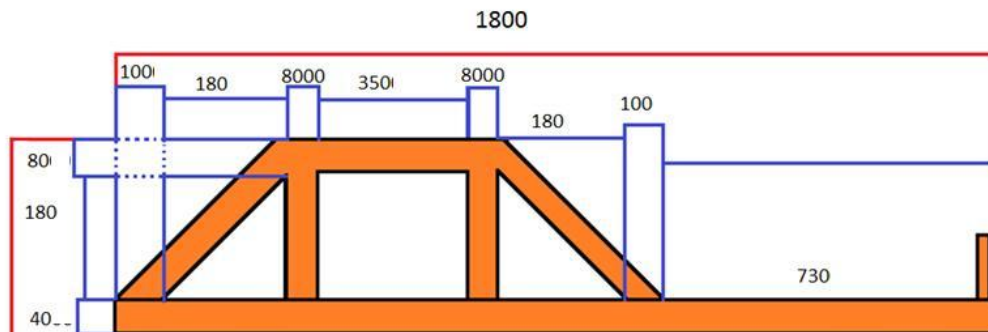


Figura 3.9 Representación soportes diagonales laterales y larguero

Fuente: Investigador

### Correderas

Las correderas se usan en este soporte para que sirvan de guías para los rieles que sostienen al motor, son de canal en forma de V el cual permite que se acople perfectamente a la parte exterior del perfil angular.

Para la construcción del soporte se usan dos tipos de correderas

- **Correderas con soporte triangular para atornillar o soldar.-** Estas correderas se usan como guía principal y son las que soportan la mayor cantidad de carga, se usaran dos de estas correderas, tienen las siguientes dimensiones:

Estas correderas según las especificaciones del diseño van atornilladas en la parte central de las bases principales (una en cada base), es decir que el punto medio del largo de la corredera deberá coincidir con el punto medio del largo de la base, de la misma manera el punto medio del ancho de la base debe coincidir con el punto medio del ancho de la corredera. La unión de la corredera a la base es mediante tornillos de 1 ½ plg junto con arandelas planas de 5/16 plg Estas correderas se unen mediante pernos debido a que son las más propensas a sufrir daños y de esta manera será más fácil su extracción ya sea para repararlas o para remplazarlas.



Figura. 3.10 Corredera principal montada en el soporte

Fuente: Investigador

- **Correderas con soporte cuadrado para soldar.-** En la construcción del soporte se usan cuatro de estas correderas.

Estas correderas van unidas a cada soporte diagonal interno, mediante soldadura, la parte frontal de la corredera (cualquiera de los dos lados de la corredera) va ubicada a una distancia de 200 mm medidas desde el punto en que se une el soporte diagonal interno con la base principal respectiva, hacia la parte superior. Según el diseño esta es la distancia correcta, ya que a esta distancia el riel que recorre sobre esta, siempre está en contacto al momento de girar y recorrer.

De igual forma debe estar al mismo recto que la corredera principal para que el giro del riel sea correcto.

Estas correderas sirven para darle estabilidad al giro del motor sobre el eje horizontal, y a la vez transmitir las cargas, que se presentan al momento en que el motor está girando, sin embargo el diseño está hecho para que también soporte las cargas del motor cuando este permanece estático.



Figura. 3.11 Correderas con soporte para soldar

Fuente: Investigador

### **3.5.1.3 Elaboración de los rieles de soporte (Sección 3)**

Los rieles de soporte están contruidos con perfil angular de 1 plg y 2 mm de espesor

Para la elaboración de las rieles de soporte se usa una pieza de perfil angular que tiene una longitud de 2600 mm.

Para doblar el perfil se usa una baroladora. La cual consta de tres rodillos dispuestos en forma triangular, que giran simultáneamente accionados mediante un motor eléctrico. Se pasa el perfil por medio de los tres rodillos hasta que ambos extremos del perfil se unan.

Una vez realizado este proceso, con un arco de sierra, se procede a cortar en la mitad la circunferencia armada con el perfil, y de esta manera se obtienen ambos rieles, uno para cada punto de soporte del motor.

Estos rieles se colocan sobre las correderas que existen en cada base principal, para que estas ayuden a girar cuando los rieles estén soportando al motor.



Figura 3.12 Rieles montados en el soporte

Fuente: Investigador

#### **3.5.1.4 Construcción de la suspensión para el soporte del motor. (Sección 4)**

La suspensión diseñada para este soporte es de tipo rígida, está construida de un tubo cuadrado de 80 x 80 mm x 2 mm

Para obtener la suspensión del soporte según la especificación del diseño. Se debe cortar el tubo cuadrado en las siguientes piezas:

- 4 piezas de 350 mm
- 4 piezas cortadas en ángulo cuya cara inferior mide 300 mm y la cara superior mide 140mm

Las 4 piezas de 350 mm servirán como suspensiones principales conectando la base del soporte con las garruchas.

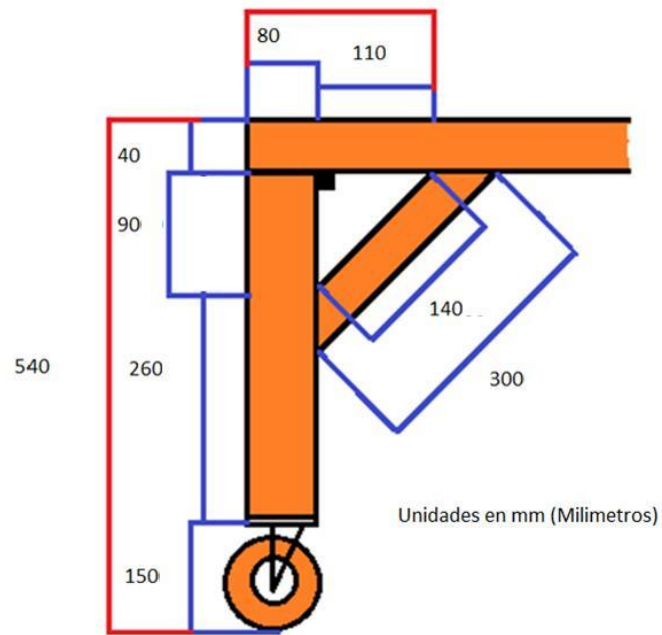
Estas piezas se unen mediante soldadura directamente a cada esquina que se forma en el marco principal de esta manera nos ofrece estabilidad al soporte.

Las otras 4 piezas que son cortadas en ángulo forman una escuadra entre la suspensión principal y el marco principal del soporte.

Estas piezas brindan solides a la suspensión ya que vuelven más estable a la suspensión principal y además reducen el esfuerzo que esta realiza.

Estas piezas se unen al marco principal y a la suspensión mediante soldadura.





**Figura 3.13 Representación suspensión del soporte**  
**Fuente: Investigador**



**Figura 3.14 Suspensión del soporte**  
**Fuente: Investigador**

## **Garruchas**

En el soporte se han usado 4 garruchas, una por cada pata. Dos de estas garruchas tienen un soporte fijo, es decir no giran, estas dos van colocadas en la parte frontal del soporte.

Las otras dos garruchas tienen soporte móvil es decir giran y pueden dar la dirección deseada al mover al soporte, estas dos van colocadas en la parte trasera del soporte.

