

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA  
MENCIÓN MOTORES**

**CONSTRUCCIÓN DE LA CABINA DE MANDO Y SOPORTE PARA  
EL BANCO DE PRUEBAS DE UN MOTOR RECÍPROCO DEL  
AVIÓN VOLKSPLANE PARA EL ITSA**

**POR:**

**BARRERA RAMÍREZ VÍCTOR RICARDO**

**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. BARRERA RAMÍREZ VÍCTOR RICARDO, como requerimiento parcial para la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA - MOTORES.

---

Ing. Félix Manjarrés A.  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

Latacunga, 25 de Febrero del 2011

## DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a tres seres, los cuales inexplicablemente me han llevado a alcanzar lo que en mis fuerzas jamás lo hubiese creído posible: Dios Padre, Dios Hijo y Dios Espíritu Santo, fue su voz diciendo que jamás deje de soñar lo que me hizo llegar hasta aquí con un enorme gracias en mi corazón por ver que al final cada una de sus palabras se han convertido en realidad, fue su perdón diario lo que me llenó de confianza y me hizo ver que en la vida todo los desiertos y problemas siempre tendrán una puerta de salida junto a Él.

Dedico este trabajo a un Dios quien con su incomparable amor y poder me demostró ser real y una prueba de su existencia es que en este día su fidelidad y confianza en mí me permiten realizar este trabajo con lo cual lo único que busco es poner en alto su nombre, a la verdad no tengo palabras para describir lo que mi corazón siente por estar en este lugar pero definiré lo que tengo en mi corazón con las siguientes palabras *GRACIAS POR HABERME ESCOGIDO.*

**RICARDO BARRERA**

## **AGRADECIMIENTO**

A mi Padre celestial quien cada día a demostrado ser fiel; su aliento y su palabra han estado junto a mí en todo este proceso de formación, sin la cual no hubiese tenido la capacidad de soportar los tiempos de prueba y salir de ellos con la mayor victoria.

A mi padre pues ha sido la fuente de inspiración para alcanzar cada una de las metas que me he propuesto, con esfuerzo y constancia se puede llegar muy lejos. Mi madre que su principal cualidad ha sido el amor, su voz y sus consejos han sido oportunos, ella es mi mejor amiga. A ellos les doy las gracias por apoyarme en todas mis decisiones aún cuando los resultados no han sido los esperados. Pero hoy les puedo decir que este es el fruto de su constancia.

Mis hermanos quienes son parte de mi vida, su cariño y sus locuras me han dado las fuerzas para seguir adelante.

Mis amigos y todos aquellos que forman parte de esta increíble historia, las alegrías, los tropiezos, los buenos y los malos momentos no serían lo mismo si ustedes no estuviesen ahí.

**RICARDO BARRERA**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

## CAPÍTULO I

### EL TEMA

1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos .....	3
1.3.1 Objetivo General .....	3
1.3.2 Objetivos Específicos .....	3
1.4 Alcance.....	3

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades .....	5
2.1.1. Banco de prueba .....	5
2.1.2. Motor Aeronáutico .....	5
2.1.2.1. Motores a pistón .....	6
2.1.3. Avión Volksplane .....	6
2.2. Propiedad del material.....	6
2.2.1. Aceros .....	6
2.2.2. Acero Estructural.....	6
2.2.2.1. Propiedades y cualidades del acero estructural .....	7
2.2.2.2. Clasificación del acero estructural o de refuerzo .....	7
2.2.2.3. Propiedades .....	7
2.3. Resistencia de materiales .....	8
2.3.1. Relación entre esfuerzos y tensiones.....	8
2.3.2. Relación entre esfuerzos y desplazamientos .....	9
2.4. Diseño de elementos mecánicos.....	9
2.4.1.1. Teoría del esfuerzo cortante máximo para materiales dúctiles .....	10
2.4.1.2. Teoría de la distorsión para materiales dúctiles .....	11
2.4.1.3. Teoría de Mohr-Coulomb para materiales dúctiles.....	14
2.4.2. Fatiga en metales.....	16

2.4.2.1. Métodos de fatiga – vida .....	17
2.4.2.2. Método del esfuerzo – vida .....	17
2.4.2.3. Método de deformación – vida .....	17
2.4.2.4. Método mecánico de la fractura lineal – elástica.....	18
2.5. Soldadura.....	18
2.5.1. Elementos que intervienen en la soldadura.....	18
2.5.2. Soldadura por arco.....	19
2.5.2.1. Elementos .....	20
2.5.2.2. Funciones de los recubrimientos.....	21
2.5.2.3. Soldadura por arco manual con electrodos revestidos.....	22
2.5.3. Geometría .....	24
2.5.4. Seguridad .....	26
2.5.4.1. Equipo de protección personal.....	27
2.5.4.2. Recomendaciones generales sobre soldadura con arco.....	28
2.6. Electrodos .....	29
2.6.1. Características especiales.....	29
2.6.2. Normas Especiales .....	29
2.6.3. Generalidades de los electrodos.....	29
2.6.4. Propiedades de los electrodos .....	30
2.6.5. Selección de electrodos .....	30
2.6.6. Clasificación AWS-ASTM.....	31
2.6.7. Nomenclatura de los electrodos para acero dulce .....	32
2.7. Proceso de pintado .....	33
2.7.1. Pistolas de pintura aerográficas .....	33
2.7.2. Limpieza de piezas y superficies metálicas.....	33
2.8. Pinturas Anticorrosivas.....	34
2.9. Pinturas.....	35
2.9.1. Pintura plástica.....	36
2.10. Par de apriete.....	36
2.10.1. Par de apriete húmedo y par de apriete seco.....	37
2.10.2. Aplicación del par .....	37
2.11. Perno.....	37
2.11.1. Identificación de Pernos .....	38

## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DEL TEMA

3.1. Introducción.....	39
3.2. Elaboración de los diseños.....	39
3.2.1. Dimensionamiento de los pernos de anclaje del motor .....	39
3.2.2. Dimensionamiento de la estructura para el motor .....	45
3.2.3. Anclaje al piso .....	48
3.2.4. Anclaje en U .....	50
3.2.5. Análisis de vibraciones.....	53
3.2.6. Determinación del material.....	59
3.2.6.1. Elementos que caracterizan a una broca .....	72
3.3. Estudio Económico.....	60
3.3.1. Recopilación de información .....	60
3.3.2. Elaboración del trabajo.....	61
3.3.3. Construcción de la estructura para el banco de pruebas .....	61
3.4 Estudio legal.....	63
3.5. Especificaciones técnicas de las herramientas .....	64
3.5.1. Autodesk Inventor .....	64
3.5.10. Cepillo manual de alambre con base de madera .....	77
3.5.11. Taladro .....	78
3.5.12. Granete .....	79
3.5.13. Lima.....	79
3.5.13.1. Limas para metal.....	80
3.5.13.2. Tamaño de las limas .....	80
3.5.13.3. Granulado de las limas.....	80
3.5.14. Calibrador pie de rey .....	81
3.5.14.1. Componentes .....	82
3.5.15. Flexómetro .....	83
3.5.16. Regla graduada.....	84
3.5.17. Llaves.....	84
3.5.17.1. Tipos de llaves .....	85
3.5.17.2. Llave de boca fija.....	85

3.5.17.3. Normas de uso de las llaves fijas .....	86
3.5.17.4. Llaves de boca ajustable .....	86
3.5.17.5. Llave de gancho articulada.....	87
3.5.17.6. Llaves dinamométricas.....	87
3.5.17.7. Llave de carraca .....	88
3.5.18. Compresor de aire.....	88
3.5.19. Cizalla.....	89
3.5.2. Hoja de sierra .....	65
3.5.20. Pistola de pintura.....	90
3.5.3. Sierra manual .....	66
3.5.4. Equipo eléctrico de soldadura .....	67
3.5.4.1. Equipo de soldadura.....	67
3.5.4.2. Elementos auxiliares .....	67
3.5.4.3. Riesgos y factores de riesgo .....	69
3.5.5. Electrodo .....	69
3.5.5.1. Norma.....	70
3.5.5.2. Descripción.....	70
3.5.5.3. Características .....	70
3.5.5.4. Aplicaciones .....	70
3.5.5.5. Propiedades mecánicas según AWS .....	70
3.5.5.6. Composición química típica del metal depositado.....	71
3.5.5.7. Acero.....	71
3.5.6. Broca .....	71
3.5.7. Amoladora .....	73
3.5.7.1. Uso de amoladora .....	74
3.5.8. Disco de corte .....	75
3.5.8.1. Características .....	75
3.5.9. Grata circular de alambre, acero trenzado .....	76
3.5.9.1. Características .....	76
3.6. Construcción de la estructura para el banco de pruebas .....	86
3.6.1. Construcción de la base para la cabina de mando y soporte del motor .....	87
3.6.2. Construcción de la cabina de mando .....	92
3.6.3. Construcción del soporte del motor .....	95
3.6.4. Ensamblaje.....	98

3.6.5. Construcción del anclaje para el banco de pruebas.....	103
3.7. Diagrama de procesos .....	104
3.7.1. Diagrama de proceso de construcción .....	104
3.7.1.1. Diagrama de procesos de construcción de la base para la cabina de mando y soporte del motor.....	105
3.7.1.2. Ensamblaje de la base para la cabina de mando y soporte del motor ..	106
3.7.1.3. Diagrama de procesos de construcción de la cabina de mando para el banco de pruebas.....	107
3.7.1.4. Armado de la cabina de mando.....	107
3.7.1.5. Diagrama de procesos de construcción del soporte del motor para el banco de pruebas.....	108
3.7.1.6. Ensamblaje final del banco de pruebas.....	110
3.8. Pruebas y análisis de resultados.....	111
3.8.1. Pruebas del material.....	111
3.9. Elaboración de manuales.....	112
3.9.1. Elaboración de manuales de procedimiento.....	112
3.9.2. Manual de seguridad.....	112
3.9.3. Manual de operación.....	112
3.9.4. Manual de mantenimiento .....	112

**CAPÍTULO IV**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1. Conclusiones .....	119
4.2. Recomendaciones.....	121

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO II

Tabla 2.1 Diámetros más comunes y sus amperajes.....	31
Tabla 2.2 Características del último dígito .....	32
Tabla 2.3 Identificación de pernos.....	38

### CAPÍTULO III

Tabla 3.1 Determinación de material.....	60
Tabla 3.2 Recopilación de información .....	60
Tabla 3.3 Elaboración del trabajo escrito .....	61
Tabla 3.4 Materiales para la estructura del banco de pruebas.....	62
Tabla 3.5 Costo total .....	63
Tabla 3.6 Simbología de los diagramas de procesos.....	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO II

Figura 2.1 Elementos sometidos a esfuerzos y tensiones .....	12
Figura 2.2 Teoría de energía de distorsión (ED) de estados de esfuerzo plano. Esta es una gráfica real de puntos que se obtienen mediante la ecuación con $\sigma' = S_y$ .....	13
Figura 2.3 Superficies octaédricas .....	14
Figura 2.4 Tres círculos de Mohr.....	15
Figura 2.5 Círculo más grande de Mohr para un estado general de esfuerzo .....	16
Figura 2.6 Elementos de soldadura por arco.....	20
Figura 2.7 Electrodo revestidos .....	22
Figura 2.8 Tipos comunes de juntas de soldadura.....	24
Figura 2.9 Zonas afectadas por la soldadura .....	25

### CAPÍTULO III

Figura 3.1 Esquema de disposición de los pernos de anclaje.....	40
Figura 3.2 Fuerza de empuje .....	40
Figura 3.3 Reacciones sobre los anclajes.....	41
Figura 3.4 Área del perno medio .....	42
Figura 3.5 Reacciones sobre el anclaje del motor.....	43
Figura 3. 6 Estructura principal.....	45
Figura 3.7 Reacciones sobre un nodo de los perfiles.....	46
Figura 3.8 Diagrama de momentos .....	47
Figura 3.9 Anclaje en U.....	50
Figura 3.10 Factor de seguridad del anclaje en U.....	53
Figura 3.11 Esquema de ubicación neopreno .....	54
Figura 3.12 Hélice como barra rectangular .....	56
Figura 3.13 Software Solidworks.....	64
Figura 3.14 Hoja de Sierra .....	65
Figura 3.15 Sierra Manual.....	66
Figura 3.16 Pantalla facial y guantes para soldar.....	68
Figura 3.17 Electrodo E6011 .....	69
Figura 3.18 Broca de 8mm.....	71
Figura 3.19 Amoladora.....	73
Figura 3.20 Disco de corte .....	75
Figura 3.21 Grata circular de alambre.....	76
Figura 3.22 Cepillo manual de alambre con base de madera .....	77
Figura 3.23 Taladro Eléctrico .....	78
Figura 3.24 Granete de acero templado.....	79
Figura 3.25 Lima redonda .....	79
Figura 3.26 Calibrador Pie de Rey .....	81
Figura 3.27 Componentes del Pie de Rey.....	82
Figura 3.28 Flexómetro .....	83
Figura 3.29 Regla graduada.....	84
Figura 3.30 Llave de boca mixta o combinada.....	85
Figura 3.31 Llave de boca ajustable.....	86
Figura 3.32 Llave dinamométrica .....	87

Figura 3.33 Llave de carraca.....	88
Figura 3.34 Cizalla de pedal.....	89
Figura 3.35 Pistola de pintura.....	90
Figura 3.36 Diseño de la cabina de mando y soporte del motor .....	88
Figura 3.37 Tubos estructurales de 40x40mm soldados al centro de la base.....	89
Figura 3.38 Corte y reconstrucción de la base.....	90
Figura 3.39 Barras principales de la base y puntos de soldadura entre la estructura y láminas de acero antideslizante.....	91
Figura 3.40 Culminación de base y desbaste de excesos de soldadura.....	92
Figura 3.41 Estructura de la cabina.....	94
Figura 3.42 Tablero dentro de cabina .....	95
Figura 3.43 Mesa para soporte del motor .....	96
Figura 3.44 Construcción soporte de motor .....	98
Figura 3.45 Orificios entre la base y la cabina de mando.....	99
Figura 3.46 Pintura base del soporte y cabina .....	100
Figura 3.47 Pintura de cabina y soporte.....	101
Figura 3.48 Acrílicos y Tablero de instrumentos .....	102
Figura 3.49 Bancos de pruebas para un motor recíproco .....	102

## RESUMEN

Este documento está fundamentado en la investigación adjunta en el anexo A, propuesta por el mismo grupo de investigación, en busca de mejorar y contribuir con el proceso de formación técnica de los estudiantes de la carrera de mecánica mención motores. Se propuso la construcción del Banco de pruebas para el motor Volkswagen en el que se puedan realizar procesos de arranque y ejecutar los diferentes sistemas del motor.

Detalla el proceso de construcción de la cabina de mando y soporte del motor a las cuales para su culminación se siguieron las siguientes etapas:

Se realizó la recopilación de información en base a los parámetros de funcionamiento que la cabina y el soporte del motor iban a necesitar; se establecieron los diferentes diseños para la estructura del banco de pruebas. Así como el estudio técnico de la herramienta que iba a ser utilizada en el proceso de construcción de la estructura. A través de análisis y cálculos se determinaron los materiales que soportan los esfuerzos y el trabajo producido por el motor. Como siguiente paso y antes de empezar el proceso de construcción se determinó el costo de construcción para no exceder en el presupuesto ya establecido.

Luego de haber adquirido los materiales, contar con la herramienta necesaria y determinados los diseños para la construcción de la estructura del banco de pruebas, se dividió su construcción en tres partes principales: la base, la cabina de mando y el soporte del motor.

Posterior al ensamblaje de sus partes principales se procedió a realizar pruebas de resistencia y funcionamiento, así como establecer los manuales de operación y de mantenimiento de la estructura del banco de pruebas, los mismos que asegurarán la ejecución del motor recíproco Volkswagen.

## SUMMARY

This document is based on research that attached in the Annex A, given by the same research group, looking to improve and contribute with the process of technical training for students with mention in race of mechanical engine. Proposed the construction of the testing bench for the Volkswagen engine, which can perform security process and execute different motor systems.

Details the process of building the control cabin and engine support for its completion which consists of the following stages:

We performed the data collection based on the operating parameters of the car and the engine mount would need, different designs were established for the test structure. And technical study of the tool would be used in the process of building the structure. Through analysis and calculations determined the materials that support the efforts and the work produced by the engine. As a next step, before starting the construction process was determined construction cost not to exceed the budget already set.

After having gained the materials, having the necessary tools and determine the designs for the construction of the test structure, its construction was divided into three main parts: the basic cockpit and the engine mount.

After having gained the materials, having the necessary tools and determine the designs for the construction of the testing bench structure, it's divided into three main parts: the basic control cabin and the engine mount.

After the assembly of its main parties proceeded to test for endurance and performance, and establish the operating manuals and maintenance of the test structure, the same that will ensure the implementation of the reciprocating engine Volkswagen.

## INTRODUCCIÓN

La tecnología es el conjunto de conocimientos científicos, ordenados, que permiten diseñar y crear elementos o máquinas que facilitan la adaptación al medio y satisfacen las necesidades de las personas. La actividad tecnológica influye en el progreso social y económico del campo en el que éstos hayan sido aplicados.

Aunque con grandes variantes de detalle según el objeto, su principio de funcionamiento, los materiales usados en su construcción y creación de elementos, se pueden definir las siguientes etapas:

- Identificación del problema práctico a resolver.
- Establecimiento de los requisitos que debe cumplir la solución.
- Elección del principio de funcionamiento.
- Diseño del elemento.
- Simulación o construcción del elemento.

En la actualidad las aeronaves poseen un nivel tecnológico de última generación. Sin embargo no podemos dejar de lado los principios y la base de su funcionamiento. Por tal razón, se propuso la construcción de un banco de pruebas en el que pudiera ponerse en funcionamiento un motor recíproco Volkswagen que tiene su aplicación en el avión Volksplane.

De esta manera desarrollar los conocimientos y habilidades que han sido impartidas durante el proceso de formación como técnicos motoristas los cuales tienen un campo de acción profesional en el montaje, mantenimiento de elementos y componentes que están en servicio, de los ajustes en las partes más ordenadas del equilibrio de las piezas, así como de la construcción de elementos y estructuras que contribuyan con el funcionamiento de dichos elementos.