### **3.5.1.5. Construcción de sistemas adicionales y puntos de anclaje para el motor en el soporte (Sección 5)**

- **Platinas de anclaje**

Están contruidos de una platina de acero ASTM A 36 que tiene una medida de 80 mm x 70 mm x 3 mm con un agujero que tiene un diámetro de 30 mm, estas platinas van unidas mediante soldadura a las rieles en forma de U.

Estas platinas van sujetas a los puntos de anclaje del motor de tal forma que coincidan los agujeros tanto de la platina como del punto de anclaje para que pueda pasar un pin de seguridad que atraviese a ambas, asegurando de esta forma el motor contra el soporte.



Figura 3.15: Platina de anclaje

Fuente: Investigador

- **Freno de las rieles en forma de U**

La función principal de este freno es retener al motor en la posición que el operador desee. Para este fin este freno mantiene estática al riel en forma de U.

Este sistema consta de las siguientes partes:

- Base para tornillo sin fin
- Tornillo sin fin M15
- Manija
- Freno en G

Para la construcción de este freno se realiza una perforación en el soporte diagonal interno derecho (mirando de frente al soporte) la cual tiene un diámetro de 19 mm por la cual se pasa la base del tornillo sin fin la cual tiene una longitud de 100 mm la cual es unida a la estructura del soporte mediante soldadura en ambos extremos de la base.

El Tornillo sin fin tiene una longitud de 120 mm en el cual: Al un extremo se coloca la manija, la cual servirá de apoyo para hacer girar el sin fin manualmente. En el otro extremo se coloca el freno en G el cual literalmente abraza al riel.

El Sistema de freno de la U funciona de la siguiente manera:

Cuando se hace girar el tornillo sin fin hacia la izquierda mediante la manija, el freno en G comienza a descender aplastando al riel contra los rodamientos, haciendo que esta quede en la posición indicada.

Para el proceso contrario, o sea dejar mover a la U se hace girar el tornillo sin fin hacia la derecha



Figura 3.16 Sistema de freno

Fuente investigador

- **Trinche o jaladera**

Este está construido de una pieza de tubo redondo de 60 mm de diámetro que tiene una longitud de 580 mm el cual va unido mediante un pin hacia la estructura principal del soporte.

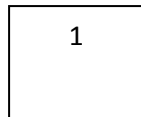
Al otro lado tiene un mango en forma triangular el cual facilita la manipulación de dicha jaladera, el cual aumenta la longitud de la pieza completa hasta 600 mm.

Este trinche tiene movimiento sobre el eje vertical y es removible.

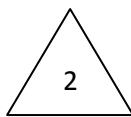
### 3.6 Diagrama de procesos

Este diagrama detalla en orden cronológico las fases de construcción y pruebas del soporte móvil para el motor PT-6.

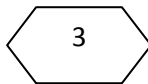
#### 3.6.1 Especificación de las figuras de los diagramas.



Trabajos sobre el material o piezas para cada sección

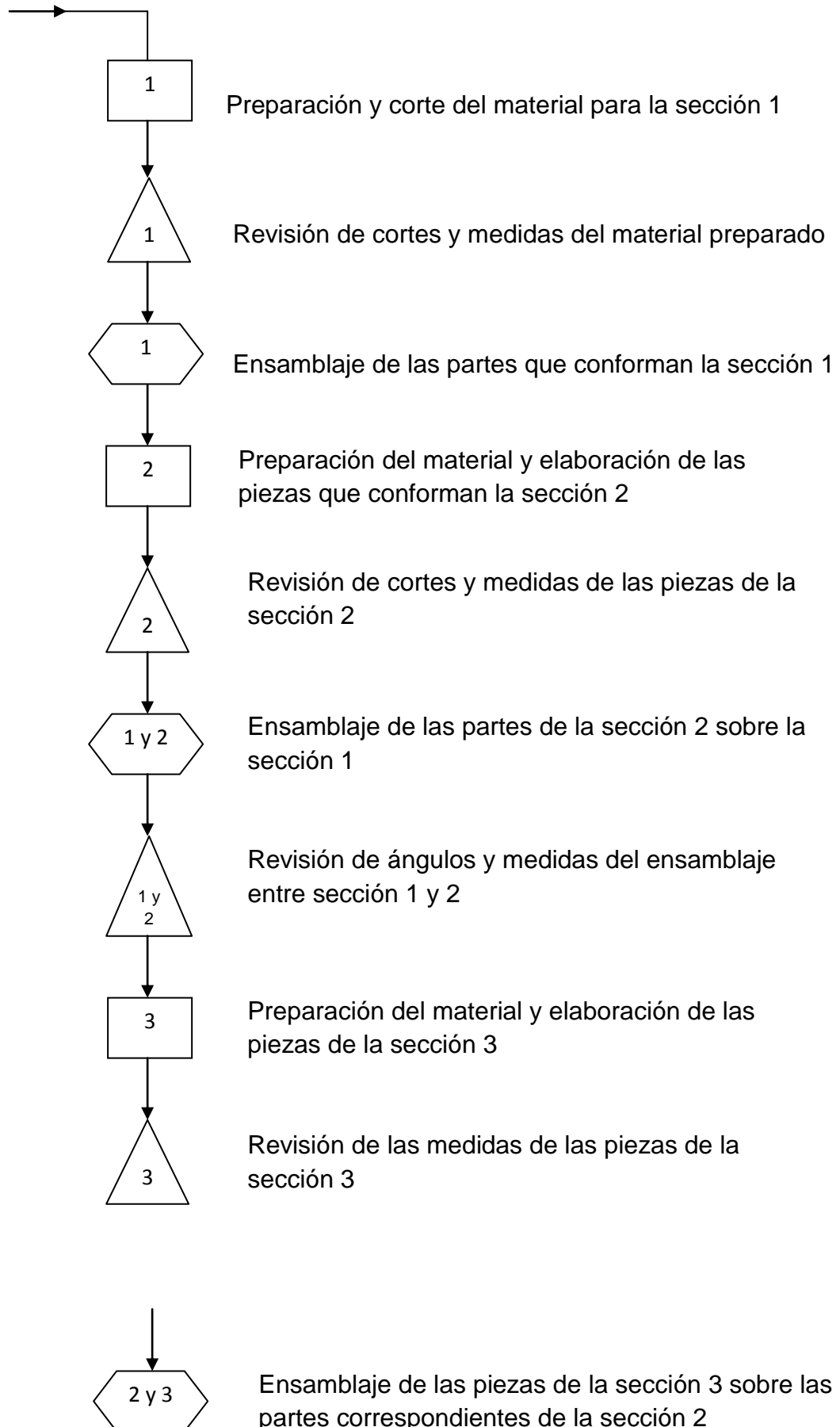


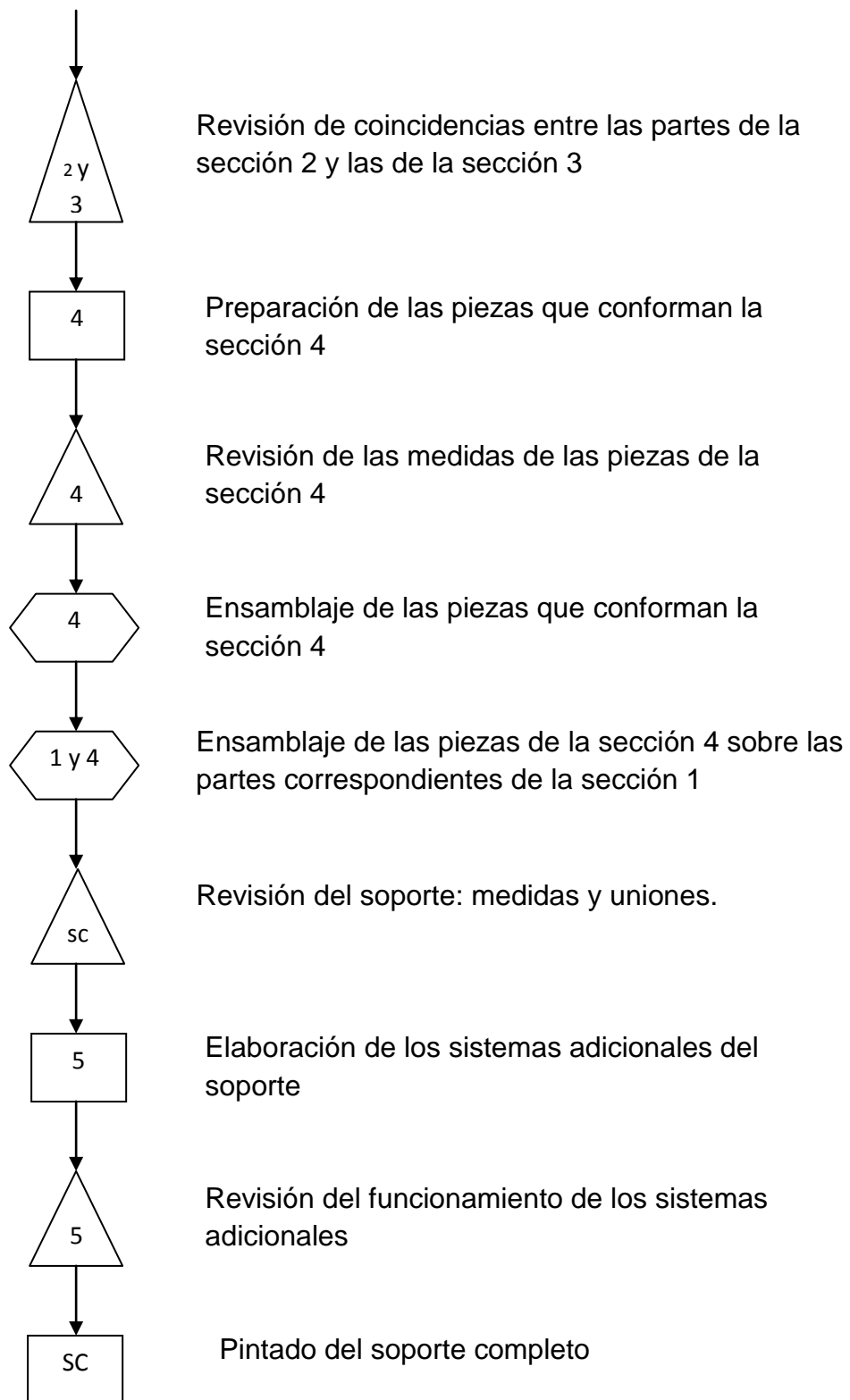
Revisiones de cortes y medidas



Ensamblaje de partes y secciones


### 3.6.2 Diagrama de procesos y fases de construcción del soporte





### 3.7 Pruebas y análisis de resultados

--	--	--

 <p><b>ITSA</b></p>	<b>MANUAL DE OPERACIÓN</b>		Revisión No: 01
	<b>PROCEDIMIENTO PARA LA UTILIZACIÓN DEL SOPORTE MOVIL PARA EL MOTOR PT-6</b>		
	Elaborado por: Alex Sánchez		
	Aprobado por: Ing. Juan Yanchapaxi	Fecha: 2011-23-05	Fecha: 2012-23-05

### Objetivo

Utilizar el soporte adecuadamente evitando accidentes producidos por los malos procedimientos al momento de realizar las practicas de mantenimiento en el motor PT-6

### Alcance

Prevenir averías en componentes del motor y daños físicos en el personal del taller y estudiantes.

### Responsabilidades

- Las personas que están realizando las practicas sobre el motor PT-6 son las responsables del buen uso y correcto estado tanto del soporte como del motor y sus partes y accesorios.
- El Instructor es el responsable de controlar los procedimientos que se toman al momento de manipular el soporte y las tareas que se realizan en el motor.

### Normas de seguridad

- Usar las herramientas y equipos de apoyo apropiados.
- Usar el equipo de seguridad que se exige en el taller para evitar daños en la salud del personal:



## **Equipo a utilizar**

- Caja de herramientas.
- Equipos de apoyo con la hoja de registro y manual de seguridad del “Soporte móvil”.
- Equipos de seguridad.

## **Pasos para la utilización del soporte.**

1. Verificar si se tiene las herramientas y el equipo necesario para realizar una práctica.
2. Mediante inspección visual revisar los siguientes puntos en el soporte:
  - Revisar el estado de las garruchas del soporte (físico)
  - Verificar si las garruchas del soporte están frenadas.
  - Verificar el estado de la estructura del soporte (rajaduras torceduras).
  - Revisar las correderas.
  - Verificar si los puntos de anclaje del motor están en perfecto estado.
  - Verificar si el motor esta correctamente anclado al soporte
3. Una vez verificados los puntos anteriores se pueden realizar las practicas de mantenimiento en el motor PT-6
4. Una vez terminada las prácticas se debe dejar al motor asegurado en una posición, es decir que el motor no se mueva por sí solo.
5. Revisar que las herramientas que se usaron estén completas
6. Dejar el área de trabajo limpia.

**FIRMA DE RESPONSABILIDAD** \_\_\_\_\_

### **13.7.1 Análisis de los resultados**

Los resultados obtenidos son satisfactorios, el soporte realmente cumple con las necesidades que tiene el taller y con las de los estudiantes, debido a que este

cumple con las funciones que debe desempeñar de excelente manera, siempre y cuando se lo opera en una manera adecuada.

### **3. 8 Operatividad del soporte móvil para el motor PT-6**

Una vez terminado el soporte, se procede a realizar una inspección y posterior prueba de funcionamiento del mismo, con la finalidad de observar la resistencia del material y de las uniones mediante suelda y pernos que conforman el soporte. Además se realiza una inspección para corroborar que los datos que arroja el diseño son los correctos y que los puntos de anclaje del motor hacia el soporte y las bases están en el lugar que corresponden, obteniendo excelentes resultados.

Se podrá observar el desempeño del soporte móvil para motor PT-6 en los talleres de mecánica del I.T.S.A.

Al concluir la construcción y posteriores pruebas se observa que el funcionamiento del soporte es el correcto y que además la manipulación, uso, y realización de prácticas sobre este se las puede realizar de una forma cómoda y segura.

Terminados los chequeos de operatividad se procede, a la revisión del estado de los materiales y partes del soporte y se los encuentra en excelente estado.

### **3.9 Elaboración de manuales**

Con el fin de que el soporte tenga una larga vida útil y evitar accidentes al momento de usarlo, se procede a la creación de manuales que guiaran a los operadores del soporte, manuales que ayudaran en la forma de usarlo, en el mantenimiento del soporte y las normas de seguridad que se debe seguir al momento de usar el soporte.

#### **3.9.1 Tipos de manuales**

Para el correcto uso y operación del soporte se procede a crea los siguientes manuales:

- Manual de mantenimiento

- Manual de seguridad
- Hoja de registros

### **3.9.1.1 Manual de mantenimiento**

Este manual ayuda a preservar la integridad de la estructura y de los distintos dispositivos con los que cuenta el soporte, para evitar posteriores desperfectos y por ende percances al momento en que los estudiantes están realizando las prácticas.