## **CAPÍTULO I**

### **EL TEMA**

#### **CONSTRUCCIÓN DE LA CABINA DE MANDO Y SOPORTE PARA EL BANCO DE PRUEBAS DE UN MOTOR RECÍPROCO DEL AVIÓN VOLKSPLANE PARA EL ITSA**

##### **1.1. ANTECEDENTES**

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA) establecido el 08 de noviembre de 1999, mediante Acuerdo Ministerial No. 3237 del Ministerio de Educación Pública, Cultura y Deportes, se constituyó en un centro académico de formación tecnológica superior regida por las leyes y reglamentos de educación superior correspondiente y registrado en el CONESUP con el número 05-003 de fecha 20 de Septiembre del 2000. El ITSA abre sus puertas a personas civiles para que ingresen a esta institución, se preparen tecnológicamente y cumplan tareas en el campo de la aviación civil. Como requisito para la obtención del título, los estudiantes proponen un tema en el que puedan desarrollar los conocimientos adquiridos durante su preparación y de esta manera culminar su formación como tecnólogos de aviación.

Tomando en cuenta los resultados del anteproyecto anexo en la parte "A" y según las Regulaciones de la Dirección de Aviación Civil (RDAC), con respecto a las Escuelas Técnicas de Aviación en su parte 142.3<sup>1</sup> donde define las unidades didácticas como: "el conjunto sistemático, técnico y evaluable de temas y subtemas de una parte del conocimiento del plan de materia, orientados a

---

<sup>1</sup> Regulaciones de la Dirección de Aviación Civil, Parte 142 Centros de Instrucción Aeronáuticos

complementar el perfil profesional de técnico aeronáutico. Según RDAC 142.3 (Definiciones), se determinó que el ITSA, no tiene suficiente material para la instrucción técnica de sus alumnos, como son los bancos de prueba en los que se puedan realizar tanto trabajos de mantenimiento como mediciones y comprobaciones de diferentes sistemas. Esto repercute en una gran desventaja en los alumnos al momento de identificar partes y al realizar trabajos de mantenimiento, razones por las que se llegó a la conclusión de construir un banco de pruebas para un motor recíproco del avión Volksplane en el que se puedan realizar mediciones y trabajos para la instrucción técnica del alumno.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

El ITSA dispone de un grupo de docentes especializados en motores con un buen grado de experiencia la misma que es necesaria para impartir conocimientos teóricos pero con dificultades en la parte práctica debido a la falta de unidades didácticas.

Reconociendo la importancia de la instrucción práctica que reciben los alumnos del instituto dentro de la carrera de mecánica mención motores para un buen desenvolvimiento profesional, resulta de gran apoyo la implementación de un banco de pruebas para los laboratorios de mecánica-motores, con el fin de que puedan ser manipulados por los alumnos mejorando así su capacidad de realizar trabajos prácticos de laboratorio. Incrementando la confianza y el desenvolvimiento de los estudiantes en la aplicación de trabajos de mantenimiento.

Debido a la magnitud del banco y el costo que este implica fue necesario la división de su construcción e implementación en las siguientes partes: la construcción de la cabina de mando y el soporte del motor, los sistemas de arranque, potencia, lubricación y combustible, el carenado y los sistemas eléctricos del banco de pruebas y por último el acople de la hélice. Por tal motivo, fue necesario la construcción de la estructura base en el cual se sujetarán el motor y los sistemas para la ejecución del mismo, en el que se puedan realizar mediciones así como el mantenimiento del banco de pruebas.

Por esta razón el proyecto se ha considerado de manera especial; para precautelar la seguridad del estudiante dado que habrá una hélice en giro. En el cual se debe tomar en cuenta los procedimientos que se aplican en la ejecución de la unidad didáctica, donde los estudiantes puedan reconocer los riesgos y las zonas seguras, evitando los accidentes y tomando en cuenta que los mismos son utilizados en los arranques de las aeronaves pequeñas de aviación.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Construir la cabina de mando y soporte para el banco de pruebas de un motor recíproco del avión Volksplane para el ITSA.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Recopilar la información necesaria para la construcción de la cabina de mando y soporte del motor.
- Diseñar y calcular la resistencia de los materiales para la estructura del banco de pruebas.
- Seleccionar los materiales que servirán para la construcción de la cabina de mando y soporte del motor.
- Construir la cabina de mando y soporte del motor para el banco de pruebas.
- Evaluar mediante pruebas de funcionamiento la cabina de mando y el soporte del motor para asegurar su confiabilidad en el momento de su operación.

### **1.4. ALCANCE**

El banco de pruebas está dirigido para la carrera de Mecánica y todos los alumnos que conforman la especialidad de motores para la ejecución de trabajos

de mantenimiento y la comprobación del funcionamiento de los diferentes sistemas así como las medidas de seguridad tomadas en cuenta para el arranque de aeronaves.

La cabina de mando y el soporte del motor ayudarán directamente a la implementación del banco de pruebas del motor recíproco Volkswagen que tiene su aplicación en el avión Volksplane. Al ser una aeronave de tripulación y contar con sistemas y una hélice de aviación menor se podrá simular los procedimientos que rigen en el arranque y el mantenimiento de estas aeronaves.

La unidad didáctica podrá ser utilizada por los docentes de la institución para poder impartir el conocimiento teórico-práctico de los diferentes sistemas que componen los motores recíprocos dentro de la aviación civil.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. GENERALIDADES**

##### **2.1.1. Banco de prueba**

Los bancos de prueba son equipos que permiten realizar mediciones y evaluaciones en base a parámetros ya establecidos para un componente determinado.

Los cuales deben estar diseñados y contruidos con la finalidad que puedan soportar las cargas y los esfuerzos del componente al cual se le realiza dichas operaciones.

##### **2.1.2. Motor Aeronáutico<sup>2</sup>**

Un motor aeronáutico o motor de aviación es aquel que se utiliza para la propulsión de aeronaves mediante la generación de una fuerza de empuje.

Existen distintos tipos de motores de aviación aunque se dividen en dos clases básicas: motores recíprocos o de pistón y a reacción donde se incluyen las turbinas.

---

<sup>2</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_aeron%C3%A1utico](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_aeron%C3%A1utico)

## **a) Motores a pistón**

La aviación como la conocemos comenzó gracias a la propulsión de aeronaves mediante motores a pistón, también llamados motores alternativos. A pesar de que existían otros métodos y formas de propulsión, los motores permitieron una propulsión de trabajo constante, operados principalmente por gasolina.

### **2.1.3. Avión Volksplane**

Aeronave propulsada por un motor Volkswagen de la camioneta "Combi", motor alternativo que dispone sus cilindros en forma lineal, pequeño que favorece al espacio del compartimiento del motor. Aeronave que tiene la capacidad de transportar una y hasta dos personas dependiendo de su construcción. Peso máximo de la aeronave 498 kg, velocidad crucero 120 Km/h.

## **2.2. PROPIEDAD DEL MATERIAL**

### **2.2.1. Aceros**

Los aceros son aleaciones de hierro-carbono, aptas para ser deformadas en frío y en caliente. Generalmente, el porcentaje de carbono no excede del 1,76%.

### **2.2.2. Acero Estructural<sup>3</sup>**

Se define como acero estructural al producto de la aleación de hierro, carbono y pequeñas cantidades de otros elementos tales como silicio, fósforo, azufre y oxígeno, que le aportan características específicas. El acero laminado en caliente, fabricado con fines estructurales, se denomina como acero estructural al carbono, con límite de fluencia de 250 mega pascales (2549 kg/cm<sup>2</sup>).

---

<sup>3</sup> <http://www.arqhys.com/construccion/estructural-acero.html>

### a) Propiedades y cualidades del acero estructural

Su alta resistencia, homogeneidad en la calidad y fiabilidad de la misma, soldabilidad, ductilidad, incombustible, pero a altas temperaturas sus propiedades mecánicas fundamentales se ven gravemente afectadas, buena resistencia a la corrosión en condiciones normales.

### b) Clasificación del acero estructural o de refuerzo

El acero estructural, según su forma, se clasifica en:

- **Perfiles estructurales:** Los perfiles estructurales son piezas de acero laminado cuya sección transversal puede ser en forma de I, H, T, canal o ángulo.
- **Barras:** Las barras de acero estructural son piezas de acero laminado, cuya sección transversal puede ser circular, hexagonal o cuadrada en todos los tamaños.
- **Planchas:** Las planchas de acero estructural son productos planos de acero laminado en caliente con anchos de 203 mm y 219 mm, y espesores mayores de 5,8 mm y mayores de 4,5 mm, respectivamente.

### c) Propiedades

- **Oxidación:** este se oxida por la acción de oxígeno del aire.
- **Ductilidad:** es la capacidad de convertirse en hilos, por esfuerzo de tracción.
- **Tenacidad:** es la resistencia a la rotura por tracción.
- **Elasticidad:** es cuando el acero al dejar de aplicársele alguna fuerza, se recupera a su forma original.
- **Flexibilidad:** es la capacidad de doblarse y recuperarse al aplicarle un momento flector.
- **Plasticidad:** es la propiedad que tiene los aceros de fluir, al dejar de aplicársele cargas no se recupera.
- **Resistencia:** capacidad de formular energía al deformarse.

- **Fundibilidad:** aquí llega a estado líquido.
- **Resistencia:** viene siendo el esfuerzo máximo que resiste un material antes de romperse.

### **2.3. RESISTENCIA DE MATERIALES<sup>4</sup>**

La resistencia de materiales amplía el estudio de las fuerzas que se inician en mecánica, pero existe una diferencia obvia entre ambas materias. El campo de la mecánica abarca fundamentalmente las relaciones entre las fuerzas que actúan sobre un sólido indeformable. La estática estudia los sólidos en equilibrio, mientras que la dinámica estudia los sólidos acelerados, aunque se puede establecer el equilibrio dinámico mediante la introducción de las fuerzas de inercia.

En contraste con la mecánica, la resistencia de materiales estudia y establece las relaciones entre las cargas exteriores aplicadas y sus efectos en el interior de los sólidos. Además, no supone que los sólidos son idealmente indeformables, como en la primera, sino que las deformaciones por pequeñas que sean, tienen gran interés. Las propiedades del material del que se construye una estructura o una máquina afectan tanto a su elección como a su diseño, ya que se deben satisfacer las condiciones de resistencia y rigidez.

#### **2.3.1. Relación entre esfuerzos y tensiones**

El diseño mecánico de piezas requiere:

- Conocimiento de las tensiones, para verificar si éstas sobrepasan los límites resistentes del material.
- Conocimiento de los desplazamientos, para verificar si éstos sobrepasan los límites de rigidez que garanticen la funcionalidad del elemento diseñado.

---

<sup>4</sup> SINGER, Ferdinand L. (1987). Resistencia de Materiales. Cuarta edición

En general el cálculo de tensiones puede abordarse con toda generalidad desde la teoría de la elasticidad, sin embargo cuando la geometría de los elementos es suficientemente simple (como sucede en el caso de elementos lineales o bidimensionales) las tensiones y desplazamientos pueden ser calculados de manera mucho más simple mediante los métodos de la resistencia de materiales, que directamente a partir del planteamiento general del problema elástico.

### **2.3.2. Relación entre esfuerzos y desplazamientos**

Otro problema importante en muchas aplicaciones de la resistencia de materiales es el estudio de la rigidez. Más concretamente ciertas aplicaciones requieren asegurar que bajo las fuerzas actuantes algunos elementos resistentes no superen nunca desplazamientos por encima de cierto valor prefijado.

## **2.4. DISEÑO DE ELEMENTOS MECÁNICOS**

### **2.4.1. Teorías de falla<sup>5</sup>**

Desafortunadamente, no existe una teoría universal de falla para un caso general de las propiedades del material y el estado de esfuerzo. En su lugar, a través de los años se han formulado y probado varias hipótesis, las cuales han conducido a las prácticas aceptadas en la actualidad. Como han sido aceptadas, estas prácticas se caracterizan como teorías tal como lo hace la mayoría de los diseñadores.

El comportamiento del metal estructural se clasifica de manera típica como dúctil o frágil, aunque bajo situaciones especiales, un material considerado normalmente como dúctil puede fallar de una manera frágil. Normalmente, los materiales se clasifican como dúctiles cuando  $\epsilon_f \geq 0.05$  y cuando tiene una resistencia a la fluencia identificable que a menudo es la misma en compresión que en tensión ( $S_{yt} = S_{ys} = S_y$ ). Los materiales frágiles,  $\epsilon_f < 0.05$ , no presentan una resistencia a la fluencia identificable y típicamente se clasifican por

---

<sup>5</sup> SHIGLEY, Joseph & MITCHELL, Larry; Fallas resultantes de carga estática.

resistencias últimas a la tensión y la compresión,  $S_{ut}$  y  $S_{uc}$ , respectivamente (donde  $S_{uc}$  se da como una cantidad positiva). Las teorías generalmente aceptadas son:

#### **Materiales dúctiles** (criterios de fluencia)

- Esfuerzo cortante máximo (ECM)
- Energía de distorsión (ED)
- Mohr Coulomb dúctil (CMD)

#### **Materiales frágiles** (criterios de fractura)

- Esfuerzo normal máximo (ENM)
- Mohr Coulomb frágil (CMF)
- Mohr modificada (MM)

Sería útil tener una teoría aceptada universalmente para cada tipo de material, pero por una razón u otra se utilizan todas las anteriores. Posteriormente se darán razones para seleccionar una teoría en particular.

#### **a) Teoría del esfuerzo cortante máximo para materiales dúctiles**

La teoría del esfuerzo cortante máximo estipula que la fluencia comienza cuando el esfuerzo cortante máximo de cualquier elemento iguala al esfuerzo cortante máximo en una pieza de ensayo a tensión del mismo material cuando esa pieza comienza a fluir. (Teoría del ECM).

Muchas teorías se postulan con base en las consecuencias vistas en las piezas sometidas a tensión. Cuando una tira de un material dúctil se somete a tensión, se forman líneas de desplazamiento (llamadas líneas de Luder) aproximadamente a 45 grados de los ejes de la tira.

Sin embargo, es evidente que la teoría del ECM es un predictor aceptable pero conservador de la falla; y como los ingenieros son conservadores por naturaleza, se usa con bastante frecuencia.

El esfuerzo en tensión simple,

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

El esfuerzo cortante máximo ocurre a 45 grados de la superficie en tensión con una magnitud de:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{\sigma}{2} \quad (2.2)$$

De manera que el esfuerzo cortante máximo es.

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{S_y}{2} \quad (2.3)$$

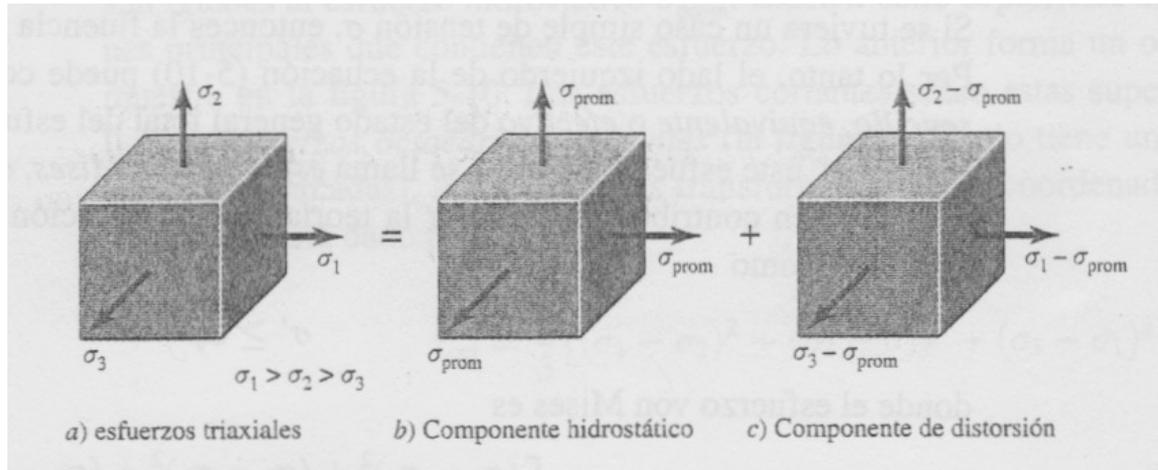
### **b) Teoría de la distorsión para materiales dúctiles**

La teoría de la energía de deformación máxima predice que la falla por fluencia ocurre cuando la energía de deformación por unidad de volumen correspondiente a la resistencia a la fluencia en tensión o en compresión del mismo material.