	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>	
<b>ITSA</b>	<b>PROCEDIMIENTO PARA LA UTILIZACIÓN DEL MANUAL DE</b>	Revisión No: 01



<b>MANTENIMIENTO</b>		
Elaborado por: Alex Sánchez		
Aprobado por: Ing. Yanchapaxi. Juan	Fecha: 2011-23-5	Fecha: 2012-23-05

### **Objetivo**

Mantener el buen estado del soporte para evitar daños en el mismo soporte como en el personal

### **Alcance**

Prevenir daños estructurales y funcionales en el soporte

### **Responsabilidades**

- Serán responsables del mantenimiento preventivo los alumnos de la carrera de mecánica aeronáutica.
- Alumnos y docentes serán los encargados de revisar el soporte antes y después de la utilización.

### **Manual de mantenimiento**

#### **Realizar inspección visual**

- Antes de usar el soporte verificar si la estructura está en correcto estado y si no hay rastros de corrosión.
- Verificar si no hay golpes, rajaduras, o daños en el sistema de rieles del soporte

#### **Mantenimiento Preventivo:**

Para evitar daños en el soporte se debe realizar un cronograma con tiempos definidos en el cual se realice revisiones y servicios al soporte, este cronograma


se debe elaborar, según las veces por semana que se use el soporte.

Dentro de las principales actividades que se debe realizar en el mantenimiento preventivo están:

- Verificar si las ruedas o garruchas están en perfecto estado
- Engrasar los cojinetes del soporte de las garruchas giratorias (ver anexo)
- Engrasar los cojinetes de las correderas
- Verificar el ajuste de los pernos de las correderas principales (ver anexo)
- Revisar los puntos de anclaje del motor al soporte

### **3.9.1.2 Manual de seguridad**

En este manual se detallan las normas de seguridad que se deben seguir al realizar las prácticas usando el soporte para el motor PT-6

<p style="text-align: center;"><b>ITSA</b></p> 	<b>MANUAL DE SEGURIDAD</b>		Pág. 1 de1
	<b>Normas de seguridad para el uso del soporte móvil para el motor PT-6</b>		Código: C.P.P.P
	Elaborado por: Alex Sánchez		Revisión No: 01
	Aprobado por:	Fecha:	Fecha:

**1.0 Objetivo:**

Establecer normas de seguridad obligatorias para el uso del soporte.

**2.0 Alcance:**

Evitar que los estudiantes y docentes sufran accidentes al momento de usar el soporte

**3.0 Procedimientos**

1. Utilizar el equipo de protección personal adecuado.
2. Revisar que los medios de anclaje del motor al soporte estén bien ubicados y asegurados.
3. Frenar las garruchas del soporte para evitar que este se mueva por accidente
4. No colocar sobre el soporte otro aparato que no sea el motor PT-6
5. No pararse más de 4 personas al mismo tiempo sobre el soporte cuando este sosteniendo el motor
6. No exceder el ángulo de giro de las rieles del soporte

**4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDA**

---





### **3.9.1.3 Hoja de registros**

Esta hoja nos ayudará a controlar el uso del soporte y establecer responsabilidades en caso de daños o desperfectos causados por el personal, así mismo nos ayudara a establecer a los encargados del mantenimiento del soporte.





## CAPITULO IV

### 4.1 Conclusiones

- Se puede concluir que la elección de la alternativa de la construcción del soporte móvil fue la correcta, ya que este soporte es funcional para el taller de motores del I.T.S.A.
- Con la implementación de este soporte, ahora los estudiantes y docentes tienen un recurso más para el proceso de enseñanza-aprendizaje, como lo es el motor PT-6
- La construcción del soporte para el motor PT-6 es realmente útil ya que disminuye el esfuerzo que realizan los estudiantes para manipular el motor y el tiempo que se ocupa para realizar las prácticas.
- Con las pruebas realizadas se puede concluir que los datos del diseño son los correctos y que el material utilizado muestra la resistencia adecuada para soportar el peso del motor y el de los estudiantes al apoyarse.

## **4.2 Recomendaciones**

- Al momento de realizar las practicas en el motor PT-6 utilizar los equipos de seguridad recomendados.
- Seguir los procedimientos de seguridad establecidos en los manuales del soporte y del fabricante del motor
- Dar el mantenimiento necesario al soporte tal cual establece el manual y seguir los procedimientos indicados.
- No sobrepasar los límites de carga indicados por el diseñador del soporte.

## **GLOSARIO**

**Arriostramiento.-** acción de rigidizar o estabilizar una estructura mediante el uso de elementos que impidan el desplazamiento o deformación de la misma.

**ASTM. -** American Society for Testing Materials. Sociedad Americana para las pruebas de materiales. Es un organismo de normalización de los Estados Unidos de América.

**Axial.-** Parte del eje o relativo a él

**Caballos de poder en el eje (SHP).-** Se refiere a la potencia que representa el giro del eje del motor.

**Difusor.-** Parte de un aparato que regula el comportamiento de un fluido.

**Dureza.-** Propiedad de los materiales para resistir el rayado y el corte de su superficie

**Endotérmico.-** Dícese del proceso o reacción que absorbe energía.

**Ergonomía.-** Es la ciencia aplicada que se encarga del diseño de un ambiente de trabajo acoplado a la forma física y psicológica del trabajador

**Shore.-** Método de medición de dureza de un material que se basa en la reacción elástica del material cuando dejamos caer sobre él un material más duro. Unidad de medición de dureza de un material

**Tobera de Escape.-** Conducto por donde sale el chorro de gases producido por la combustión de combustibles.

**Torque.**- término inglés que no forma parte del diccionario de la Real Academia Española (RAE). Puede traducirse como “esfuerzo de torsión” y se utiliza en diversos ámbitos.



## Bibliografía

### DIRECCION GENERAL DE AVACION CIVIL:

- Recopilación del derecho aeronáutico INFRAESTRUCTURA Y FACILIDADES (Secciones 145.101,145.103 y 145.109)

### PRATT & WHITNEY COMPANY

- Manual de prácticas de mantenimiento del motor PT-6

### GERDAUZ AZA

- Compendio de normas para productos de acero, primera edición
- SÁINZ, Valentín (2008) El motor de reacción y sus sistemas auxiliares; Edit. Thomson Paraninfo S.A. Madrid, 245 páginas
- HERNANDEZ, Jesús (2005). Tecnología y Trazabilidad, Edit. Mega Luxnews; Londres; 72 páginas.
- HULL, David (2007). Fundamentals of airplane Flight Mechanics; Edit. Springer. Austin Texas, 309 páginas.

- [www.unicon.com.ve](http://www.unicon.com.ve)

- <http://www.ellagar.com/>

- [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

- [www.dewalt.com](http://www.dewalt.com)

**ANEXO A**  
**“Anteproyecto”**

## **EL PROBLEMA.**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

En el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA), ubicado en la ciudad de Latacunga, con carreras únicas a nivel nacional, y un alto grado de preparación de los docentes y personal administrativo, dentro de su amplia oferta académica, se puede cursar la carrera de mecánica aeronáutica mención motores.