La teoría de la energía de distorsión se origino debido a que se comprobó que los materiales dúctiles sometidos a esfuerzos hidrostáticos presentan resistencia a la fluencia que excede en gran medida los valores que resultan del ensayo de tensión simple. Por lo tanto, se postulo que la fluencia no era un fenómeno de tensión o compresión simples, sino más bien, que estaba relacionada de alguna manera con la distorsión angular del elemento esforzado. Para desarrollar la teoría, observe en la figura 2.1, el volumen unitario sometido a cualquier estado de esfuerzos tridimensionales, designado por los esfuerzos  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$ . El estado de esfuerzos que se muestra en la figura 2.1 es de tensión hidrostática debida a

los esfuerzos  $\sigma_{prom}$  que actúan en cada una de las mismas direcciones principales, como en la figura 2.1 la fórmula de  $\sigma_{prom}$  es:

$$\sigma_{prom} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} \quad (2.4)$$



*Figura 2.1 Elementos sometidos a esfuerzos y tensiones*

Fuente: Investigación documental

Tomada de: SHIGLEY, Joseph

Por lo general, este esfuerzo efectivo se llama esfuerzo Von Mises,  $\sigma'$ , Así la ecuación de la fluencia, puede escribirse como:

$$\sigma' = \left[ \frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2} \right]^{1/2} \quad (2.5)$$

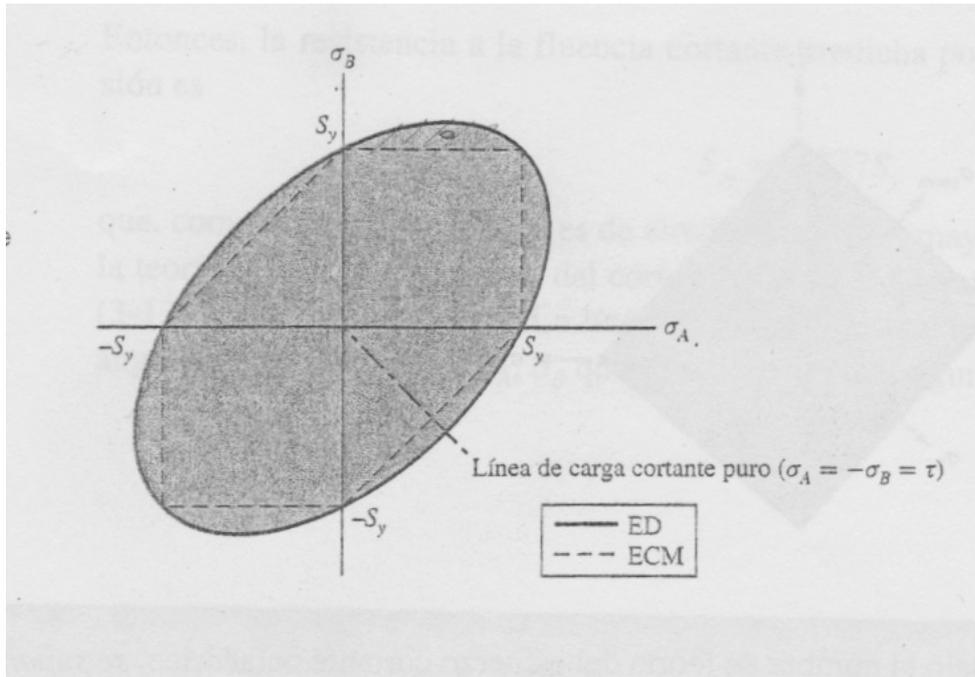


Figura 2.2 Teoría de energía de distorsión (ED) de estados de esfuerzo plano. Esta es una gráfica real de puntos que se obtienen mediante la ecuación con

$$\sigma' = S_y$$

Fuente: Investigación documental

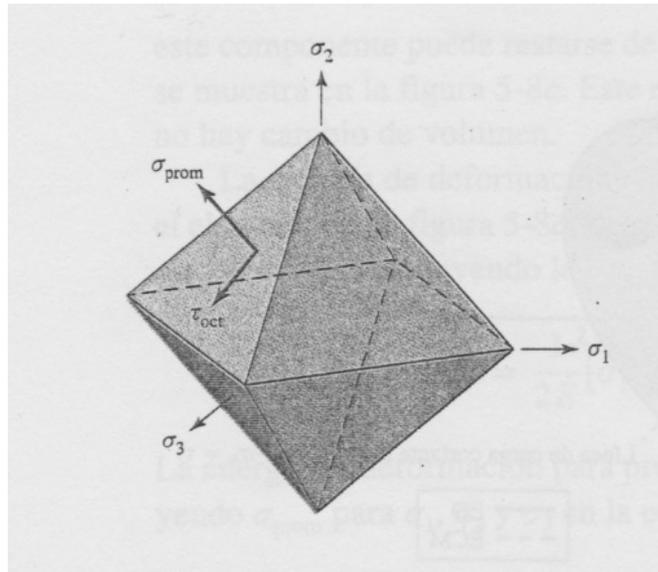
Tomada de: SHIGLEY, Joseph

La teoría de la energía de deformación también se denomina:

- Teoría de Von Mises- Hencky
- Teoría de la energía de cortante
- Teoría del esfuerzo cortante octaédrico

Entender el esfuerzo cortante octaédrico dará algo de luz sobre por qué el ECM es conservador. Existen ocho superficies simétricas a las direcciones principales que contienen este esfuerzo. Lo anterior forma un octaedro como el que se muestra en la figura 2.3. Los esfuerzos cortantes sobre estas superficies son iguales y se llaman esfuerzos octaédricos cortantes (la figura 2.3 solo tiene una de las superficies octaédricas marcadas), El esfuerzo octaédrico esta dado por:

$$\tau_{oct} = \frac{1}{3} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{1/2} \quad (2.6)$$



*Figura 2.3 Superficies octaédricas*

Fuente: Investigación documental

Tomada de: SHIGLEY, Joseph

Bajo el nombre de teoría del esfuerzo cortante octaédrico, se supone que la falla ocurre siempre que el esfuerzo cortante octaédrico de cualquier estado de esfuerzo es igual o mayor al esfuerzo cortante octaédrico con el cual falla la pieza de ensayo a tensión simple.

El modelo de la teoría del ECM no toma en cuenta la contribución de los esfuerzos normales sobre las superficies a 45 grados de la pieza sometida a tensión. Aquí es donde reside la diferencia entre teorías del ECM y ED.

### **c) Teoría de Mohr-Coulomb para materiales dúctiles**

La idea de Mohr se basa en tres ensayos “simples”: tensión, compresión y cortante, a la fluencia si el material puede fluir, o a la ruptura.

Si se hacen a un lado las dificultades prácticas, la hipótesis de Mohr consistía en usar los resultados de los ensayos de tensión, compresión y cortante a fin de elaborar los tres círculos de la figura 2.4, con objeto de definir una envolvente de falla, representada como la línea recta ABCDE en la figura, arriba del eje  $\sigma$ . La envolvente de falla no es necesario que sea recta.

Una variación de la teoría de Mohr, llamada la teoría de Mohr – Coulomb, o teoría de la fricción interna, supone que la frontera BCD de la figura 2.4 es recta. Con este supuesto solo son necesarias las resistencias a la tensión y a la compresión. El círculo más grande conecta a  $\sigma_1$  y  $\sigma_3$ , como se muestra en la figura 2.5. Los centros de los círculos de la figura 2.5 son  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ . Los triángulos  $OB_1C_1$  son similares, por lo tanto:

$$\frac{B_2C_2 - B_1C_1}{OC_2 - OC_1} = \frac{B_3C_3 - B_1C_1}{OC_3 - OC_1} \quad (2.7)$$

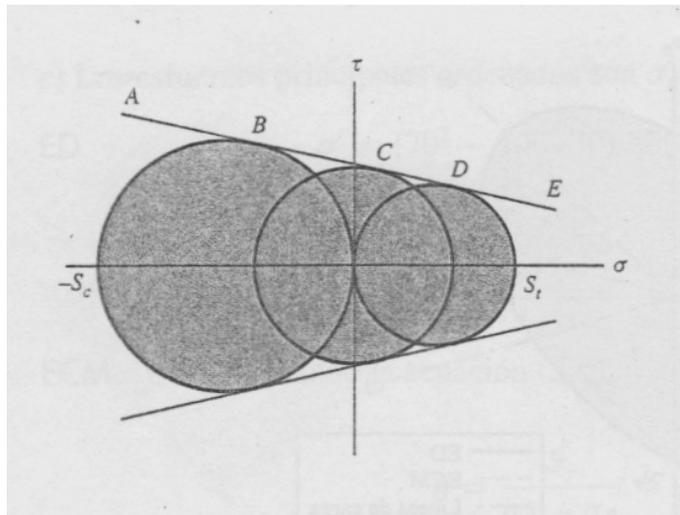


Figura 2.4 Tres círculos de Mohr  
 Fuente: Investigación documental  
 Tomada de: SHIGLEY, Joseph

Tres círculos de Mohr, uno para el ensayo de compresión uniaxial, otro para el ensayo de cortante puro y otro más para el ensayo de tensión uniaxial, se utilizan para definir la falla mediante la hipótesis de Mohr. Las resistencias  $S_c$  y  $S_t$  son las resistencias de compresión y de tensión, respectivamente; se pueden usar para la resistencia a la fluencia o última.

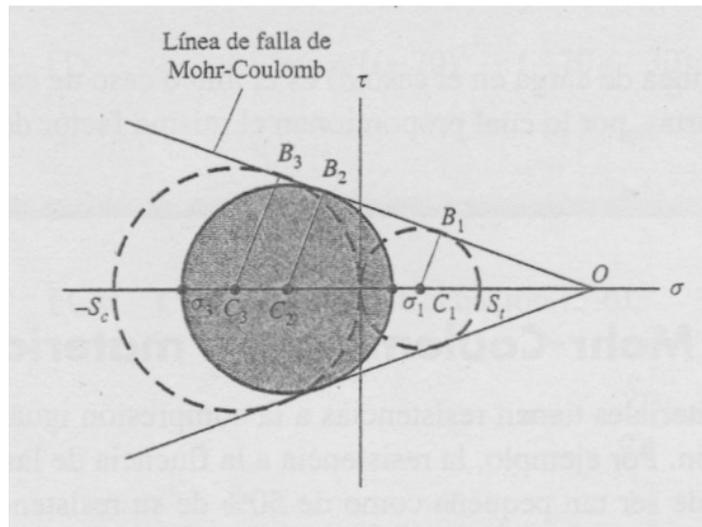


Figura 2.5 Círculo más grande de Mohr para un estado general de esfuerzo

Fuente: Investigación documental

Tomada de: SHIGLEY, Joseph

#### 2.4.2. Fatiga en metales<sup>6</sup>

A menudo, se encuentra que los elementos de máquinas han fallado bajo la acción de esfuerzo repetido o fluctuante; no obstante, el análisis más cuidadoso revela que los esfuerzos máximos reales estuvieron por debajo de la resistencia última del material y con mucha frecuencia incluso por debajo de la resistencia de la fluencia. La característica más notable de estas fallas consiste en que los esfuerzos se repitieron un gran número de veces. Por lo tanto, a la falla se le llama falla por fatiga.

La falla por fatiga se debe a la formación y propagación de grietas.

La velocidad y dirección de la propagación de la grieta por fatiga está controlada en forma principal por esfuerzos localizados y por la estructura del material en donde se produjo la grieta. Sin embargo, como en la formación de la grieta, existen otros factores que pueden ejercer una influencia significativa, como el entorno, la temperatura y la frecuencia. Como se estableció antes, las grietas crecerán a lo largo de planos normales a los esfuerzos en tensión máximos.

<sup>6</sup> SHIGLEY, Joseph & MITCHELL, Larry; Falla por fatiga resultantes de carga variable.

## **a) Métodos de fatiga – vida**

Los tres métodos más importantes de fatiga – vida que se usan en el diseño y el análisis son el método de esfuerzo – vida, el método de deformación – vida y el método de mecánica de la fractura lineal elástica.

- **Método del esfuerzo – vida**

El método de esfuerzo – vida, que se basa solo en niveles de esfuerzo, es el enfoque menos exacto, especialmente para aplicaciones de bajo ciclaje. Sin embargo, es el método más tradicional, puesto que es el más fácil de implementar para una amplia variedad de aplicaciones de diseño, tiene una gran cantidad de datos de soporte y representa de manera adecuada las aplicaciones de alto ciclaje.

De esta manera, el propósito principal cuando se estudia la fatiga es entender por qué ocurren las fallas, de tal manera que se puedan evitar de manera óptima. Por esta razón, los métodos analíticos de diseño que se presentan en este libro, o en cualquier otro sobre el tema, no producen resultados precisos. Los resultados deben tomarse como una guía, como algo que indica lo que es importante y lo que no lo es cuando se diseña para evitar la falla por fatiga.

Como se estableció anteriormente, el método esfuerzo – vida es el enfoque menos exacto, especialmente en el caso de las aplicaciones de bajos ciclos. Sin embargo, es el método más tradicional, con una gran cantidad de datos publicados. Es el más fácil de implementar para un amplio rango de aplicaciones de diseño y representa las aplicaciones de altos ciclos de manera adecuada.

- **Método de deformación – vida**

Implica un análisis más detallado de la deformación plástica en regiones localizadas donde se considera a los esfuerzos y deformaciones para la estimación de la vida. Este método es especialmente bueno para aplicaciones con

fatiga de bajo ciclaje. Al aplicar este método, deben realizarse algunas idealizaciones, y existirán algunas incertidumbre en los resultados.

Hasta el momento, el mejor y más avanzado enfoque para explicar la naturaleza de la falla por fatiga es llamado por algunos método de deformación – vida. Este enfoque puede usarse para estimar las resistencias a la fatiga, pero cuando se emplea de esta manera es necesario conformar varias idealizaciones, y por lo tanto existiría cierta incertidumbre en los resultados.

Por este motivo, el método aquí se presenta solo debido a su valor para explicar la naturaleza de la fatiga.

- **Método mecánico de la fractura lineal – elástica**

En el método de la mecánica de la fractura se supone que ya existe una grieta y que esta se ha detectado. Entonces, se emplea para predecir el crecimiento de la grieta con respecto a la intensidad del esfuerzo. Es más práctico cuando se aplica a estructuras grandes junto con códigos de computadora y un programa de inspección periódica.

## **2.5. SOLDADURA**

La soldadura es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos materiales, usualmente logrado a través de la fusión, en la cual las piezas son soldadas fundiendo ambas y agregando un material de relleno fundido, el cual tiene un punto de fusión menor al de la pieza a soldar, para conseguir un baño de material fundido que, al enfriarse, se convierte en una unión fija.

### **2.5.1. Elementos que intervienen en la soldadura**

Se dice que es un sistema porque intervienen los elementos propios de este, es decir: mano de obra, materiales, máquinas, medio ambiente y medios escritos o procedimientos. La unión satisfactoria implica que debe pasar las pruebas mecánicas de tensión y dobléz. Las técnicas son los diferentes procesos

(SMAW<sup>7</sup>, SAW<sup>8</sup>, etc.) utilizados para la situación más conveniente y favorable, lo que hace que sea lo más económico, sin dejar de lado la seguridad.

### **2.5.2. Soldadura por arco<sup>9</sup>**

Estos procesos usan una fuente de alimentación para soldadura para crear y mantener un arco eléctrico entre un electrodo y el material base para derretir los metales en el punto de la soldadura. Pueden usar tanto corriente continua (DC) como alterna (AC), y electrodos consumibles o no consumibles. A veces, la región de la soldadura es protegida por un cierto tipo de gas inerte o semi inerte, conocido como gas de protección, y el material de relleno a veces es usado también.

El sistema de soldadura eléctrica con electrodo recubierto se caracteriza, por la creación y mantenimiento de un arco eléctrico entre una varilla metálica llamada electrodo, y la pieza a soldar. El electrodo recubierto está constituido por una varilla metálica a la que se le da el nombre de alma o núcleo, generalmente de forma cilíndrica, recubierta de un revestimiento de sustancias no metálicas, cuya composición química puede ser muy variada, según las características que se requieran en el uso. El revestimiento puede ser básico, rutilico y celulósico. Para realizar una soldadura por arco eléctrico se induce una diferencia de potencial entre el electrodo y la pieza a soldar, con lo cual se ioniza el aire entre ellos y pasa a ser conductor, de modo que se cierra el circuito. El calor del arco funde parcialmente el material de base y funde el material de aporte, el cual se deposita y crea el cordón de soldadura.

La soldadura por arco eléctrico es utilizada comúnmente debido a la facilidad de transporte y a la economía de dicho proceso.

---

<sup>7</sup> Proceso de soldadura de arco manual

<sup>8</sup> Sociedad Americana de Soldadura "AWS" Establece la clasificación para los diferentes electrodos

<sup>9</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura\\_por\\_arco](http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura_por_arco)

## a) Elementos

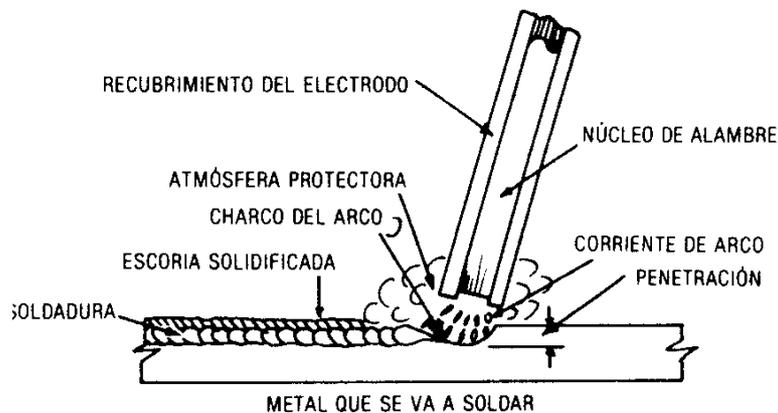


Figura 2.6 Elementos de soldadura por arco

Fuente: Investigación documental

Tomado de: [http://andresmurillomurillo.blogspot.com/2008\\_08\\_01\\_archive.html](http://andresmurillomurillo.blogspot.com/2008_08_01_archive.html)

- **Plasma:** Está compuesto por electrones que transportan la corriente y que van del polo negativo al positivo, de iones metálicos que van del polo positivo al negativo, de átomos gaseosos que se van ionizando y estabilizándose conforme pierden o ganan electrones, y de productos de la fusión tales como vapores que ayudarán a la formación de una atmósfera protectora. Esta zona alcanza la mayor temperatura del proceso.
- **Llama:** Es la zona que envuelve al plasma y presenta menor temperatura que éste, formada por átomos que se disocian y recombinan desprendiendo calor por la combustión del revestimiento del electrodo. Otorga al arco eléctrico su forma cónica.
- **Baño de fusión:** La acción calorífica del arco provoca la fusión del material, donde parte de éste se mezcla con el material de aportación del electrodo, provocando la soldadura de las piezas una vez solidificado.
- **Cráter:** Surco producido por el calentamiento del metal. Su forma y profundidad vendrán dadas por el poder de penetración del electrodo.
- **Cordón de soldadura:** Está constituido por el metal base y el material de aportación del electrodo y se pueden diferenciar dos partes: la escoria, compuesta por impurezas que son segregadas durante la solidificación y que posteriormente son eliminadas, y el sobre espesor, formado por la

parte útil del material de aportación y parte del metal base, que es lo que compone la soldadura en sí.

- **Electrodo:** Son varillas metálicas preparadas para servir como polo del circuito; en su extremo se genera el arco eléctrico. En algunos casos, sirven también como material fundente. La varilla metálica a menudo va recubierta por una combinación de materiales que varían de un electrodo a otro. El recubrimiento en los electrodos tiene diversas funciones, éstas pueden resumirse en las siguientes:

- Función eléctrica del recubrimiento
- Función física de la escoria
- Función metalúrgica del recubrimiento

#### **b) Funciones de los recubrimientos**

- **Función eléctrica del recubrimiento**

La estabilidad del arco para la soldadura depende de una amplia serie de factores como es la ionización del aire para que fluya adecuadamente la electricidad. Para lograr una buena ionización se añaden al revestimiento del electrodo productos químicos denominados sales de sodio, potasio y bario los cuales tienen una tensión de ionización baja y un poder termoiónico elevado. El recubrimiento, también contiene en su composición productos como los silicatos, los carbonatos, los óxidos de hierro y óxidos de titanio que favorecen la función física de los electrodos, que facilitan la soldadura en las diversas posiciones de ejecución del soldeo.

- **Función metalúrgica de los recubrimientos**

Además de las funciones de estabilizar y facilitar el funcionamiento eléctrico del arco y de contribuir físicamente a la mejor formación del cordón, el recubrimiento tiene una importancia decisiva en la calidad de la soldadura. Una de las principales funciones metalúrgicas de los recubrimientos de los electrodos es proteger el metal de la oxidación, primero aislándolo de la atmósfera oxidante que

rodea al arco y después recubriéndolo con una capa de escoria mientras se enfría y solidifica.

### c) Soldadura por arco manual con electrodos revestidos



*Figura 2.7 Electrodos revestidos*

Fuente: Investigación documental

Tomada de: [http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura\\_por\\_arco](http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura_por_arco)

La característica más importante de la soldadura con electrodos revestidos, en inglés *Shield Metal Arc Welding* (SMAW) o *Manual Metal Arc Welding* (MMAW), es que el arco eléctrico se produce entre la pieza y un electrodo metálico recubierto. El recubrimiento protege el interior del electrodo hasta el momento de la fusión. Con el calor del arco, el extremo del electrodo funde y se quema el recubrimiento, de modo que se obtiene la atmósfera adecuada para que se produzca la transferencia de metal fundido desde el núcleo del electrodo hasta el baño de fusión en el material base.

Estas gotas de metal fundido caen recubiertas de escoria fundida procedente de la fusión del recubrimiento del arco. La escoria flota en la superficie y forma, por encima del cordón de soldadura, una capa protectora del metal fundido.

Como son los propios electrodos los que aportan el flujo de metal fundido, será necesario reponerlos cuando se desgasten. Los electrodos están compuestos de dos piezas: el alma y el revestimiento.

El alma o varilla es alambre (de diámetro original 5.5 mm) que se comercializa en rollos continuos. Tras obtener el material, el fabricante lo decapa mecánicamente (a fin de eliminar el óxido y aumentar la pureza) y posteriormente lo trefila<sup>10</sup> para reducir su diámetro.

El revestimiento se produce mediante la combinación de una gran variedad de elementos (minerales varios, celulosa, mármol, aleaciones, etc.) convenientemente seleccionados y probados por los fabricantes, que mantienen el proceso, cantidades y dosificaciones en riguroso secreto.

La composición y clasificación de cada tipo de electrodo está regulada por AWS (*American Welding Society*), organismo de referencia mundial en el ámbito de la soldadura.

Este tipo de soldaduras pueden ser efectuados bajo corriente tanto continua como alterna. En corriente continua el arco es más estable y fácil de encender y las salpicaduras son poco frecuentes; en cambio, el método es poco eficaz con soldaduras de piezas gruesas. La corriente alterna posibilita el uso de electrodos de mayor diámetro, con lo que el rendimiento a mayor escala también aumenta. En cualquier caso, las intensidades de corriente oscilan entre 10 y 500 amperios.

El factor principal que hace de este proceso de soldadura un método tan útil es su simplicidad y, por tanto, su bajo precio. A pesar de la gran variedad de procesos de soldadura disponibles, la soldadura con electrodo revestido no ha sido desplazada del mercado. La sencillez hace de ella un procedimiento práctico; todo lo que necesita un soldador para trabajar es una fuente de alimentación, cables, un portaelectrodo y electrodos. El soldador no tiene que estar junto a la fuente y

---

<sup>10</sup> Consiste en el estirado del alambre en frío

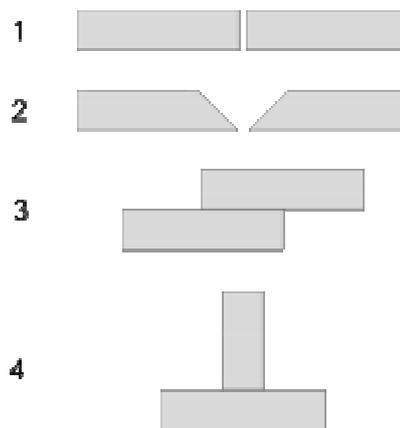
no hay necesidad de utilizar gases comprimidos como protección. El procedimiento es excelente para trabajos, reparación, fabricación y construcción.

Además, la soldadura SMAW es muy versátil. Su campo de aplicaciones es enorme: casi todos los trabajos de pequeña y mediana soldadura de taller se efectúan con electrodo revestido; se puede soldar metal de casi cualquier espesor y se pueden hacer uniones de cualquier tipo.

Sin embargo, el procedimiento de soldadura con electrodo revestido no se presta para su automatización o semiautomatización; su aplicación es esencialmente manual. La longitud de los electrodos es relativamente corta: de 230 a 700 mm. Por tanto, es un proceso principalmente para soldadura a pequeña escala. El soldador tiene que interrumpir el trabajo a intervalos regulares para cambiar el electrodo y debe limpiar el punto de inicio antes de empezar a usar electrodo nuevo. Sin embargo, aun con todo este tiempo muerto y de preparación, un soldador eficiente puede ser muy productivo.

### 2.5.3. Geometría

Refiere se a las dimensiones y posiciones que deben tener las piezas de metal que van a ser soldadas:



*Figura 2.8 Tipos comunes de juntas de soldadura*

Fuente: Investigación de Campo

Tomada de: [http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura\\_por\\_arco](http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura_por_arco)

- (1) La junta de extremo cuadrado
- (2) Junta de preparación solo-V
- (3) Junta de regazo o traslape
- (4) Junta-T.

Las soldaduras pueden ser preparadas geoméricamente de muchas maneras. Los cinco tipos básicos de juntas de soldadura son la junta de extremo, la junta de regazo, la junta de esquina, la junta de borde, y la junta-T. Existen otras variaciones, como por ejemplo la preparación de juntas doble-V, caracterizadas por las dos piezas de material cada una que afilándose a un solo punto central en la mitad de su altura. La preparación de juntas solo-U y doble-U son también bastante comunes en lugar de tener bordes rectos como la preparación de juntas solo-V y doble-V, ellas son curvadas, teniendo la forma de una U. Las juntas de regazo también son comúnmente más que dos piezas gruesas dependiendo del proceso usado y del grosor del material, muchas piezas pueden ser soldadas juntas en una geometría de junta de regazo.

A menudo, ciertos procesos de soldadura usan exclusivamente o casi exclusivamente diseños de junta particulares. Por ejemplo, la soldadura de punto de resistencia, la soldadura de rayo láser, y la soldadura de rayo de electrones son realizadas más frecuentemente con juntas de regazo. Sin embargo, algunos métodos de soldadura, como la soldadura por arco de metal blindado, son extremadamente versátiles y pueden soldar virtualmente cualquier tipo de junta. Adicionalmente, algunos procesos pueden ser usados para hacer soldaduras multipasos, en las que se permite enfriar una soldadura, y entonces otra soldadura es realizada encima de la primera. Esto permite, por ejemplo, la soldadura de secciones gruesas dispuestas en una preparación de junta solo-V.



*Figura 2.9 Zonas afectadas por la soldadura*

Fuente: Investigación de Campo

Tomada de: [http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura\\_por\\_arco](http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura_por_arco)

La sección cruzada de una junta de extremo soldado, con el gris más oscuro representando la zona de la soldadura o la fusión, el gris medio la zona afectada por el calor ZAT, y el gris más claro el material base.

Después de soldar, un número de distintas regiones pueden ser identificadas en el área de la soldadura. La soldadura en sí misma es llamada la zona de fusión más específicamente, ésta es donde el metal de relleno fue puesto durante el proceso de la soldadura. Las propiedades de la zona de fusión dependen primariamente del metal de relleno usado, y su compatibilidad con los materiales base. Es rodeada por la zona afectada de calor, el área que tuvo su microestructura y propiedades alteradas por la soldadura. Estas propiedades dependen del comportamiento del material base cuando está sujeto al calor. El metal en esta área es con frecuencia más débil que el material base y la zona de fusión, y es también donde son encontradas las tensiones residuales.

#### **2.5.4. Seguridad**

La soldadura sin las precauciones apropiadas puede ser una práctica peligrosa y dañina para la salud. Sin embargo, con el uso de la nueva tecnología y la protección apropiada, los riesgos de lesión o muerte asociados a la soldadura pueden ser prácticamente eliminados. El riesgo de quemaduras o electrocución<sup>11</sup> es significativo debido a que muchos procedimientos comunes de soldadura implican un arco eléctrico o flama abiertos. Para prevenirlas, las personas que sueldan deben utilizar ropa de protección, como calzado homologado, guantes de cuero gruesos y chaquetas protectoras de mangas largas para evitar la exposición a las chispas, el calor y las posibles llamas. Además, la exposición al brillo del área de la soldadura produce una lesión llamada ojo de arco (queratitis) por efecto de la luz ultravioleta que inflama la córnea y puede quemar las retinas. Las gafas protectoras y los cascos y caretas de soldar con filtros de cristal oscuro se usan para prevenir esta exposición, y en años recientes se han comercializado nuevos modelos de cascos en los que el filtro de cristal es transparente y permite ver el

---

<sup>11</sup> Quemadura producida por la corriente eléctrica

área de trabajo cuando no hay radiación UV<sup>12</sup>, pero se auto oscurece en cuanto esta se produce al iniciarse la soldadura. Para proteger a los espectadores, la ley de seguridad en el trabajo exige que se utilicen mamparas o cortinas translúcidas que rodeen el área de soldadura. Estas cortinas, hechas de una película plástica de cloruro de polivinilo, protegen a los trabajadores cercanos de la exposición a la luz UV del arco eléctrico, pero no deben ser usadas para reemplazar el filtro de cristal usado en los cascos y caretas del soldador.

A menudo, los soldadores también se exponen a gases peligrosos y a partículas finas suspendidas en el aire. Los procesos como la soldadura por arco de núcleo fundente y la soldadura por arco metálico blindado producen humo que contiene partículas de varios tipos de óxidos, que en algunos casos pueden producir cuadros médicos como el llamado fiebre del vapor metálico. El tamaño de las partículas en cuestión influye en la toxicidad de los vapores, pues las partículas más pequeñas presentan un peligro mayor. Además, muchos procesos producen vapores y varios gases, comúnmente dióxido de carbono, ozono y metales pesados, que pueden ser peligrosos sin la ventilación y la protección apropiados. Para este tipo de trabajos, se suele llevar mascarilla para partículas de clasificación FFP3<sup>13</sup>, o bien mascarilla para soldadura. Debido al uso de gases comprimidos y llamas, en muchos procesos de soldadura se plantea un riesgo de explosión y fuego. Algunas precauciones comunes incluyen la limitación de la cantidad de oxígeno en el aire y mantener los materiales combustibles lejos del lugar de trabajo.

### **a) Equipo de protección personal**

La radiación de un arco eléctrico es enormemente perjudicial para la retina y puede producir cataratas, pérdida parcial de visión, o incluso ceguera. Los ojos y la cara del soldador deben estar protegidos con un casco de soldar homologado equipado con un visor filtrante de grado apropiado.

---

<sup>12</sup> Ultra violeta

<sup>13</sup> Mascarilla autofiltrante. Protección contra partículas de productos tóxicos.

La ropa apropiada para trabajar con soldadura por arco debe ser holgada y cómoda, resistente a la temperatura y al fuego. Debe estar en buenas condiciones, sin agujeros ni remiendos y limpia de grasas y aceites. Las camisas deben tener mangas largas, y los pantalones deben ser de bota larga, acompañados con zapatos o botas aislantes que cubran.

Deben evitarse por encima de todo las descargas eléctricas, que pueden ser mortales. Para ello, el equipo deberá estar convenientemente aislado (cables, tenazas, portaelectrodos deben ir recubiertos de aislante), así como seco y libre de grasas y aceite. Los cables de soldadura deben permanecer alejados de los cables eléctricos, y el soldador separado del suelo; bien mediante un tapete de caucho, madera seca o mediante cualquier otro aislante eléctrico. Los electrodos nunca deben ser cambiados con las manos descubiertas o mojadas o con guantes mojados.

#### **b) Recomendaciones generales sobre soldadura con arco**

Según la NASD (*Nacional Ag Safety Database*), las medidas de seguridad necesarias para trabajar con soldadura con arco son las siguientes.

Antes de empezar cualquier operación de soldadura de arco, se debe hacer una inspección completa del soldador y de la zona donde se va a usar. Todos los objetos susceptibles de arder deben ser retirados del área de trabajo, y debe haber un extintor apropiado de PQS<sup>14</sup> o de CO<sub>2</sub><sup>15</sup> a la mano, no sin antes recordar que en ocasiones puede tener manguera de espuma mecánica.

Los interruptores de las máquinas necesarias para el soldeo deben poderse desconectar rápida y fácilmente. La alimentación estará desconectada siempre que no se esté soldando, y contará con una toma de tierra

---

<sup>14</sup> Extintor de Polvo químico seco

<sup>15</sup> Anhídrido Carbónico

Los porta electrodos no deben usarse si tienen los cables sueltos y las tenazas o los aislantes dañados.

La operación de soldadura deberá llevarse a cabo en un lugar bien ventilado pero sin corrientes de aire que perjudiquen la estabilidad del arco. El techo del lugar donde se suelde tendrá que ser alto o disponer de un sistema de ventilación adecuado. Las naves o talleres grandes pueden tener corrientes no detectadas que deben bloquearse.

## **2.6. ELECTRODOS<sup>16</sup>**

### **2.6.1. Características especiales**

Para materiales que serán soldados y sometidos a condiciones especiales tales como la alta resistencia a la tracción, corrosión, abrasión, temperatura, se debe elegir el electrodo más parecido a las propiedades del metal base.

### **2.6.2. Normas Especiales**

Existen varias formas que en casos especiales deben ser consideradas al seleccionar el electrodo.

### **2.6.3. Generalidades de los electrodos**

La influencia de los electrodos en la calidad de la soldadura es decisiva, por lo cual el soldador ha de prestar la máxima atención a la elección del electrodo correcto para cada trabajo. Fundamentalmente, se exige de un electrodo que haga posible un fácil encendido y mantenimiento del arco voltaico y que la costura de soldadura (cordón) relleno con el mismo, por su composición y propiedades se diferencia lo menos posible del metal base. Debe tenerse en

---

<sup>16</sup> <http://www.mailxmail.com/curso-soldadura-arco-manual-electrico-fundamentos/generalidades-electrodos-propiedades-seleccion>

cuenta también que la polaridad incorrecta, en el caso de corriente continua origina una insuficiente penetración.

Los electrodos de varilla se suministran en longitudes de 350 y 450 m/m y diámetros de 2,4 a 6,4 m/m, a los cuales se les aplica un "revestimiento" o material mineral-orgánico (que dé al electrodo sus características específicas), por medio de un moderno sistema llamado "Extrucción", lo que permite que el revestimiento quede totalmente uniforme y concéntrico con el núcleo, lo que significará excelente soldabilidad y eliminación de arcos erráticos en su aplicación. Los distintos componentes del revestimiento tienen por objeto formar un gas protector que se oponga a una ligera escoria que aparezca en la superficie cubriendo el metal líquido y que sólo se solidifique con lentitud.

#### **2.6.4. Propiedades de los electrodos**

Al someter a prueba un metal depositado mediante arco eléctrico, es importante eliminar algunas variables (diseño de unión, análisis del metal base, etc.), por lo que se ha universalizado la confección de una probeta longitudinal de metal depositado, para luego maquinarla y someterla a prueba de tracción para conocer su punto de fluencia, resistencia a la tracción y porcentaje de alargamiento.

Para pruebas de calificación de soldadores se usa un doblado guiado, haciéndose en diversas posiciones según sea la característica de operabilidad del electrodo, pudiendo ser plano, vertical, horizontal o sobre cabeza luego se dobla una probeta ya sea de cara o de raíz, para verificar la homogeneidad de la soldadura, cualquier falta de fusión se hace notar por grietas en los costados del cordón, como así también los poros e inclusión de escoria, que se traducen en agrietaduras del depósito.

#### **2.6.5. Selección de electrodos**

Para escoger el electrodo adecuado es necesario analizar las condiciones de trabajo en particular y luego determinar el tipo y diámetro del electrodo que

más se adapte a estas condiciones. Este análisis se facilita si el soldador considera los siguientes factores:

- a) Naturaleza del metal base
- b) Dimensiones de la sección o pieza a soldar
- c) Tipo de corriente de que se dispone
- d) Posición en que se soldará
- e) Tipo de unión
- f) Características que debe poseer la soldadura, resistencia a la corrosión, gran resistencia a la tracción y ductibilidad.

Tabla 2.1 Diámetros más comunes y sus amperajes

<b>Electrodo Pulg. - mm</b>	<b>Longitud Pulg. - mm</b>	<b>Amperaje Min. – Max.</b>
3/32" - 2,4mm	14" - 350mm	40 Amp. a 60 Amp.
1/8" - 3,2mm	14" - 350mm	60 Amp. a 80 Amp.
5/32" - 4,0mm	14" - 350mm	80 Amp. a 120 Amp.
3/16" - 4,8mm	14" - 350mm	120 Amp. a 180 Amp.
1/4" - 6,4mm	18" - 450mm	180 Amp. a 300 Amp.

Fuente: Investigación documental

Tomado de: <http://www.mailxmail.com/curso-soldadura-arco-manual-electrico-fundamentos/generalidades-electrodos-propiedades-seleccion>

**Nota:** Cabe recordar que el diámetro de los electrodos representa el diámetro de su núcleo

### 2.6.6. Clasificación AWS-ASTM

Debido a que hay muchos tipos diferentes de electrodos en el mercado, puede resultar muy confuso escoger los correctos para el trabajo que se va a ejecutar. Como resultado la AWS (American Welding Society) estableció un sistema numérico aceptado y utilizado por la industria de la soldadura.