El ITSA, dentro de sus instalaciones cuenta con varios laboratorios y talleres y uno de los más importantes que utilizamos en el proceso de enseñanza y aprendizaje práctico de docentes y alumnos es el laboratorio de motores “Bloque 42”, el cual cuenta con varios motores de aviación tales como el J-33, J-65 y PT6 los mismos que son básicos y necesarios para el aprendizaje de motores de aviación en general. A partir de diálogos con los instructores, estudiantes y personal a cargo del taller se pudo constatar que al momento de realizar las prácticas en estos motores, estas se vuelven dificultosas y de poco provecho ya que falta el equipo de apoyo necesario, lo que hace difícil manipular los motores y sus respectivas partes, además de que estas prácticas se las hace sin seguir las normas de seguridad necesarias.

### **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

¿De qué manera se pueden mejorar las prácticas de montaje y desmontaje de partes y accesorios de los motores con los que cuenta el ITSA?

### **1.3. JUSTIFICACIÓN.**

Con la necesidad de mejorar las condiciones del laboratorio de motores “Bloque 42” para los alumnos de quinto y sexto nivel de la carrera de mecánica aeronáutica mención motores del ITSA, se lleva a cabo esta

investigación en busca de alternativas que sean factibles, para ayudar en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Este proyecto beneficia a docentes y estudiantes ya que así se podrá relacionar de mejor manera la teoría aprendida con las prácticas que se realizan en el taller, así los estudiantes aprovecharán al máximo los recursos que les ofrece el instituto y obtendrán conocimientos sólidos, lo que conllevará a un mejor desenvolvimiento en el campo profesional. A su vez se busca beneficiar al instituto mediante la implementación de sus talleres.

De no realizar este proyecto se perjudicaría a los estudiantes ya que no obtendrían los conocimientos prácticos necesarios que se necesitan al momento de ocupar un puesto laboral en la industria aeronáutica

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL**

Mejorar las prácticas de montaje y desmontaje de partes y accesorios de los motores con los que cuenta el ITSA

### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Investigar en qué condiciones se encuentra el taller de motores ubicado en el bloque 42.
- Investigar cuales son los equipos y herramientas básicas que se debe usar al realizar tareas de mantenimiento en los motores de aviación
- Proponer alternativas para mejorar las clases prácticas y los conocimientos sobre los motores existentes en el bloque 42.

## **1.5. ALCANCE**

**ESPACIAL:**

En la Carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Motores del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, en la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi Ecuador.

**TEMPORAL:**

Durante el semestre académico septiembre 2010 a febrero 2011.

**DE CONTENIDO:**

Área de mantenimiento aeronáutico.

**ASPECTO:**

Utilización de herramientas especiales y equipos de apoyo

**PLAN METODOLÓGICO**

**2.1. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN:**

La modalidad básica de la investigación será no experimental porque no se manipulará ninguna de las variables.

**2.2. TIPOS DE INVESTIGACIÓN**

Se aplicaran los siguientes tipos:

- **INVESTIGACIÓN DE CAMPO:** Se va recopilar la información en los mismos talleres del ITSA
- **INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL O BIBLIOGRÁFICA:** Se buscara y recopilara la información en libros y manuales de aviación.

**2.3. NIVELES DE INVESTIGACIÓN**

**EXPLORATORIO:** Porque se usa bibliografía que nos ayuda a explorar el fenómeno en investigación.

**DESCRIPTIVO:** Porque se realiza una investigación de campo que permite al investigador describir lo que sucede con el fenómeno.

## **2.4. UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA**

**UNIVERSO:** Los estudiantes y docentes del ITSA.

**POBLACIÓN:** Los docentes de la materia Prácticas tutoriadas de motores turbina uno y dos

## **2.5. RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **¿Para qué?**

Para determinar el nivel de conocimientos y habilidades que tienen los alumnos de quinto a sexto nivel de la carrera de mecánica aeronáutica mención motores al realizar las prácticas de mantenimiento en el motor PT6 existente en el bloque 42 del ITSA

### **¿De qué personas?**

De los alumnos quinto a sexto nivel de la carrera de mecánica aeronáutica mención motores del ITSA

### **¿Sobre qué aspecto?**

Sobre las prácticas de mantenimiento en el motor PT6 existente en el bloque 42 del ITSA

### **¿Quiénes?**

El investigador.

### **¿Cuándo?**

En el mes de octubre del 2010

### **¿Dónde?**

En las aulas del ITSA

### **¿Cuántas veces?**

Una sola vez

### **¿Qué técnicas de recolección?**

La entrevista personal

**¿Con que instrumentos?**

Cuestionario para la entrevista

**¿En qué situación?**

En horas de clase

## **2.6. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Una vez que se ha recolectado la información se la procesara en la hoja electrónica Excel que me permitirá luego realizar los gráficos y tablas estadísticas para realizar el análisis.

## **2.7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

El análisis e interpretación se realizara atreves de la presentación de los resultados en base a tablas estadísticas y graficas de pastel.

## **2.8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Luego de a ver analizado e interpretado la información recolectada se procederá a determinar las respectivas conclusiones y recomendaciones de la investigación realizada.

# **EJECUCIÓN DEL PLAN METODOLÓGICO**

## **3.1. MARCO TEÓRICO**

### **3.1.1. ANTECEDENTES**

Se usa como antecedentes de esta investigación a los motores de aviación J-33 y J-65 con los que cuenta el ITSA los cuales cuentan con el equipo de apoyo necesario para realizar las prácticas en ellos.

Mediante experiencias propias se puede ver que los estudiantes se desenvuelven de mejor manera en los motores antes mencionados ya que estos cuentan con el equipo de apoyo necesario el cual brinda las

comodidades necesarias para trabajar en ellos, lo que no ocurre con el motor PT-6 el cual está asentado en una mesa común y corriente la cual no es adecuada para sostener a este motor ya que causa daños en los distintos dispositivos con los que este cuenta además de que no presenta las facilidades necesarias para poder manipular al motor PT-6 y así no se puede visualizar ni tener acceso a las distintas partes del motor

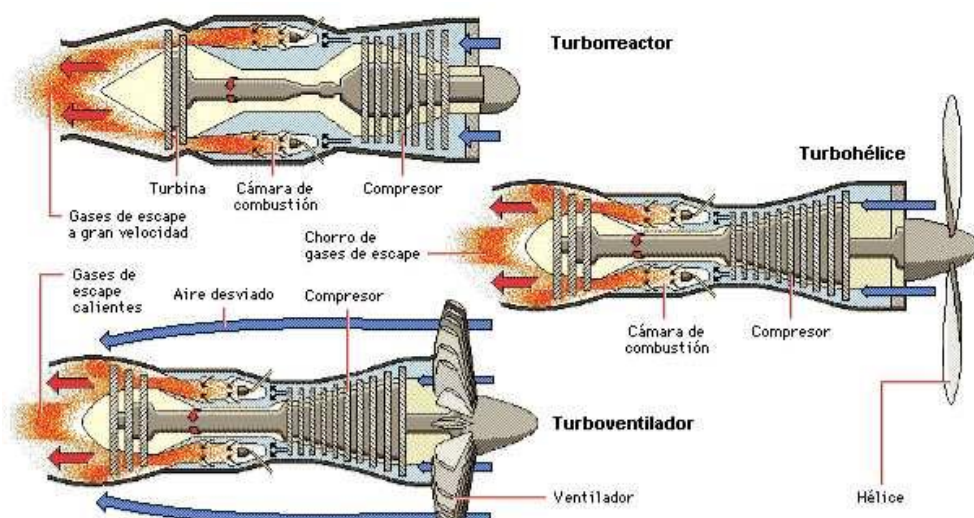
### 3.1.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 3.1.2.1. Motores de aviación

Dentro del campo de la aviación los motores más usados en la actualidad son los motores de reacción, sin embargo dentro de la aviación menor tales como avionetas y ultraligeros se sigue usando los motores de explosión. Para motivos de esta investigación se usara solo los motores de reacción

**Motores de reacción.-** Estos motores son de tipo endotérmico, esto quiere decir que tanto el órgano que realiza la combustión como el encargado de realizar el trabajo se encuentran en el interior del motor.