### 2.6.7. Nomenclatura de los electrodos para acero dulce

Se especifican cuatro o cinco dígitos con la letra E al comienzo, detallados a continuación:



Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

- a) Prefijo E de electrodo para acero dulce
- b) Resistencia a la tracción mínima del depósito en miles de libras por pulgada cuadrada (Lbs/pul<sup>2</sup>)
- c) Posición de soldar: **(1)** Toda posición **(2)** Plana horizontal
- d) Tipo de revestimiento, Corriente eléctrica y Polaridad a usar según tabla

Tabla 2.2 Características del último dígito

ULTIMO DIGITO	TIPO DE REVESTIMIENTO	CORRIENTE ELECTRICA	POLARIDAD
0	Celulósico sódico	CC	PI
1	Celulósico potásico	CA – CC	PI
2	Rutílico sódico	CA – CC	PD
3	Rutílico potásico	CA – CC	PD – PI
4	Rutílico + hierro en polvo	CA – CC	PD – PI
5	Bajo hidrógeno sódico	CC	PI
6	Bajo hidrógeno potásico	CA – CC	PI
7	Mineral + hierro en polvo	CA – CC	PD – PI
8	Bajo hidrógeno + hierro en polvo	CA – CC	PI

Fuente: Investigación documental

Tomado de: <http://www.mailxmail.com/curso-soldadura-arco-manual-electrico-fundamentos/clasificacion-identificacion-electrodos>

Donde: CC : Corriente continua  
CA : Corriente alterna  
PD : Polaridad Directa (Electrodo negativo)  
PI : Polaridad invertida (Electrodo positivo)

## **2.7. PROCESO DE PINTADO<sup>17</sup>**

El objetivo del pintado es el de dar un recubrimiento a los productos de fabricación. La función del revestimiento puede ser desde el puramente decorativo a anticorrosivo.

Los métodos pueden ir desde el pintado a mano, rodillos, a pistola, a pistola electroestática, inmersión, etc.

### **2.7.1. Pistolas de pintura aerográficas**

El fundamento de las pistolas aerográficas está basado en la atomización o rotura en finísimas partículas de un caudal de pintura producido por la presión del aire comprimido proveniente de un compresor.

Las pistolas aerográficas están integradas por tres sistemas la alimentación de aire, la alimentación de pintura y el sistema pulverizador.

La alimentación de pintura en las pistolas aerográficas puede realizarse por diversos sistemas. Las instalaciones remotas de abastecimiento o dosificación son adecuadas en numerosas aplicaciones industriales donde se requieren grandes cantidades de pintura.

### **2.7.2. Limpieza de piezas y superficies metálicas**

Los procesos de limpieza y desengrase se desarrollan en una amplia gama de sectores industriales, como en el tratamiento de superficies o en la electrónica,

---

<sup>17</sup> <http://www.istas.net/fittema/att/di4.htm>

para eliminar suciedad o grasa. Actualmente, los procesos de limpieza de piezas metálicas consisten en la utilización de disolventes en frío o la aplicación de vapor.

Algunos de los disolventes más empleados son el cloruro de metileno, tricloroetano, tricloroetileno o el percloroetileno.

Estos disolventes son muy dañinos tanto para la salud humana como para el medio ambiente. Algunos de los efectos que se aprecian por su exposición en el trabajo son, a corto plazo, la irritación de piel, ojos y vías respiratorias, y, a largo plazo, efectos cancerígenos, reproductivos y neurotóxicos, además de afectar a órganos vitales como el riñón y el hígado. Las mayores preocupaciones medioambientales, en cambio, son sus propiedades persistentes y bioacumulativas y su papel como percusores de otros contaminantes atmosféricos como la generación de ozono ambiental y, en algunos casos, su potencial de destrucción de la capa de ozono o de contribución al efecto invernadero.

Los disolventes de limpieza se emplean para eliminar la pintura adherida a los instrumentos de trabajo (p. ej. pistolas). También se usan para la limpieza del fondo de las superficies a pintar, especialmente quitamanchas de brea y disolventes para silicona. Las pistolas son relativamente sensibles a los restos de pintura resecados por lo que es necesaria su limpieza frecuente y exhaustiva. Para la limpieza de las pistolas y de sus accesorios, si el taller dispone de equipo de destilación de disolventes, se emplea generalmente el destilado procedente de la propia instalación de destilación. Los disolventes usados, siempre y cuando no puedan ser reutilizados internamente, deben ser eliminados a través de un gestor autorizado ya que están clasificados como residuos peligrosos.

## **2.8. Pinturas Anticorrosivas<sup>18</sup>**

La pintura anticorrosiva es una base o primera capa de imprimación de pintura que se ha de dar a una superficie, que se aplica directamente a los

---

<sup>18</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Pintura\\_anticorrosiva](http://es.wikipedia.org/wiki/Pintura_anticorrosiva)

cuerpos de acero, y otros metales. Para ello puede usarse un proceso de inmersión o de aspersion, (dependiendo del funcionamiento de la planta de trabajo y de la geometría de la estructura). Éste tiene el propósito principal de inhibir 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. La pintura anticorrosiva generalmente se presenta de color rojo "ladrillo" o naranja rojizo, aunque también se encuentran en color gris y en negro. El color rojizo, (encontrado comúnmente en vigas, por ejemplo) toma su pigmentación del óxido de hierro que es empleado como componente en su elaboración. En algunos lugares, a esta película anticorrosiva, se la ha llamado 'minio' cuando su función es, principalmente la de evitar la degradación del hierro.

Esta pintura anticorrosiva se constituye por componentes químicos básicos tales como el silicato de sodio (que inhibe la corrosión), y el EDTA<sup>19</sup> (un secuestrante activo) y tiene la primordial función de proteger el acero (y otros metales como el hierro), 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. Con los avances de la bioquímica, la susodicha pintura es cada vez es más sofisticada, de mejor calidad, con un secado más rápido y capaz de actuar sobre una mayor cantidad y variedad de metales, así como en general un proceso de pintado anticorrosivo más fiable y fácil de los componentes de acero.

## **2.9. Pinturas<sup>20</sup>**

La pintura es un producto fluido que, aplicado sobre una superficie en capas relativamente delgadas, se transforma al cabo del tiempo en una película sólida que se adhiere a dicha superficie, de tal forma que recubre, protege y decora el elemento sobre el que se ha aplicado.

---

<sup>19</sup> ácido etilendiaminotetraacético sustancia utilizada como agente quelante.

<sup>20</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Pintura\\_\(material\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Pintura_(material))

Existen diferentes tipos de pinturas, tales como barnices, esmaltes, lacas, colorantes, entonadores y selladores entre otros; cada uno con unas propiedades físicas y químicas que deben tenerse en cuenta a la hora de elegir el producto adecuado, ya sea por el tipo de superficie a aplicar, el carácter estético o las inclemencias a la que va a estar sometido.

### **2.9.1. Pintura plástica**

Esta pintura es muy útil para superficies expuestas al agua o humedad, como un baño, garaje, o incluso para el exterior. Al ser resistente al agua, puede lavarse fácilmente, aguantando incluso el frote. El aspecto puede ser mate, satinado o brillante, dependiendo del modelo, y tiene una amplia variedad de colores. Esta pintura es inodora y se aplica sobre yeso o cementos y derivados. Para aplicarlo sobre metal o madera, es necesaria una imprimación previa (tratamiento especial).

### **2.10. PAR DE APRIETE<sup>21</sup>**

Par de fuerza con el que se debe apretar un tornillo o una tuerca. Se expresa en varias unidades y para aplicarlo se usan llaves dinamométricas o pistolas atornilladoras que pueden regular el par máximo de apriete.

El par de apriete crea la tensión en el tornillo que provoca la sujeción de las piezas. Esta tensión depende de la métrica del tornillo y de su dureza, por lo que el par de apriete también depende de esos factores. Otras variables que también influyen sobre el par son: material de las arandelas, lubricantes y otros que facilitan el deslizamiento de la tuerca, de modo que el mismo par de apriete genera tensiones diferentes en el tornillo.

---

<sup>21</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Par\\_de\\_apriete](http://es.wikipedia.org/wiki/Par_de_apriete)

### **2.10.1. Par de apriete húmedo y par de apriete seco**

El par de apriete húmedo está asociado con un lubricante dado (típicamente grasa). Debe ser determinado empíricamente (haciendo pruebas de tensión sobre el tornillo). Bajo ningún motivo debe cambiarse el lubricante, puesto que se modificaría el coeficiente de fricción alterando el esfuerzo axial en el tornillo.

El par aplicado en los tornillos con lubricante está determinado por las características del material y la dureza de los tornillos y la rosca involucrados.

Típicamente los par de aprietes húmedos o lubricados son mucho menores que los de apriete seco.

### **2.10.2. Aplicación del par**

El par de apriete se debe aplicar con una llave de par, girando la tuerca hasta que la llave "salta", esto es, deja de trabajar. En ningún caso se debe hacer de forma intermitente, "a golpes", debido a la diferencia entre los rozamientos estático y dinámico. Por el mismo motivo, para comprobar el par de una tuerca ya apretada, se debe marcar su posición, con un lápiz, por ejemplo, y aflojar dicha tuerca, para volver a apretarla con la llave de par. Las marcas de lápiz deberán coincidir.

## **2.11. PERNO<sup>22</sup>**

Se denomina perno o espárrago a una pieza metálica, normalmente de acero o hierro, larga, cilíndrica, semejante a un tornillo pero de mayores dimensiones, con un extremo de cabeza redonda y otro extremo que suele ser roscado. En este extremo se enrosca una chaveta, tuerca, o remache, y permite sujetar una o más piezas en una estructura, por lo general de gran volumen.

---

<sup>22</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Perno>

### 2.11.1. Identificación de Pernos

Los pernos se clasifican según el grado de dureza y se los identifica según las marcas localizadas en la parte superior de la cabeza.

Tabla 2.3 Identificación de pernos

<b>Grado de Dureza</b>	 SAE 2	 SAE 5	 SAE 7	 SAE 8
Marcas	Sin Marcas	3 líneas	5 líneas	6 líneas
Material	Acero al carbono	Acero al carbono	Acero al carbono templado	Acero al carbono templado
Capacidad Tensión Mínima	74,000 libras por pulgada	120,000 libras por pulgada	133,000 libras por pulgada	150,000 libras por pulgada

Fuete: Investigación documental

Tomada de: <http://es.wikipedia.org/wiki/Perno>

Según la clasificación del perno para determinar el torque que se debe aplicar a cada uno de ellos según su grado de dureza y diámetro (ver anexo B y C).

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

#### **3.1. INTRODUCCIÓN**

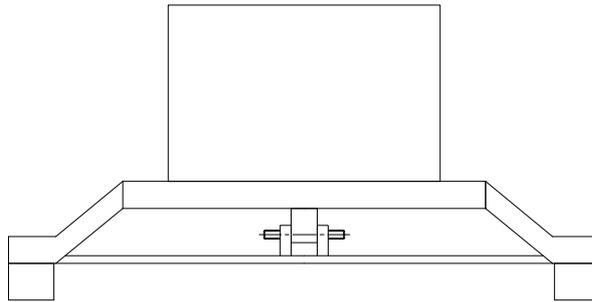
Este capítulo describe las especificaciones técnicas de la herramienta utilizada en el proceso de construcción del banco de pruebas así como los procedimientos y pasos que se utilizaron en la elaboración del mismo. Por otra parte se detallan los costos que se involucraron en la elaboración del trabajo de graduación y las justificaciones en las que se respalda para la construcción del banco de pruebas.

#### **3.2. DISEÑO DE LA CABINA DE MANDO Y SOPORTE DEL MOTOR**

Como parte de la construcción de la cabina de mando y soporte del motor fue necesario establecer el material, las dimensiones de la estructura, así como las medidas de partes como ventanas y paredes de la cabina. Para ello, se utilizó el software de Autodesk Inventor que se basa en técnicas de modelado paramétrico en la cual los usuarios comienzan diseñando piezas que se pueden combinar en ensamblajes según las características que sean requeridas, para luego determinar las cargas y la resistencia del material para dichas cargas.

##### **3.2.1. Dimensionamiento de los pernos de anclaje del motor**

El motor se encuentra anclado con seis pernos dispuestos de manera equidistante, con el fin de distribuir una fuerza igual a cada perno. En la siguiente figura en vista frontal se observa la disposición de los pernos medios del motor.

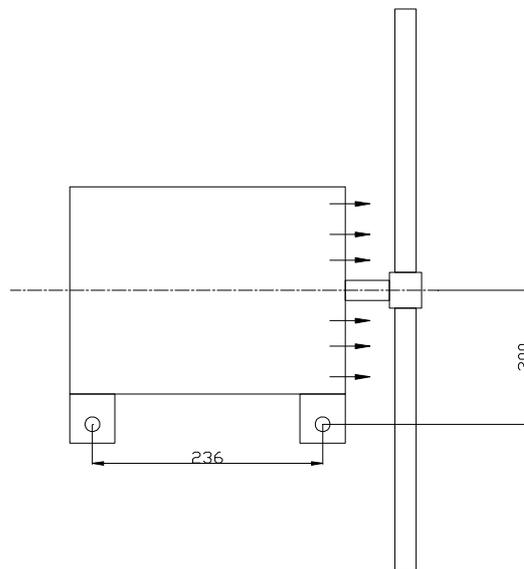


*Figura 3.1 Esquema de disposición de los pernos de anclaje*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

En vista lateral incluyendo las fuerzas de empuje efectuado por los alabes se tiene.

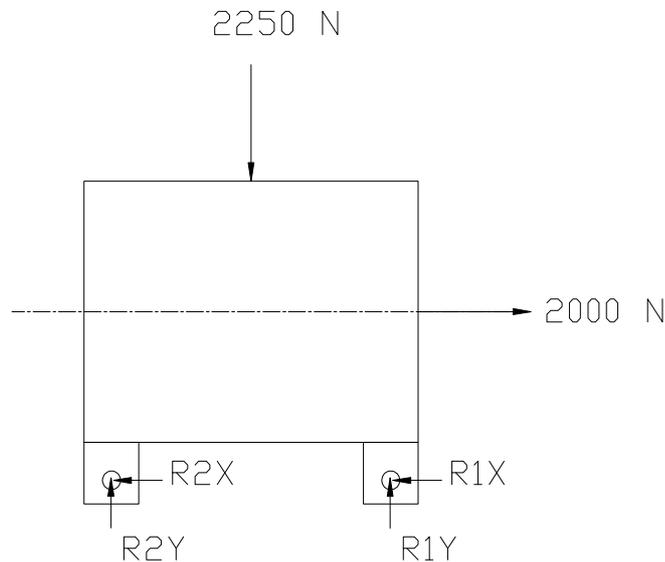


*Figura 3.2 Fuerza de empuje*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

La fuerza de empuje genera reacciones de acuerdo a la ley básica de Newton “Ley de Acción y Reacción”. Por tanto en la siguiente figura se observa la reacciones generadas sobre los anclajes en las direcciones X y Y.



*Figura 3.3 Reacciones sobre los anclajes*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

Ahora bien se procede a realizar un sumatorio de fuerzas en las direcciones X y Y.

$$\sum F_x = 0$$

$$-2000 + R_{2X} + R_{1X} = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$2250 - R_{2y} - R_{1y} = 0$$

$$\sum M_1 \text{ } \circlearrowleft = 0$$

$$-2000 * (0,3) - R_{2y}(0,236) + 2250 * (0,118) = 0$$

$$R_{2y} = \frac{-2000(0,3) + 2250(0,118)}{0,236} = -1417,4 \text{ N}$$

$$R_{1y} = 832,6 \text{ N}$$

$$R_1 = \sqrt{R_{1x}^2 + R_{1y}^2}$$

$$R_1 = \sqrt{1000^2 + 832,6^2}$$

$$R_1 = 1301,23 \text{ N}$$

$$R_2 = 1734,7 \text{ N}$$

La carga que se transmite a los pernos es de 1734,7 N y 1301,23 N respectivamente. La carga que se toma en consideración es la máxima cuyo valor es 1734 N. Esta carga actúa sobre los pernos en forma cortante. Los pernos de anclaje del motor tienen las siguientes características.

Para determinar el factor de seguridad se tiene lo siguiente.

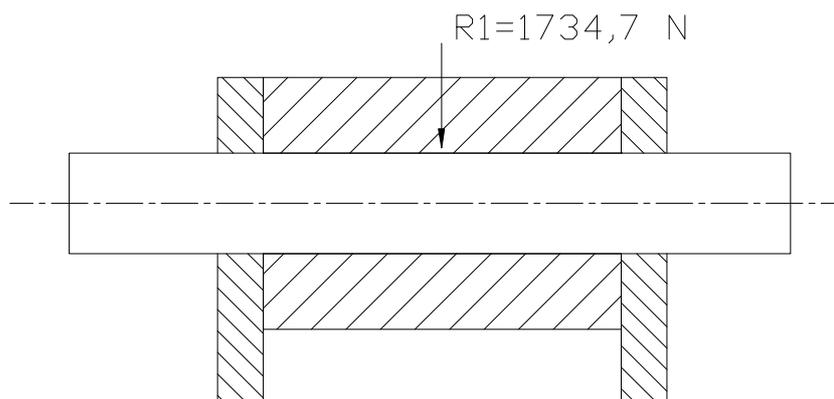
Pernos M8, grado 8.8, y área transversal  $3,66 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ , y el esfuerzo de fluencia de los pernos es.

$$\sigma_y = 120 \text{ psi} = 636 \text{ Mpa}$$

Por medio de la ecuación siguiente se encuentra el esfuerzo cortante

$$\tau = \frac{F}{A},$$

El área es dos veces la del perno, tal como se indica en la figura siguiente.



*Figura 3.4 Área del perno medio*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

$$\tau = \frac{F}{2A} = \frac{1734,7}{2 * 3,66 \times 10^{-5}} = 23,7 \text{ Mpa}$$

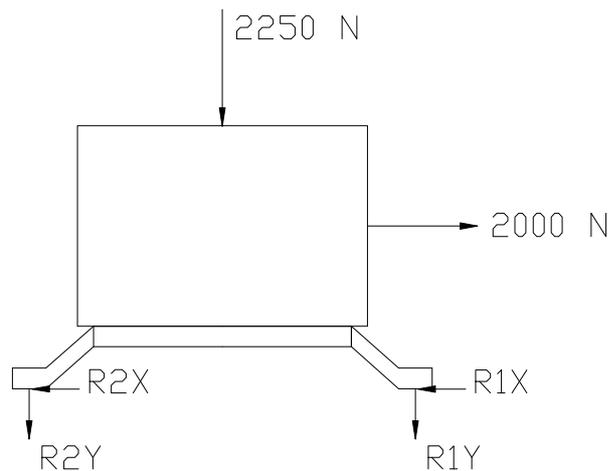
Donde,

$A$  =area transversal del perno

El factor de seguridad se determina con la siguiente relación.

$$n = \frac{\sigma_y}{2\tau} = \frac{636}{2 * 23,7} = 13,42$$

Las reacciones que se generan sobre los demás pernos se representan en la siguiente figura.