En estos motores la energía liberada de la combustión se transforma en energía cinética de la corriente de gas que sale del motor.





## **Figura A.** Distintos tipos de motores a reacción

La fuerza de reacción que se obtiene de dicha corriente sirve para impulsar a la aeronave.

### **Componentes básicos del motor de reacción**

Se puede decir que un motor de reacción básicamente está constituido de los siguientes componentes: Difusor de entrada, compresor, difusor precámara, cámara de combustión y tobera de escape, esta última se considera como el elemento propulsor.

### **Funcionamiento básico del motor de reacción.**

El aire de impacto que ingresa en el motor se comprime en el difusor de entrada, este aire se divide en dos flujos: primario y secundario. El secundario sirve para el sistema de enfriamiento del motor, mientras que el primario pasa al compresor, en donde la masa de aire aumenta su presión. El aire comprimido pasa por el difusor precámara reduciendo su velocidad hacia las cámaras de combustión donde esta masa se expande y se acelera. Los gases calientes y acelerados que salen de las cámaras pasan a través de la turbina donde decrece su velocidad y temperatura debido a que esta energía es extraída por la turbina para girar los compresores y operar la caja de accesorios. Finalmente en la tobera de escape, la energía no aprovechada se transforma en energía cinética, al acelerar la corriente de los gases de escape

### **Tipos de motores a reacción**

Los motores de reacción se clasifican en:

- Turbojet
- Turbofan

- Turbohélice o turboprop
- Ramjet

### 3.1.2.2. Motor estudiado

#### Motor PT6



**Figura B.** Vista del motor PT6 seccionado

Es fabricado por Pratt & Whitney Canada, es el motor turboprop más popular de la historia.

Se produce en una variedad amplia de modelos, cubriendo la gama de la energía entre el shp 580 y 920 en la serie original, y el shp hasta 1940 en la línea "grande".

La familia PT6 es particularmente bien conocida por su confiabilidad extremadamente alta, con MTBO's "Tiempo de Mantenimiento entre Recorridas" en el orden de 9000 horas en algunos modelos.

El desarrollo de la familia PT6 empezó en los 50s, al parecer como un reemplazo moderno para el motor radial Pratt & Whitney que estaban produciendo en ese momento.

Voló el primero el 30-5-61, montado en un avión Beech 18 de la De Havilland Canadá, en la planta de Ontario.

La producción máxima empezó en 1963 y entra en servicio en el próximo año.

Para su 40° aniversario en 2001, más de 36000 PT6A habían sido entregados, no están incluidas las otras versiones de este motor. Esta turbina se usa en más de 100 aplicaciones diferentes.

### **Operación general del turbohélice PT6**

El PT6 es un ligero motor de turbina que impulsa una hélice mediante una caja de reducción de dos etapas. Dos principales conjuntos rotativos componen el núcleo del motor.

El primero es el compresor y el compresor turbina (sección compresora) y el segundo se compone de dos turbinas de poder y el eje de turbina de poder (sección de poder).

Los dos rotores no están conectados y giran en dirección opuesta, este diseño tiene algunas ventajas como:

- N1 independiente de N2
- Starter de bajo torque
- Concepto de diseño modular
- Mantenimiento sobre las alas (inspección de la sección caliente)

El compresor del PT6 consta de tres o cuatro etapas axiales y una etapa centrífuga.

La cámara de combustión es de tipo anular y de flujo invertido lo que acorta al motor.

El compresor turbina es de una sola etapa y este obtiene la energía para operar el compresor. Las turbinas de poder son de 2 etapas, estas son independientes del compresor turbina y se encargan de impulsar las hélices.

La caja de reducción es de tipo planetario de dos etapas, consta de un sistema hidromecánico de medición de torque, esta reduce la

velocidad de giro de la turbina de poder a una velocidad aceptable para la operación de la hélice

### **Datos técnicos**

- Rango de potencia 700 a 1650 shp
- Flujo másico de aire máximo 10.22 a 11.21 lbs./sec
- Radio de compresión del compresor 10:1 a 12:1
- Consumo específico de combustible 509 a 680 lbs./hrs
- Velocidad de la turbina de poder 30000 rpm.
- Velocidad máxima de operación de la hélice 1700 a 2000 rpm

### **Caja de accesorios de un motor a reacción**

La caja de accesorios de un motor a reacción es un conjunto de dispositivos que usan el movimiento de la turbina generalmente de alta presión para moverse. El movimiento de la turbina de alta se transmite mediante engranajes conectados hacia la caja de accesorios. Los principales accesorios que se encuentran aquí son:

- Generador de corriente alterna
- C.S.D. (dispositivo de control de velocidad)
- F.C.U. (Unidad de control de velocidad)
- Bomba de aceite
- Generador tacómetro

### **3.1.2.3. Mantenimiento**

Se define como mantenimiento al conjunto de acciones destinadas a prevenir o corregir daños o errores en una maquinaria, sistema o accesorio para mantener su correcta operación y buen aspecto. De esta manera la empresa se asegura de que dichos elementos sigan

cumpliendo las funciones para las cuales se crearon y a su vez se alarga su vida útil.

### **Tipos de mantenimiento que se realizan comúnmente en aviación**

**Preventivo.-** Se aplica con el fin de anticiparse a los fallos de las maquinas y equipos.

Con este fin se aplican inspecciones periódicas que ayuden a determinar las condiciones de partes y sistemas completos y a su vez determinar desgaste de dichos objetos.

**Correctivo.-** Se lo realiza para reparar o corregir las fallas y averías que ya se han presentado.

Se puede dividir al mantenimiento correctivo en dos tipos: programado y no programado. La diferencia entre ambos radica en que el no programado se lo realiza inmediatamente después que ha sucedido la avería, sin importar lugar, cantidad de personal y herramientas necesarias, esto se da cuando la parte, equipo, o sistema averiado es de suma importancia para el funcionamiento de la nave. El mantenimiento programado se lo realiza cuando el desperfecto suscitado no supone un peligro inminente en la operación de la nave y se lo puede aplazar hasta que se cuente con el personal, necesario y se tenga las herramientas necesarias.

**Predictivo.-** Este se realiza mediante un análisis estadístico del funcionamiento de determinadas partes o componentes para así determinar un punto en el tiempo de su funcionamiento en el que deben ser cambiados o reparados.

### **Tipos de inspecciones realizadas en la aviación**

- **Visual.-** Se la realiza únicamente con la vista para revisar las condiciones superficiales de la aeronave o un componente.
- **Detallada.-** Sigue siendo una inspección visual pero usando herramientas como linternas y espejos. En el caso de la inspección visual y la detallada se confía en el criterio del aerotécnico que realiza la inspección
- **Especial detallada.-** Se usan herramientas especiales, en este tipo entran las NDI (inspecciones no destructivas). Para este tipo de inspección se debe desmontar el componente.
- **De oportunidad.-** Son aquellas que no están programadas, se las realiza cuando al tener que desmontar una sección otra ha quedado expuesta y libre para inspeccionar.