*Figura 3.5 Reacciones sobre el anclaje del motor*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

$$\sum F_x = 0$$

$$2000 - R2X - R1X = 0$$

Para este caso la carga se distribuye de manera equitativa a cada perno.

$$R_{1X} = R_{2X} = 1000 \text{ N}$$

$$\sum M_1 \curvearrowright = 0$$

$$-2000 * (0,3) + R_{2y}(0,230) + 2250 * (0,115) = 0$$

$$R_{2y} = \frac{2000(0,3) - 2250 * (0,115)}{0,230} = 1483,7 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-R_{2y} - R_{1y} - 2250 = 0$$

$$R_{1y} = -3733,7 \text{ N}$$

Esfuerzos en cada perno

$$F_1 = \frac{1000}{2} = 500 \text{ N} , \text{ CORTE}$$

$$F_2 = \frac{3733,7}{2} = 1866,9 \text{ N} , \text{ TRACCIÓN}$$

Para determinar el factor de seguridad se tiene los siguientes datos.

Pernos M10, grado 8.8, y área transversal  $5,8 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ , y el esfuerzo de fluencia de los pernos es.

$$\sigma_y = 120 \text{ psi} = 636 \text{ Mpa}$$

Se calcula los esfuerzos tanto cortante como de tracción.

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{500}{5,8 \times 10^{-5}} = 8,6 \text{ Mpa}$$

$$\sigma = \frac{1866,9}{5,8 \times 10^{-5}} = 32,2 \text{ Mpa}$$

Calcula el factor de seguridad mediante la ecuación de la energía de distorsión.

$$n = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{2\tau}{\sigma_y}\right)^2 + \left(\frac{\sigma}{\sigma_y}\right)^2}}$$

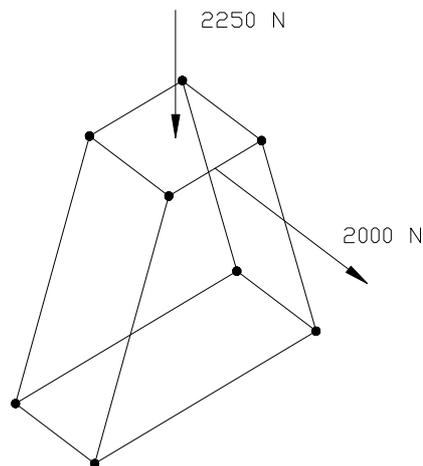
$$n = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{2 * 8,6}{636}\right)^2 + \left(\frac{32,2}{636}\right)^2}}$$

$$n = 17,42$$

### 3.2.2. Dimensionamiento de la estructura para el motor

Para dimensionar los perfiles de acero que sean satisfactoriamente robustos ante la acción de las cargas ejercidas por el empuje del alabe y el peso propio del motor, accesorios y alabe, se considera a calcular el perfil que está expuesto a mayor carga, es decir el más crítico.

Teniendo en cuenta que la estructura es simétrica, se tiene que para el análisis las cargas se distribuyen simétricamente por tanto la carga puntual que se ejerce sobre cada nodo de la parte superior de la estructura es de 563 N.

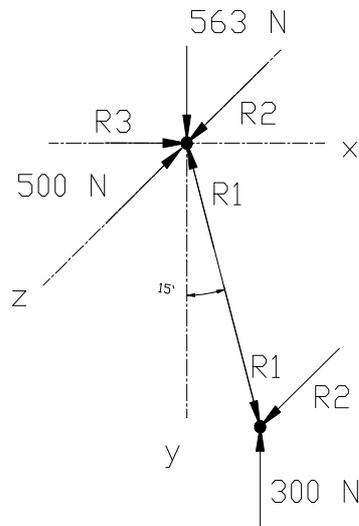


*Figura 3. 6 estructura principal*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

Por tanto las reacciones sobre un nodo de los perfiles se observa en la siguiente figura.



*Figura 3.7 Reacciones sobre un nodo de los perfiles*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

$$\sum Fy = 0$$

$$R_1 \cos(15) - 563 = 0$$

$$R_1 = 582,9 \text{ N}$$

$$\sum Fx = 0$$

$$R_1 * \text{sen}(15) - R_3 = 0$$

$$582,9 * \text{sen}(15) = R_3$$

$$R_3 = 150,1 \text{ N}$$

$$\sum Fz = 0$$

$$500 - R_2 = 0$$

$$R_2 = 500 \text{ N}$$

Las reacciones se transmiten a lo largo del perfil hacia la parte inferior, la estructura se calcula como un pórtico y por las uniones rígidas se considera como empotramiento.

Se procede a calcular los momentos que se generan en el perfil, considerando en la dirección z, que es en la que mas soporta carga, como se muestra en la figura anterior.

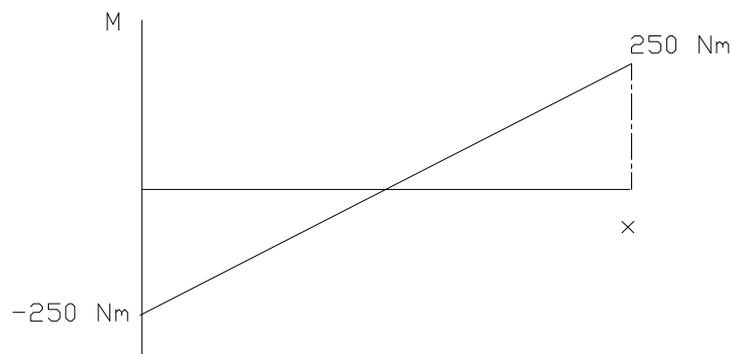
Esfuerzo cortante.

$$V = 500 \text{ N}$$

Momento flector

$$M_{max} = 250 \text{ Nm}$$

En vista de que se consideró como uniones rígidas o empotradas el gráfico de momentos resulta.



*Figura 3.8 Diagrama de momentos*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

Se calcula el factor de seguridad con la siguiente relación

$$n = \frac{\sigma_y}{\sigma}$$

El esfuerzo se determina por la siguiente ecuación.

$$\sigma = \frac{Mc}{I},$$

Donde

$M$  = Momento flector

$I$  = Momento de inercia del perfil

$c$  = Radio de inercia

$$I = \frac{bh^3}{4} = 4 \times 10^{-8}$$

$$\sigma = \frac{250 \times 0,02}{4 \times 10^{-8}} = 25 \text{ Mpa},$$

Los perfiles son de acero A36, cuyas propiedades son.

$$\sigma_y = 250 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{\sigma_y}{\sigma}$$

$$n = \frac{250}{25} = 10$$

### 3.2.3. Anclaje al piso

El anclaje al piso se ve únicamente influenciado por la fuerza que genera la hélice, considerando el caso más crítico, a la velocidad máxima dada por el motor de combustión interna.

El empuje de la hélice se determina dependiendo de la forma o curvas del alabe y en función de la velocidad de giro de la misma, pero por facilidad se ha estimado un valor de fuerza que aproximadamente debe ser igual al peso de la avioneta,

$$E = F = 2000 \text{ N}$$

Una vez obtenida esta fuerza de empuje, se realiza un análisis físico de la reacción que ejerce sobre los pernos y se llega a la conclusión de que los pernos están trabajando únicamente a corte en una forma continua.

Los pernos tienen las siguientes características.

Pernos M12, grado 8.8, y área transversal  $9,15 \times 10^{-5} \text{ m}^2$

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{2000}{9,15 \times 10^{-5}} = 21,85 \text{ Mpa}$$

Ahora se calcula el factor de seguridad mediante la ecuación de la energía de distorsión.

$$n = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{2\tau}{\sigma_y}\right)^2 + \left(\frac{\sigma}{\sigma_y}\right)^2}}$$

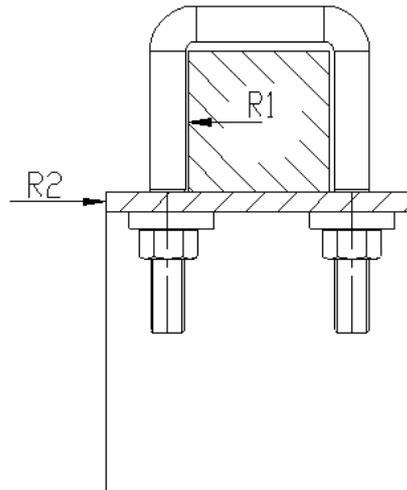
$$n = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{2 * 21,85}{634,5}\right)^2}}$$

$$n = 14,52$$

Por lo tanto se concluye que los pernos soportan las cargas actuantes sin ningún tipo de falla.

### 3.2.4. Anclaje en U

Para el anclaje en U de la estructura unido al perfil del piso tal como se muestra en la figura, se tiene la misma transmisión de fuerza distribuida para el número de anclajes.



*Figura 3.9 Anclaje en U*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

Material del anclaje en U. Acero 1045, cuyas propiedades mecánicas son:

$$S_{ut} = 625 \text{ Mpa}$$

$$S_y = 530 \text{ Mpa}$$

La fuerza que se transmite a cada pieza en U es de aproximadamente 500 N

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{1000}{8,43 \times 10^{-5}} = 11,86 \text{ Mpa}$$

Empleando la teoría de la energía de distorsión para determinar el factor de seguridad se obtiene.

$$n = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{2\tau}{\sigma_y}\right)^2 + \left(\frac{\sigma}{\sigma_y}\right)^2}}$$

$$n = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{2 * 11,86}{530}\right)^2}}$$

$$n = 22,34$$

La pieza en forma de U está expuesta a fatiga, por tanto el factor de seguridad obtenido no es muy confiable, debido a la carga que varía por efecto del alabe al cambio de la velocidad, y también por causa del motor que suma ciertas interferencias de cargas de tracción.

Con base a una confiabilidad del 40%. El límite de resistencia a la fatiga del perno es:

$$S'e = 19,2 + 0,314 S_{uc}$$

$$S'e = 47,66 \text{ Kpsi} = 328,71 \text{ Mpa}$$

Asumiendo que  $S_{uc} = S_{ut}$  y de la tabla 8-6 de Shigley se tiene,  $K_f = 3$  tanto para tracción como para corte, para roscas laminadas.

Por tanto,

$$K'e1 = 1/K_f = 0,333$$

$$K'e2 = 1/K_f = 0,3333$$

$$K_e = K'e1 * K'e2 = 0,111$$

$$S_e = 0,879 * K_e * S'e$$

$$S_e = 0,879 * 0,1111 * 328,71 = 32,10 \text{ Mpa}$$

Ahora se determina la constante de rigidez, con la siguiente ecuación.

$$K_b = \frac{AE}{l} = \frac{\pi d^2 E}{4l} = 2,92 \times 10^6 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}} = 6,15 \times 10^8 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Donde el agarre es  $l = 50 \text{ mm}$ , el módulo de elasticidad del acero es  $2 \times 10^{11} \text{ Pa}$

Por consiguiente la rigidez de los elementos es:

$$K_m = \frac{\pi E d}{2 \ln \left( \frac{5(l + 0,5d)}{l + 2,5d} \right)} = \frac{\pi * 2 \times 10^{11} * 0,012}{2 \ln \left( \frac{5(0,05 + 0,5 * 0,012)}{0,05 + 2,5 * 0,012} \right)} = 18,34 \times 10^6 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}}$$

$$= 30,15 \times 10^8 \text{ N/m}$$

$$C = \frac{K_b}{K_b + K_m}$$

$$C = 0,67$$

La fuerza que se aplica a cada perno es:

$$P = \frac{F}{N} = \frac{2000}{4} = 500 \text{ N, donde}$$

$N = \text{Numero de pernos}$

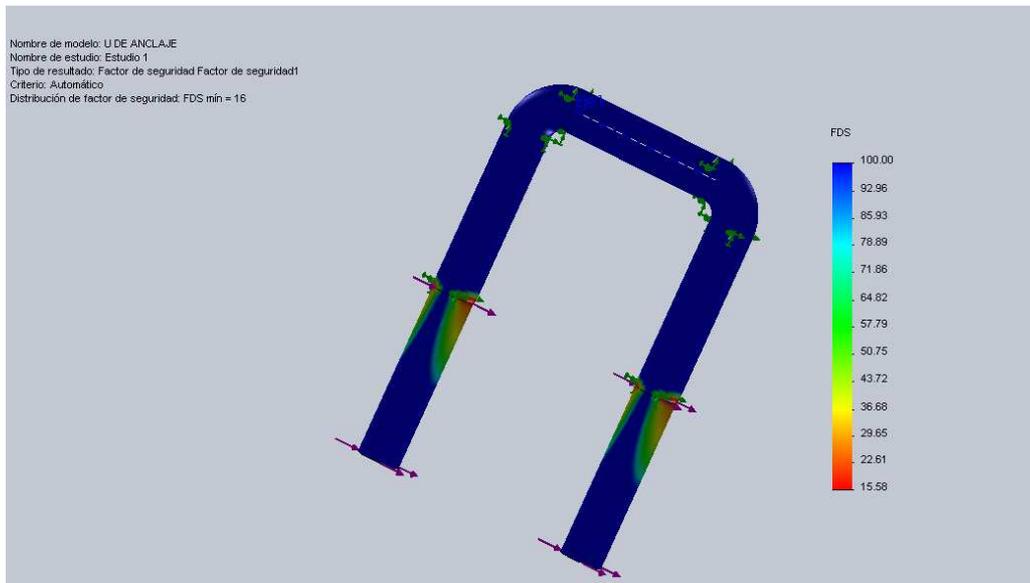
Por tanto el factor de seguridad se determina mediante la siguiente relación:

$$n = \frac{2 * (A_t * S_{ut} - F)}{\left( \frac{S_{ut}}{S_e} + 1 \right) * C * P} = \frac{2 * (8,43 \times 10^{-5} * 625000000 - 2000)}{\left( \frac{625}{32,1} + 1 \right) * 0,67 * 500} =$$

$$n = 14,36$$

Se concluye que con la ayuda de este método se obtiene un valor más real de factor de seguridad debido a la consideración de cargas fluctuantes, que es lo que realmente está sucediendo en el sistema.

Para corroborar el cálculo analítico se realiza una simulación en Solidwork empleando el método por elementos finitos tal como se muestra en la siguiente figura.



*Figura 3.10 Factor de seguridad del anclaje en U*

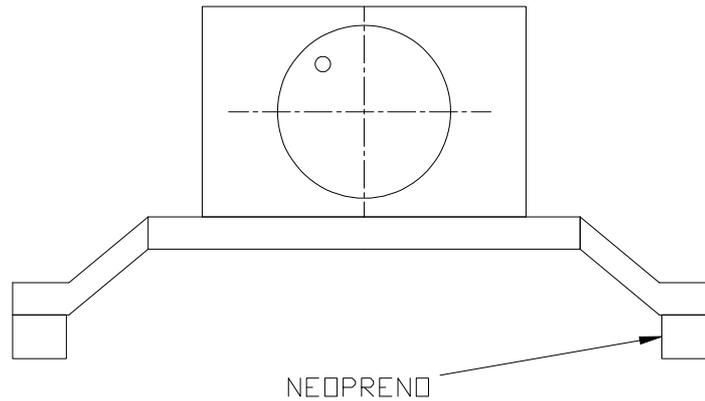
Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

En la figura se observa que el factor de seguridad es equivalente al calculado analíticamente a fatiga.

### **3.2.5. Análisis de vibraciones**

El anclaje del motor va a estar sometido a vibración generada tanto de la hélice como del motor mismo. Cuya vibración resultante será absorbida por un tipo de aislante de vibraciones denominado policloropreno o neopreno. El mismo que es considerado como un sólido con una constante de rigidez a determinarse.



*Figura 3.11 Esquema de ubicación neopreno*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

El tipo de movimiento que ejecuta el sistema en el sentido vertical es una vibración forzada amortiguada. La ecuación diferencial que gobierna este movimiento es:

$$M_T \frac{d^2x}{dt^2} + kx = P1$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega t^2 x = P$$

Donde,

$$\omega t^2 = \frac{k}{M_T} = \text{Frecuencia natural resultante}$$

$x$  = Desplazamiento de la masa  $M$  respecto a la posición de equilibrio (considerado como positivo cuando es hacia abajo)

$P$  = Fuerza armónica

La expresión general de la fuerza armónica es:

$$P = P_o \text{sen}(\omega_f t)$$

Donde,

$P_o$  = Amplitud de la fuerza

$\omega_f$  = Frecuencia circular, correspondiente a la velocidad angular de la masa excéntrica dado por los pistones y bielas.

$\chi$  = Ángulo de fase, que puede ser despreciado sin incurrir en un error importante.

La amplitud de la fuerza corresponde a la fuerza centrífuga generada por la rotación de la masa excéntrica y de la hélice, cuya expresión es:

$$P_o = m\omega_f^2 e$$

En la que  $e$  es el brazo de excentricidad de  $m$ .

Ahora bien para determinar la frecuencia natural resultante, es necesario determinar la frecuencia natural efectuada por la hélice y la frecuencia efectuada por la biela y el pistón del motor de combustión interna, cuya expresión es la siguiente.

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{ED^2}{2I_z h}\theta = 0$$

Donde,

$E = mg$  = Masa de la hélice por la gravedad

$I$  = Inercia de masa de la hélice

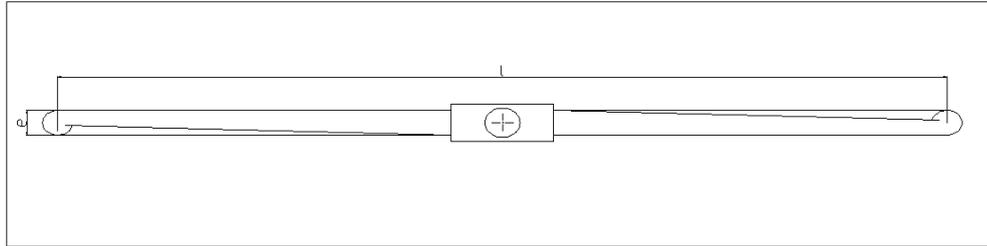
$h$  = Distancia al volante de inercia siguiente

$D$  = Longitud de la hélice

Por tanto la frecuencia natural se determina por la ecuación siguiente.

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{mgD^2}{4I_z h}}$$

Se determina la inercia de la hélice del sistema, considerando a esta como una barra rectangular, tal como se indica en la siguiente figura.



*Figura 3.12 Hélice como barra rectangular*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

$$I = \frac{1}{12} mL^2,$$

Donde,

$$m = 17 \text{ Kg}$$

Entonces,

$$I_1 = 2,04 \text{ kg m}^2$$

$$\omega_1 = 12,12 \frac{1}{s}$$

Para determinar la frecuencia del mecanismo biela pistón, se accede al método de iteración. En el laboratorio de manera práctica, se determinó que al momento de montar el motor sobre el aislante de vibraciones, este se deforma una distancia de 10 mm.

Por tanto a través de la ecuación de frecuencia resultante se tiene:

$$\omega t = \sqrt{k \left( \frac{1}{I_1} + \frac{1}{I_2} \right)}$$

Donde,

$I_2$  = Inercia de las partes móviles pistón, biela del motor

$k$  = Constante de rigidez del material

La constante de rigidez se determina por la siguiente relación.

$$k = \frac{P}{\delta}$$

Donde,

$\delta$  = Deformación del material

$P$  = Carga total

$$k = 373370 \frac{N}{m}$$

La inercia del mecanismo se determina de acuerdo a cálculos de momentos inerciales. Obteniendo así:

$$I_2 = 0,75 \text{ kg m}^2$$

Por tanto la frecuencia natural resultante es:

$$\omega t = 69 \text{ s}^{-1}$$

Con las consideraciones anteriores la ecuación diferencial queda de la siguiente manera:

$$M_T \frac{d^2x}{dt^2} + kx = m\omega_f^2 \text{ sen } \omega_f t$$

Las soluciones complementaria  $x_a$  y particular  $x_b$  de la ecuación diferencial son:

$$x_a = A \sin \omega t + B \cos \omega t$$

Donde  $A$  y  $B$  son constantes definidas por las condiciones iniciales, y

$$x_b = \frac{me\omega_f^2}{k-M_T\omega_f^2} \text{sen } \omega_f t$$

El movimiento resultante del sistema es la suma de la solución complementaria y particular que representan la vibración libre y la forzada respectivamente. El movimiento que prevalece es el forzado debido a que la vibración libre es amortiguada luego de un breve lapso de tiempo, a causa de las pérdidas por histéresis de los aislantes de vibración y fricción de los demás componentes, por consiguiente la solución que interesa es la particular.

La solución particular puede ser escrita del siguiente modo con el fin de introducir parámetros útiles para el análisis:

$$x_b = \frac{me\omega_f^2}{k-M_T\omega_f^2} \text{sen } \omega_f t = \frac{X_0}{1-r^2} \text{sen } \omega_f t = X \text{sen } \omega_f t$$

Donde,

$$X = \frac{X_0}{1-r^2} = \text{Amplitud de } x_b$$

$$X_0 = \frac{P_0}{k} = \text{Desplazamiento estático generado por la fuerza } P_0$$

$$r = \frac{\omega_f}{\omega} = \text{Razón entre las frecuencia libre y forzada}$$

Ahora calculando la fuerza de vibración forzada se tiene:

$$P_0 = m\omega_f^2 e$$

La frecuencia forzada viene determinada por la velocidad del motor, la misma que es de 2000 ciclos por minuto, y por la masa del conjunto de bielas y pistones del motor.

$$\omega_f = 209,43$$

La excentricidad está dada por el cigüeñal cuyo valor aproximado es:

$$e = 69 \text{ mm}$$

La fuerza de vibración forzada resulta:

$$P_o = 12102,1 \text{ N}$$

Determinando la relación de frecuencias se obtiene un resultado favorable de:

$$r = 3,02$$

Lo cual, significa que el sistema es estable y se logra un excelente amortiguamiento.

La amplitud de la frecuencia estática es:

$$X_0 = 0,032 \text{ m}$$

$$X = \frac{X_0}{r^2 - 1}, \text{ para } r > 1$$

$$X = 0,004 \text{ m}$$

### **3.2.6. Determinación del material**

Después de haber realizado el análisis de la estructura y elementos que la componen se puede resumir los materiales que van a ser usados en la siguiente tabla.

Tabla 3.1 Determinación de material

<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Norma</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Observación</b>
4	Columnas de la cabina	ASTM A36	30x30x2mm	
4	Columnas de estructura	ASTM A36	40x40x2mm	
3	Perfil de la venta	ASTM A36	12x25x8mm	
1	Superficie de la base	ASTM A36	3.0mm	Antideslizante
2	Paredes de la cabina	ASTM A36	1.0mm	Laminado frio
1	Barra para U	AISI 1045	1/5	

Fuente: Investigación documental

Elaborado por: Víctor Barrera

### **3.3. ESTUDIO ECONÓMICO**

El banco de pruebas para el motor Volkswagen del avión Volksplane fue dividido en sus diferentes partes y sistemas para distribuir los costos del mismo debido a que se trata de un proyecto de gran escala.

Este trabajo se basa en la construcción de la cabina de mando y soporte del motor por lo cual únicamente se detallan los gastos que involucró la construcción del mismo; también se toma en cuenta el proceso de investigación y de planificación del trabajo.

#### **3.3.1. Recopilación de información**

Esta etapa incluye la movilización a la ciudad de Latacunga así como al taller donde se realizó la construcción del banco de pruebas, visitas al director de proyecto y fotocopias en la recopilación de información.

Tabla 3.2 Recopilación de información

<b>ORD.</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>COSTO</b>
01	Movilización	50,00
02	Copias	5,00
<b>TOTAL</b>		<b>45,00</b>

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

### **3.3.2. Elaboración del trabajo**

Detalla el costo de la elaboración del trabajo escrito en el que incluye el período de selección del material informativo adecuado. Todo este proceso necesito de la utilización de los medios como:

Tabla 3.3 Elaboración del trabajo escrito

<b>ORD.</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>COSTO</b>
<b>1</b>	Derechos de grado	296,34
<b>2</b>	Suministros de oficina	30,00
<b>3</b>	Impresiones e Internet	40,00
<b>4</b>	Empastados y anillado	25,00
<b>5</b>	Varios	10,00
<b>TOTAL</b>		<b>401,34</b>

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Víctor Barrera

### **3.3.3. Construcción de la estructura para el banco de pruebas**

Detalla el costo de los materiales que fueron utilizados para la construcción del banco, los mismos que fueron tomados de la proforma elaborada según DIPAC, el mismo que se detalla a continuación.

Tabla 3.4 Materiales para la estructura del banco de pruebas

<b>CANTIDAD</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>COSTO</b>
<b>4</b>	Barra estructural cuadrada de acero ASTM A-36 de 40mm x 2mm (Long. 6m)	73,92
<b>4</b>	Barra estructural cuadrada de acero ASTM A-36 de 30mm x 2mm (Long. 6m)	55,19
<b>2</b>	Tubo estructural rectangular de acero ASTM A-36 de 12x25x0.8mm (6m)	7,45
<b>1</b>	Perfil estructural de acero ASTM A-36 de 50x50x5mm	8,00
<b>1</b>	Perfil estructural de acero ASTM A-36 de 100x100x7mm (1.5m)	20,16
<b>1</b>	Placa de acero ASTM A-36 de 6mm y de 5mm	50,00
<b>1</b>	Lámina de acero antideslizante ASTM A-36 de 3.0mm (1,22x2,44m)	94,00
<b>1</b>	Lámina de acero galvanizado ASTM A-36 de 1.0mm (1,22x2,44m)	60,68
<b>8 Kg</b>	Electrodos E6011 de 1/8"	15,94
<b>1</b>	Lámina de acrílico de 5mm (2x3,30m)	60,00
<b>4</b>	Barras en forma de U de 120mmx1/2	24,00
<b>1</b>	Varios	80,00
<b>4</b>	Ruedas macizas de goma	60,00
<b>TOTAL</b>		<b>609,34</b>

Fuente: DIPAC

Elaborado por: Víctor Barrera

De acuerdo al análisis presentado en los puntos anteriores, se puede realizar un costo total de los recursos económicos que tanto la construcción de la estructura como el desarrollo del trabajo escrito ha requerido

Tabla 3.5 Costo total

<b>ORD.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO</b>
<b>1</b>	Sub total 1	45,00
<b>2</b>	Sub total 2	609,34
<b>3</b>	Sub total 3	401,34
<b>TOTAL</b>		1055,68

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Víctor Barrera

### **3.4. ESTUDIO LEGAL**

Uno de los fundamentos legales que regula el tema de proyectos de grado es el RDAC 142 la cual habla acerca de las Escuelas Técnicas y las unidades didácticas que la misma deba tener.

Los procesos utilizados para la construcción de la cabina de mando y soporte del motor están regulados y estandarizados por normas internacionales donde especifican el uso de componentes como de procedimientos.

## 3.5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS HERRAMIENTAS

### 3.5.1. Software Solidworks<sup>23</sup>



*Figura 3.13 Software Solidworks*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

Es un programa de diseño asistido por computadora para modelado mecánico desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corp. Es un modelador de sólidos paramétrico. El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en trasladar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada.

---

<sup>23</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/SolidWorks>

### 3.5.2. Hoja de sierra<sup>24</sup>



*Figura 3.14 Hoja de Sierra*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

La sierra es una herramienta que sirve para cortar metales u otros materiales. Consiste en una hoja con el filo dentado y se maneja a mano o por otras fuentes de energía, como vapor, agua o electricidad. Según el material a cortar se utilizan diferentes tipos de hojas de sierra.

Consiste en una banda estrecha de acero rápido en donde se forman los dientes, aleada mediante haz de electrones a un cuerpo fabricado en acero para muelles. Esto dio lugar a las hojas de sierra para metales con las características que se conocen hoy: una hoja virtualmente irrompible con una alta capacidad de corte, pues llegan a cortar hasta acero inoxidable.

---

<sup>24</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Sierra\\_\(herramienta\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Sierra_(herramienta))

### 3.5.3. Sierra manual<sup>25</sup>



*Figura 3.15 Sierra Manual*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

También se dice 18 dientes por que en 1 pulgada entra cierta cantidad de dientes. Se denomina sierra manual a una herramienta manual de corte que está compuesta de dos elementos diferenciados. De una parte está el arco o soporte donde se fija mediante tornillos tensores la hoja de sierra y la otra parte es la hoja de sierra que proporciona el corte.

- La sierra de mano es generalmente utilizada para realizar pequeños cortes con piezas que estén sujetas en el tornillo de banco, en trabajos de mantenimiento industrial.
- La hoja de la sierra tiene diverso dentado y calidades dependiendo del material que se quiera cortar con ella.
- El arco de sierra consta de un arco con un mango para poderlo coger con la mano y poder realizar la fuerza necesaria para el corte.
- El conjunto de la hoja de sierra y el arco debe estar bien montado y tensado para dar eficacia al trabajo.

---

<sup>25</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Sierra\\_manual](http://es.wikipedia.org/wiki/Sierra_manual)

### **3.5.4. Equipos eléctricos de soldar**

Están formadas por el circuito de alimentación y el equipo propiamente dicho. Sirven para reducir la tensión de red (220 o 380 V) a la tensión de cebado (entre 40 y 100 V) y de soldeo (< 35 V) permitiendo regular la intensidad de la corriente de soldadura, asegurando el paso de la tensión de cebado a la de soldeo de forma rápida y automática. El circuito de alimentación está compuesto por un cable y clavija de conexión a la red y funcionando a la tensión de 220/380 V según los casos e intensidad variable.

#### **a) Equipo de soldadura**

En función del tipo de corriente del circuito de soldeo el equipo consta de partes diferentes. En equipos de corriente alterna, transformador y convertidor de frecuencia; en equipos de corriente continua, rectificador (de lámparas o seco) y convertidor (conmutatrices o grupos eléctricos).

Los equipos eléctricos de soldar más importantes son los convertidores de corriente alterna-continua y corriente continua-continua, los transformadores de corriente alterna-corriente alterna, los rectificadores y los transformadores convertidores de frecuencia. Además de tales elementos existen los cables de pinza y masa, el porta electrodos y la pinza-masa, a una tensión de 40 a 100 V, que constituyen el circuito de soldeo.

#### **b) Elementos auxiliares**

Los principales son: los electrodos, la pinza porta electrodos, la pinza de masa y los útiles.

El electrodo es una varilla con un alma de carbón, hierro o metal de base para soldeo y de un revestimiento que lo rodea. Forma uno de los polos del arco que engendra el calor de fusión y que en el caso de ser metálico suministra asimismo el material de aporte.

Existen diversos tipos pero los más utilizados son los electrodos de revestimientos gruesos o recubiertos en los que la relación entre el diámetro exterior del revestimiento y el del alma es superior a 1:3. El revestimiento está compuesto por diversos productos como pueden ser: óxidos de hierro o manganeso, ferromanganeso, rutilo, etc.; como aglutinantes se suelen utilizar silicatos alcalinos solubles.

La pinza porta electrodos sirve para fijar el electrodo al cable de conducción de la corriente de soldeo.

La pinza de masa se utiliza para sujetar el cable de masa a la pieza a soldar facilitando un buen contacto entre ambos.

Entre los útiles, además de los martillos, tenazas, escoplos, etc. el soldador utiliza cepillos de alambre de acero para limpieza de superficies y martillos de punta para romper la cubierta de las escorias o residuos y por supuesto un delantal y la máscara.

El soldador debe utilizar una pantalla facial con certificación de calidad para este tipo de soldadura, utilizando el visor de cristal inactínico cuyas características varían en función de la intensidad de corriente empleada.



*Figura 3.16 Pantalla facial y guantes para soldar*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

### c) Riesgos y factores de riesgo

Los principales riesgos de accidente son los derivados del empleo de la corriente eléctrica, las quemaduras y el incendio y explosión.

El contacto eléctrico directo puede producirse en el circuito de alimentación por deficiencias de aislamiento en los cables flexibles o las conexiones a la red o a la máquina y en el circuito de soldadura cuando está en vacío (tensión superior a 50V).

El contacto eléctrico indirecto puede producirse con la carcasa de la máquina por algún defecto de tensión.

Las proyecciones en ojos y las quemaduras pueden tener lugar por proyecciones de partículas debidas al propio arco eléctrico y las piezas que se están soldando o al realizar operaciones de descascarillado.

La explosión e incendio puede originarse por trabajar en ambientes inflamables o en el interior de recipientes que hayan contenido líquidos inflamables o bien al soldar recipientes que hayan contenido productos inflamables.

#### 3.5.5. Electrodo<sup>26</sup>



*Figura 3.17 Electrodo E6011*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

<sup>26</sup>[http://www.infra.com.mx/servicio\\_atencion/libreria/eisa/documentos/manual\\_electrodos/celulosicos.pdf](http://www.infra.com.mx/servicio_atencion/libreria/eisa/documentos/manual_electrodos/celulosicos.pdf)

### **a) Norma**

ASME SFA 5.1 E 6011; AWS A 5.1 E 6011

### **b) Descripción**

Electrodo Celulósico de alta penetración estabilizado con potasio para funcionar en todas posiciones incluyendo la vertical descendente, con corriente alterna y corriente directa polaridad invertida (CDPI).

Su arco estable de fácil encendido lo hace el electrodo ideal para trabajos en los que la resistencia y el acabado son los más importantes.

### **c) Características**

Electrodo de arco estable funcionando con CA, cuyos depósitos tienen características mecánicas muy superiores a electrodos de su tipo. Buena tenacidad a temperaturas bajo cero. La fórmula especial del revestimiento produce un arco de gran fuerza con una rápida solidificación, lo que facilita la operación en posición vertical y sobre cabeza. La escoria es mínima, por lo que la limpieza se lleva a cabo de forma rápida.

### **d) Aplicaciones**

Electrodo para propósitos generales. Fabricación de recipientes a presión y de embarcaciones, equipo agrícola, tubería de alta y baja presión, soldadura de aceros galvanizados, etc.

### **e) Propiedades mecánicas según AWS**

- Resistencia a la Tensión 414 MPa (60 000) psi
- Límite Elástico 331 MPa (48 000) psi
- Elogación en 50 mms. 22%
- Impacto en probetas Charpy V-Notch - 29°C. 27 Jou les

#### **f) Composición química típica del metal depositado**

- Carbono 0,14 %
- Manganeso 0,52 %
- Azufre 0,01 %
- Silicio 0,25 %

#### **g) Acero**

Utilizada en aceros A36, A105, A285, A515, etc.

#### **3.5.6. Broca**



*Figura 3.18 Broca de 8mm*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

La broca, también denominada mecha dependiendo de su tamaño, es una pieza metálica de corte utilizada mediante una herramienta mecánica llamada taladro, berbiquí u otra máquina afín, que haciendo girar la broca es normalmente empleada para crear orificios o agujeros en diversos materiales. La gran diversidad de brocas, como la gran cantidad de industrias que emplean este tipo de piezas, hace que existan brocas específicas para usos específicos

Las brocas tienen diferente geometría dependiendo de la finalidad con que hayan sido fabricadas. Diseñadas específicamente para quitar material y formar, por lo general, un orificio o una cavidad cilíndrica, la intención en su diseño incluye la

velocidad con que el material ha de ser removido y la dureza del material y demás cualidades características del mismo ha ser modificado.

Entre los tipos de brocas existen los siguientes, y entre éstos, su infinidad de variaciones:

- **Brocas normales helicoidales.** Generalmente con pago tubular, para sujetarla mediante porta brocas. Existen numerosas variedades que se diferencian en su material constitutivo y tipo de material a taladrar.
- **Broca larga.** Usada donde no se puede llegar con una broca normal por hallarse el punto donde se desea hacer el agujero en el interior de una pieza o equipo.

#### **a) Elementos que caracterizan a una broca**

Entre algunas de las partes y generalidades comunes a la mayoría de las brocas están:

1. Longitud total de la broca.
2. Longitud de corte.
3. Diámetro de corte
4. Diámetro y forma del mango
5. Ángulo de corte.
6. Número de labios o flautas
7. Conicidad del diámetro
8. Profundidad de los labios
9. Ángulo de la hélice
10. Acabado

## b) Material constitutivo de la broca

Existen cinco tipos básicos de materiales:

- **Acero al carbono:** para taladrar materiales muy blandos (madera, plástico, etc.)
- **Acero rápido:** HSS, para taladrar aceros de poca dureza.
- **Acero al cobalto:** M35 con 5% de cobalto y M42 con 8% de cobalto.
- **Acero pulverizado:** PM HSS-E, para taladrar aceros de alta aleación, aceros bonificados y de cementación.
- **Metal duro (Widia):** Para taladrar fundiciones y aceros en trabajos de gran rendimiento. Y la combinación de puntas soldadas de Carburo de Tungsteno en cuerpos de HSS.