#### **3.1.2.4. Equipos de apoyo necesarios en el bloque 42**

##### **Soportes para motor**



**Figura** Vista de un motor en su respectivo soporte

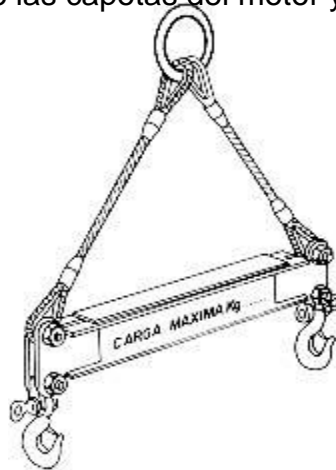
Es un tipo de equipo de apoyo que sirve para sostener y transportar el motor cuando este ha sido desmontado de la aeronave con motivos de inspección o mantenimiento del mismo o de la aeronave. Este equipo debe estar diseñado de acuerdo a las especificaciones del fabricante del motor para resistir su peso y debe tener los puntos de sujeción para el motor según lo indicado en los manuales.

Los soportes pueden ser rígidos, es decir que mantienen al motor en una sola posición, estos no presentan las facilidades para realizar una inspección o mantenimiento por lo que se usan solo para transportar el motor de un lugar a otro o sostenerlo mientras se realiza el mantenimiento en la aeronave. Los soportes también pueden ser móviles es decir que se puede hacer girar el motor en su propio eje, este tipo de soportes presentan las facilidades para que el mecánico realice el mantenimiento o inspecciones con total comodidad y sin tener que hacer ningún tipo de esfuerzo innecesario o ponerse en posturas incómodas.

### **Eslingas**

Las eslingas son elementos que ayudan a adaptar una carga a un elemento que la levante, estas constan de ganchos y pueden ser de cuerdas o cadenas adaptadas a una barra de metal.

Estas se usan en el montaje o desmontaje de partes o componentes de la aeronave con la ayuda de un teclé o grúa. También se usan en el desmontaje de las capotas del motor y de las tapas del compresor.



### **Figura C. Eslinga**

#### **Tecles**

Son elementos que se usan para levantar cargas demasiado pesadas, estos usan poleas lo que les da ventaja mecánica disminuyendo así el trabajo que realizan al levantar una carga.

Pueden ser manuales o eléctricos y vienen diseñados para cierta cantidad de peso según su tipo de construcción y soporte en el que vayan montados

En la aviación se usan para desmontar los componentes mayores tales como alas, motores, estabilizadores y demás.



**Figura D.** Tecele eléctrico sostenido en una viga

## **3.2. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN**



**No experimental:** debido a que no se manipuló ninguna de las variables y la investigación se sustenta en la experiencia práctica de docentes y alumnos de la institución.

### **3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

**INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL O BIBLIOGRÁFICA:** La información se obtuvo de libros, manuales técnicos y el internet, además se ha usado los aportes teóricos de los docentes del ITSA

**INVESTIGACIÓN DE CAMPO:** Se recopiló la información en el lugar donde se suscitaron los hechos.

### **3.4. NIVELES DE INVESTIGACIÓN**

**NIVEL EXPLORATORIA:** Fue una revisión bibliográfica que ayudó al investigador a explorar el fenómeno de de una manera profunda.

**NIVEL DESCRIPTIVA:** Fue una investigación de campo la cual permitió describir de forma clara y concisa lo que sucedió con el fenómeno de la investigación.

### **3.5. UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA**

**UNIVERSO:** El universo usado en la investigación han sido los 540 alumnos del ITSA y los docentes del mismo

**POBLACIÓN:** La población son los docentes de la materia de Practicas tutoriadas de motores turbina uno y dos

### **3.6. RECOLECCION DE DATOS**

La entrevista se realizó el día lunes 18 de Enero del 2011 al Tecnólogo Andrés Paredes docente de la carrera de mecánica aeronáutica del ITSA.

### **3.7. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

El procesamiento de la información se lo realizó mediante un análisis del investigador según las respuestas del entrevistado

### **3.8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **Análisis e interpretación de la entrevista realizada al Tecnólogo Andrés Paredes el día 18 de Enero del 2010**

En las respuestas obtenidas del tecnólogo, este señala la especial importancia de enseñar sobre motores turbohélice y de especial manera sobre el motor PT-6 existente en los talleres del ITSA ya que este es un motor sencillo, completo y muy eficiente, lo que lo convierte en un motor útil para el aprendizaje de los alumnos.

El entrevistado hace énfasis en la falta de equipos de apoyo que son necesarios para realizar las prácticas en el motor antes mencionado ya que el, de manera personal se ha visto afectado al no poder realizar las prácticas que él desearía en dicho motor y menciona que los alumnos han tenido dificultades incluso en prácticas sencillas al no poder manipular de una forma fácil al motor PT-6

Además en la entrevista se pone en claro de la importancia que existe en que los alumnos estén en permanente contacto con los motores y sus partes ya que solo las diapositivas no bastan para que al momento de estar en un motor real reconocer los distintos componentes de un motor en especial los de las cajas de engranajes

Según lo respondido por el tecnólogo puedo interpretar que es necesario y urgente implementar los equipos de apoyo que se requieran para realizar las prácticas en el motor PT-6 ya que como antes se menciona, este es un motor muy importante por su sencillez y eficiencia lo que obliga a que los alumnos aprendan sobre él.

### **3.9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **CONCLUSIONES**

- Se ha podido determinar que el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico no cuenta con la cantidad suficiente de herramientas y equipos especiales para que el estudiante realice practicas y obtenga un mejor conocimiento de los motores de aviación.
- Se determino que el motor PT-6 es necesario en el proceso de aprendizaje práctico de los alumnos de la carrera de mecánica aeronáutica mención motores.
- Se ha podido identificar algunas de las herramientas especiales y equipos de apoyo que son necesarios para realizar trabajos en el motor PT-6, tales como:
  - Soporte para el motor
  - Tester de inyectores
  - Tecele que ayude a levantar la sección de turbina

#### **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda implementar más herramientas para los estudiantes de la carrera de mecánica del ITSA para poder realizar las practicas de una manera ágil y rápida

- Se recomienda habilitar el motor PT-6 para que pueda ser usado en las clases prácticas ya que este es importante en el proceso de aprendizaje de los alumnos
- Se recomienda construir un soporte móvil para el motor PT-6 el mismo que facilite los trabajos prácticos que realizan los estudiante en este motor

## FACTIBILIDAD DEL TEMA

### 4.1. TÉCNICA

Situación Actual	Propuesta
<ul style="list-style-type: none"><li>• Motor PT-6 asentado en el suelo (Ver anexo B)</li><li>• Carcasa y tobera de escape del motor PT-6 en mal estado lo que dificulta su armado</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Construir un soporte para el motor PT-6 que brinde las facilidades para trabajar en el</li><li>• Reparación de la carcasa de la turbina y tobera de escape del motor PT-6 para armarlo completamente</li></ul>

### 4.2. OPERACIONAL

El soporte para el motor PT-6 va a ser de fácil uso ya que contará con un manual de operación y de mantenimiento, además este soporte facilitara las clases prácticas que impartan los docentes del ITSA. Y agilizará los trabajos que los estudiantes realicen en el

### 4.3. ECONÓMICO Y FINANCIERO

<b>Gasto</b>	<b>Directo</b>	<b>Indirecto</b>
<b>Tubo rectangular de hierro de 8*4</b>	300	
<b>Angulo de 1 plg * 1/16</b>	22	
<b>Rodamientos para rieles</b>	70	
<b>Electrodos</b>	30	
<b>Uso de maquinaria especial</b>	80	
<b>Pernos de diferentes diámetros</b>	15	
<b>Ruedas para el soporte</b>	70	
<b>Transporte del material</b>	50	
<b>Reparación de la carcasa de la turbina y tobera de escape del motor PT6</b>	150	
<b>Transporte personal</b>		30
<b>Impresiones</b>		30
<b>Gastos varios</b>		30

<b>Total</b>	787	90
	<b>Presupuesto</b>	877

El costo de este proyecto entre gastos directos e indirectos asciende a 887 dólares cantidad que puede ser costeadada por el investigador lo que convierte a este proyecto en algo tangible y posible de realizar, y además se cuenta con la capacitación y el área de trabajo adecuadas para la realización de este proyecto.

## **5. DENUNCIA DEL TEMA**

Construcción de un soporte móvil para el motor PT-6 del taller de mecánica del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico

### 5.1. CRONOGRAMA

	Actividades  Meses	Enero				Febrero			
		1	2	3	4	1	2	3	4
	<b>TIEMPO (SEMANAS)</b>	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Búsqueda de proyecto	■							
2	Análisis de factibilidad de proyectos encontrados		■						
3	Desarrollo de la investigación			■					
4	Análisis de la información recopilada			■					
5	Búsqueda de información adicional relativa al proyecto encontrado			■					
6	Redacción del anteproyecto			■	■				
7	Trámites para la presentación del anteproyecto					■			
8	Presentación primer Borrador					■			
9	Presentación del anteproyecto definitivo						■		



**ANEXO A1**  
**Entrevista**

## INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

**Fecha.....**

El investigador Alex Sánchez egresado del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico de la Carreara Mecánica Aeronáutica Mención Motores, realiza esta entrevista con el fin de determinar los equipos de apoyo que hacen falta en el taller del bloque 42 para realizar correctamente las practicas en el motor PT6 y de esta manera mejorar los conocimientos de los alumnos

Entrevista realizada al Tecnólogo Andrés Paredes.

**1. ¿Cree Ud. que sea importante que los alumnos aprendan más sobre motores turbohélice y por qué?**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**2. ¿De qué manera le ha afectado a Ud. como docente el hecho de no contar con los equipos de apoyo necesarios para realizar las practicas?**

.....  
.....  
.....  
.....

**3. ¿Piensa que es necesario que los alumnos se familiaricen con todos los componentes de un motor viéndolos en vivo y no solo en diapositivas?**

.....  
.....

.....  
.....  
.....

**4. ¿Se han visto sus Alumnos impedidos de realizar las practicas en el motor PT-6? Señale los motivos**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**5. ¿Piensa Ud. que el motor PT-6 es indispensable dentro del proceso de aprendizaje de los alumnos?**

.....  
.....  
.....  
.....

**6. ¿Creé Ud.? Que sea necesario implementar un soporte móvil para el motor PT6 y explique el por qué?**

.....  
.....  
.....  
.....

---

**Tlgo. Andrés Paredes**  
**Entrevistado**

## **ANEXO B**

**Planos para la construcción del soporte del motor PT-6**

## **ANEXO C**

**Motor PT- 6 sin soporte**

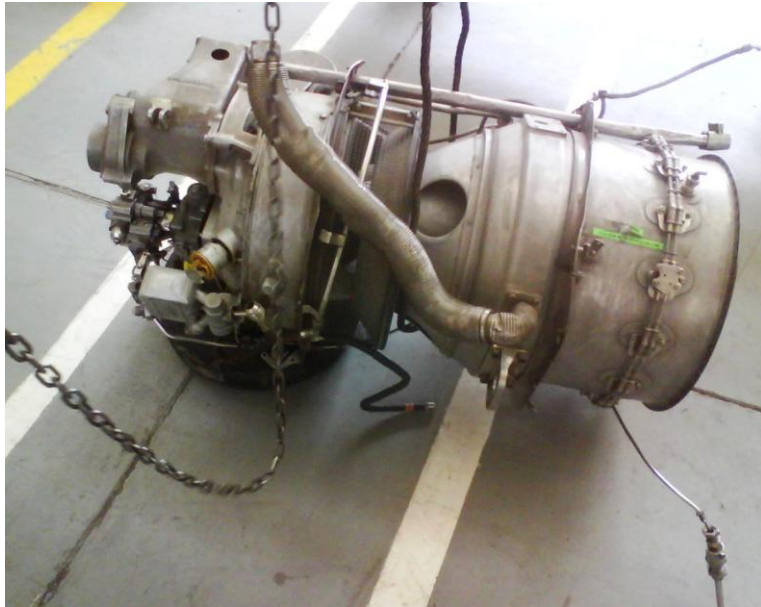


Fig.  
el

Motor PT-6  
asentado en  
suelo  
Fuente:

investigador

**ANEXO D**

**PUNTOS DE ANCLAJE DEL MOTOR**



**ANEXO E**

## SISTEMA DE FRENO DE LA RIEL





## **ANEXO F**

### **Soporte completo**



## HOJA DE VIDA

### DATOS PERSONALES

NOMBRE: Alex Iván Sánchez Salazar  
NACIONALIDAD: Ecuatoriana  
FECHA DE NACIMIENTO: 12/05/1987  
CÉDULA DE CIUDADANÍA: 1803271483  
TELÉFONOS: 095579199-032421241  
CORREO ELECTRÓNICO: [piojoec@hotmail.com](mailto:piojoec@hotmail.com)  
DIRECCIÓN: Ambato



### ESTUDIOS REALIZADOS

#### PRIMARIA:

Escuela Liceo "Juan Montalvo"

#### SECUNDARIA:

Colegio Universitario "Juan Montalvo"

#### SUPERIOR:

"INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO"

### TÍTULOS OBTENIDOS

- Bachiller en Ciencias Especialidad: Físico-Matemático
- Suficiencia en el idioma Inglés

### EXPERIENCIA PROFESIONAL O PRÁCTICAS PREPROFESIONALES

- Prácticas en el Centro de mantenimiento aeronáutico (CEMA)
- Prácticas en el Aeroclub Pastaza
- Prácticas en AEROMASTER AIRWAS S.A.
- Prácticas en CEMA (Inspección PDM Avión C-130 FAE)

**HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS**

**DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE RESPONSABILIZA  
EL AUTOR**

---

**Alex Iván Sánchez Salazar**

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

---

**Subs.Téc.Avc.Ing. Hebert Atencio V.**

Latacunga, diciembre 01 de 2011

## **CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL**

Yo, ALEX IVÁN SÁNCHEZ SALAZAR, egresado de la carrera de Mecánica Aeronáutica , en el año 2010 con Cédula de Ciudadanía N°1803271483, autor del Trabajo de Graduación “CONSTRUCCIÓN DE UN SOPORTE MOVIL PARA EL MOTOR PT-6 DEL TALLERDE MECÁNICA AERONÁUTICA DEL ITSA”,cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

---

**Alex Iván Sánchez Salazar**

Latacunga, diciembre 01 de 2011