### 3.5.7. Amoladora



*Figura 3.19 Amoladora*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

Es una máquina de bricolaje que dispone de un motor y un juego de engranajes para hacer girar un usillo al que pueden acoplarse multitud de accesorios en función del trabajo que se quiera realizar. Dependiendo de los

accesorios, esta máquina puede hacer las funciones de lijadora, fresadora o ranuradora para madera, puliendo, cortando o rectificando.

Hay diferentes clases de amoladoras vienen marcada según la potencia y el diámetro de los discos.

- Los discos más comunes son los de entre 115 y 125 milímetros
- Una amoladora pequeña utiliza discos de 115mm. o 125mm. y potencias que oscilan entre los 500W, 700w y 800w.
- Una amoladora grande, con discos de 230mm. y potencias de 200W, 2600W es más para profesionales diestros en el uso de estos aparatos.

#### **a) Uso de amoladora**

Se usa para cortar, desbanar y pulir superficies cerámicas y todo tipo de materiales de construcción, abrillantar piezas de metal oxidadas. Con los accesorios adecuados, la amoladora puede transformarse en una excelente herramienta multiuso:

- Permite realizar cortes precisos
- Desbastar
- Tallar madera
- Nivelar superficies de metal
- Decapar madera o metal
- Pulir, aspirando polvo y partículas

### 3.5.8. Disco de corte



*Figura 3.20 Disco de corte*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

PN20275 con agujero central de 7/8 pulgada.

Disco de corte para la industria metalúrgica en general. Puede ser usado para cortar aceros duros. Para aplicaciones de Mantenimiento, donde se requiera un corte preciso de piezas. Corte de hojas de metal (pequeño espesor), perfiles, barras, tubos, etc.

#### **a) Características**

- Formato Disco plano.
- Mineral Cubitron TM (Oxido de Aluminio cerámico).
- Soporte BF Fibra de vidrio.
- Grano #46.
- Medida 115mm x 1mm x 22,2mm.

### 3.5.9. Grata circular de alambre, acero trenzado



*Figura 3.21 Grata circular de alambre*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

Grata circular de mechones torcidos. se usa en esmeriles angulares, fijos, de pedestal, ejes flexibles y en equipos industriales de diverso propósito está diseñada con alambre de acero templado alemán (c 0.65%-mn 0.70%; resistencia de 180-200 kg/mm<sup>2</sup>), dispuestos en atados individuales en forma de trenza compacta, haciéndola ideal para trabajos donde se requiere alta agresividad, como en la limpieza de cordones de soldadura, para trabajos duros de remoción de oxido y corrosión, para quitar recubrimientos de conductores eléctricos, entre otros.

#### **a) Características**

- Forma circular
- Diámetro del eje 1/2-9/16-4/8 pulgada
- Ancho 13 mm
- Diámetro del alambre 0.60 mm
- Diámetro 150 mm
- Tipo de alambre acero templado trenzado

- Largo útil 35 mm
- Velocidad máxima de giro 8500 rpm

### 3.5.10. Cepillo manual de alambre con base de madera



*Figura 3.22 Cepillo manual de alambre con base de madera*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

Estos cepillos de mano están contruidos sobre una base de madera de alta resistencia indicada para numerosos servicios tales como mantenimiento, limpieza, etc, de acuerdo al material con el cual están fabricados, siendo:

*Alambre de ACERO al carbono:* (Dureza SAE 1070 patentado, templado, revenido, alcanzando una dureza de 38 ROCWELC). Permite limpiar soldaduras, piezas fundidas, remover oxido, preparar superficies antes de pintar, eliminar la corrosión, las rebabas, etc.

*Alambre de ACERO INOXIDABLE:* (Dureza AISI 304). Indicado para la limpieza y raspado de piezas inoxidables, este acero presenta una gran resistencia a la acción de la oxidación.

### 3.5.11. Taladro



*Figura 3.23 Taladro Eléctrico*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

La taladradora es una máquina herramienta donde se mecanizan la mayoría de los agujeros que se hacen a las piezas en los talleres mecánicos. Destacan estas máquinas por la sencillez de su manejo. Tienen dos movimientos: El de rotación de la broca que le imprime el motor eléctrico de la máquina a través de una transmisión por poleas y engranajes, y el de avance de penetración de la broca, que puede realizarse de forma manual sensitiva o de forma automática, si incorpora transmisión para hacerlo.

Se llama taladrar a la operación de mecanizado que tiene por objeto producir agujeros cilíndricos en una pieza cualquiera, utilizando como herramienta una broca. La operación de taladrar se puede hacer con un taladro portátil, con una máquina taladradora, en un torno, en una fresadora, en un centro de mecanizado CNC o en una mandriladora.

De todos los procesos de mecanizado, el taladrado es considerado como uno de los procesos más importantes debido a su amplio uso y facilidad de realización, puesto que es una de las operaciones de mecanizado más sencillas de realizar y que se hace necesario en la mayoría de componentes que se fabrican.

### 3.5.12. Granete



*Figura 3.24 Granete de acero templado*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

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, cuando no se dispone de una plantilla adecuada.

### 3.5.13. Lima



*Figura 3.25 Lima redonda*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

La lima como fuente de herramienta manual de corte o desgaste consiste en una barra de acero al carbono templado con ranuras llamadas dientes, y con una empuñadura llamada mango, que se usa para desbastar y afinar todo tipo de piezas metálicas, de plástico o de madera. Es una herramienta básica en los trabajos de ajuste.

### **a) Limas para metal**

Estas son de muy diversas formas y granulado. Si se hace una división según su sección existen:

- **Limas planas:** con igual anchura en toda su longitud o con la punta ligeramente convergente: las superficies de corte pueden ser las dos caras y los cantos, pero también las hay sin corte en los cantos, es decir lisos, y que permiten trabajar en rincones en los que interesa actuar tan sólo sobre un lado y respetar el otro.
- **Limas redondas:** son las que se usan si se trata de pulir o ajustar agujeros redondos o espacios circulares.

### **b) Tamaño de las limas**

Existen varios tamaños de los diferentes tipos de limas. El tamaño es la longitud que tiene la caña de corte y normalmente vienen expresadas en pulgadas existiendo un baremo de 3 a 14 pulgadas.

### **c) Granulado de las limas**

El tipo de granulado de las limas es esencial para el tipo de trabajo o ajuste que se quiera hacer, así que existen limas de basto, entrefinas, finas y extrafinas, asimismo relacionado con el tipo de granulado está el picado del dentado que puede ser cruzado, recto o fresado. Siempre hay que fijarse en esto.

### 3.5.14. Calibrador pie de rey



*Figura 3.26 Calibrador Pie de Rey*

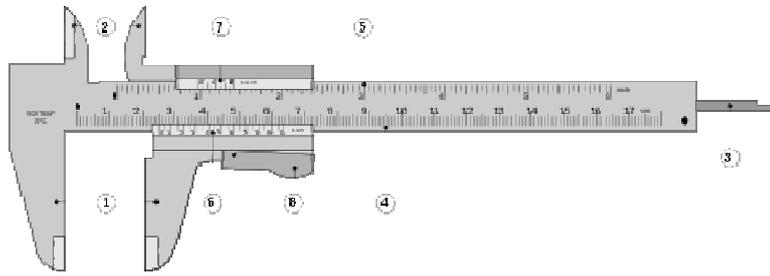
Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

El calibre, también denominado calibrador, cartabón de corredera, pie de rey, pie de metro, es un instrumento para medir dimensiones de objetos relativamente pequeños, desde centímetros hasta fracciones de milímetros ( $1/10$  de milímetro,  $1/20$  de milímetro,  $1/50$  de milímetro). En la escala de las pulgadas tiene divisiones equivalentes a  $1/16$  de pulgada, y, en su nonio, de  $1/128$  de pulgada.

Es un instrumento sumamente delicado y debe manipularse con habilidad, cuidado y delicadeza, con precaución de no rayarlo ni doblarlo (en especial, la coliza de profundidad). Deben evitarse especialmente las limaduras, que pueden alojarse entre sus piezas y provocar daños.

## Componentes



*Figura 3.27 Componentes del Pie de Rey*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

Consta de una "regla" con una escuadra en un extremo, sobre la cual se desliza otra destinada a indicar la medida en una escala. Permite apreciar longitudes de  $1/10$ ,  $1/20$  y  $1/50$  de milímetro utilizando el nonio. Mediante piezas especiales en la parte superior y en su extremo, permite medir dimensiones internas y profundidades. Posee dos escalas: la inferior milimétrica y la superior en pulgadas.

1. Mordazas para medidas externas.
2. Mordazas para medidas internas.
3. Coliza para medida de profundidades.
4. Escala con divisiones en centímetros y milímetros.
5. Escala con divisiones en pulgadas y fracciones de pulgada.
6. Nonio para la lectura de las fracciones de milímetros en que esté dividido.
7. Nonio para la lectura de las fracciones de pulgada en que esté dividido.
8. Botón de deslizamiento y freno.

### 3.5.15. Flexómetro



*Figura 3.28 Flexómetro*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

El flexómetro o cinta métrica es un instrumento de medición, con la particularidad de que está construido en chapa metálica flexible debido su escaso espesor, dividida en unidades de medición, y que se enrolla en espiral dentro de una carcasa metálica o de plástico. Algunas de estas carcasas disponen de un sistema de freno o anclaje para impedir el enrollado automático de la cinta, y mantener fija alguna medida precisa de esta forma.

Se suelen fabricar en longitudes comprendidas entre uno y cinco metros, y excepcionalmente de ocho o diez metros. La cinta metálica está subdividida en centímetros y milímetros. Es posible encontrarlos divididos también en pulgadas.

Su flexibilidad y el poco espacio que ocupan lo hacen más interesante que otros sistemas de medición, como reglas o varas de medición. Debido a esto, es un instrumento de gran utilidad para los profesionales técnicos.

### 3.5.16. Regla graduada



*Figura 3.29 Regla graduada*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

La regla graduada es un instrumento de medición con forma de plancha delgada y rectangular que incluye una escala graduada dividida en unidades de longitud, por ejemplo centímetros o pulgadas; es un instrumento útil para trazar segmentos rectilíneos con la ayuda de un bolígrafo o lápiz, y puede ser rígido, semirígido o flexible, construido de madera, metal, material plástico, etc.

Su longitud total rara vez supera el metro de longitud. Suelen venir con graduaciones de diversas unidades de medida, como milímetros, centímetros, y decímetros, aunque también las hay con graduación en pulgadas o en ambas unidades

Es muy utilizada en los estudios técnicos y materias que tengan que ver con uso de medidas, como arquitectura, ingeniería, etc.

### 3.5.17. Llaves

Las llaves de apriete son las herramientas manuales que se utilizan para apretar elementos atornillados mediante tornillos o tuercas con cabezas hexagonales principalmente. En las industrias y para grandes producciones estas llaves son sustituidas por pistolas neumáticas o por atornilladoras eléctricas portátiles.

### a) Tipos de llaves

Hay varios tipos de llaves:

- De boca fija
- De boca ajustable
- De par regulado (dinamométricas).

### b) Llave de boca fija



Figura 3.30 Llave de boca mixta o combinada

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

Las llaves de boca fija son herramientas manuales destinadas a ejercer el esfuerzo de torsión necesario para apretar o aflojar tornillos que posean la cabeza que corresponde con la boca de la llave. Las llaves fijas tienen formas muy diversas y tienen una o dos cabezas con una medida diferente para que pueda servir para apretar dos tornillos diferentes. Incluidas en este grupo están las siguientes:

- Llave de boca mixta o combinada
- Llave de carraca

### c) Normas de uso de las llaves fijas

- Deberá utilizarse siempre la llave que ajuste exactamente a la tuerca, porque si se hace con una llave incorrecta se redondea la tuerca y luego no se podrá aflojar. ("se roda")
- Las tuercas deberán apretarse sólo lo necesario, sin alargar el brazo de la llave con un tubo para aumentar la fuerza de apriete.
- Se utilizarán preferentemente llaves fijas en vez de boca ajustable, porque ofrecen mejores garantías de apriete.

El material que compone todo tipo de herramientas suele ser una aleación de acero templado. Concretamente, las llaves son una aleación de acero con cromo y vanadio. Los profesionales autónomos y en los talleres existen juegos de estas llaves que normalmente van desde una boca de 6 milímetros hasta una boca de 24 milímetros, excepto las llaves allen que tienen dimensiones diferentes.

### d) Llaves de boca ajustable



*Figura 3.31 Llave de boca ajustable*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

Son herramientas manuales diseñadas para apretar y aflojar tornillos, con la particularidad de que pueden variar la apertura de sus quijadas en función del tamaño de la tuerca. Hay varios tipos de llave ajustables:

### e) Llave de gancho articulada

Al elegir una llave ajustable hay que procurar que su tamaño se ajuste al tamaño del tornillo, o sea, que no se intente apretar un tornillo pequeño con una llave muy grande porque se puede descabezar.

### f) Llaves dinamométricas



*Figura 3.32 Llave dinamométrica*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

Hay tornillos que por sus condiciones de trabajo tienen que llevar un apriete muy exacto. Si van poco apretados se van a aflojar causando una avería, y si van muy apretados se pueden descabezar. Para estos casos de apriete de precisión se utilizan las llaves dinamométricas. Consisten en una llave fija de vaso a la que se acopla un brazo en el que se regula el par de apriete, de forma que si se intenta apretar más, salta un mecanismo que nos indica que si seguimos apretando no daremos el par de apriete antes fijado. Nunca se debe reapretar a mano un tornillo que antes haya sido apretado al par adecuado.

Las pistolas neumáticas de apriete no son llaves dinamométricas aunque lo parecen, porque pueden desajustarse con facilidad.

### g) Llave de carraca



*Figura 3.33 Llave de carraca*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

La llave de carraca tiene una forma similar a una dinamométrica pero sirven para apretar de una forma más rápida un tornillo o tuerca. Una vez acoplada al tornillo o la tuerca solo ejerce fuerza en un sentido (apretar o aflojar) y al mover en el otro sentido el acoplamiento con la llave gira libre produciendo un sonido de carraqueo que le da nombre a la herramienta. Como no hace falta acoplar y desacoplar la llave en cada porción de giro, se evita esa pérdida de tiempo y se realiza el trabajo mucho más rápido.

Como en la dinamométrica se le adapta una llave de vaso para cada tamaño de tuerca o tornillo y no es necesario tener una llave de carraca para cada medida.

### 3.5.18. Compresor de aire<sup>27</sup>

Es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como lo son los gases y los vapores. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a

---

<sup>27</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Compresor\\_\(m%C3%A1quina\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Compresor_(m%C3%A1quina))

la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.

Al igual que las bombas, los compresores también desplazan fluidos, pero a diferencia de las primeras que son máquinas hidráulicas, éstos son máquinas térmicas, ya que su fluido de trabajo es compresible, sufre un cambio apreciable de densidad y, generalmente, también de temperatura; a diferencia de los ventiladores y los sopladores, los cuales impulsan fluidos compresibles, pero no aumentan su presión, densidad o temperatura de manera considerable.

### 3.5.19. Cizalla



*Figura 3.34 Cizalla de pedal*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

Se denomina cizalla a una herramienta manual de corte que se utiliza para cortar láminas de metálicas de poco espesor y plástico. Es por tanto una herramienta muy usada en los talleres mecánicos de chapistería. Cuando el grosor de la lámina a cortar es muy grueso se utilizan cizallas muy potentes que son activadas por un motor eléctrico.

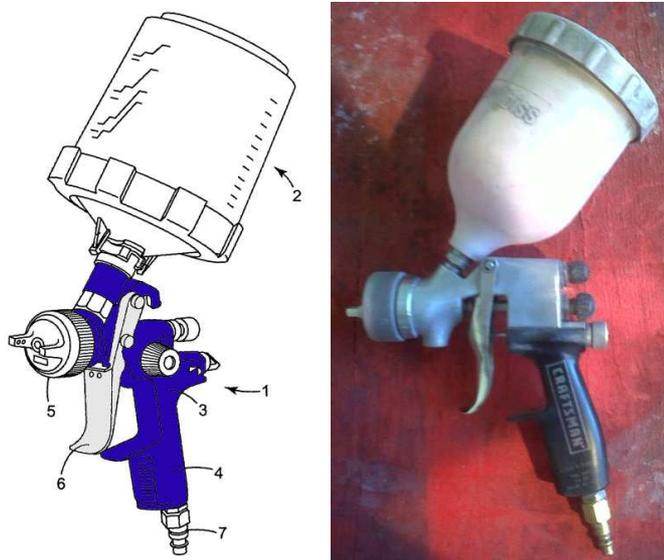
La cizalla tiene el mismo principio de funcionamiento que una tijera normal, solamente que es más potente y segura en el corte que las tijeras. Se usa sobre

todo en talleres mecánicos para cortar láminas metálicas que no sean muy gruesas o duras.

Existen varios tipos distintos de cizalla, entre los cuales se pueden destacar los siguientes:

- **Cizalla de metal:** Empleada para cortar hojalata o metales finos. Las hay de tres tipos en función del corte: recto, curvado hacia la izquierda o curvado hacia la derecha.
- **Las cizallas de pedal:** Son construidas con una estructura de acero muy robusta, que ofrecen precisión de corte, la cama de la cizalla es maquinada en acero de alta resistencia para darle gran precisión en la superficie de corte y su cuchilla fabricada en acero de alto carbono y alto contenido de cromo, diseñadas para la máxima precisión de corte con el mínimo esfuerzo.

### 3.5.20. Pistola de pintura



*Figura 3.35 Pistola de pintura*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| 1: Pistola de pintura  | 5: Boquilla            |
| 2: Deposito de pintura | 6: Gatillo             |
| 3: Cuerpo              | 7: Boquilla (conector) |
| 4: Empuñadura          |                        |

La pistola comprende un cuerpo, una empuñadura, que se extiende hacia abajo desde el extremo posterior del cuerpo, y una boquilla de pulverización de la parte delantera del cuerpo. La pistola funciona a través de un gatillo que va montado en el cuerpo de la pistola.

En uso, la pistola está conectada a través de un conector en el extremo inferior del cuerpo a una fuente de aire comprimido y el depósito contiene líquido (por ejemplo, pinturas, aparejos, barnices, etc.).

El aire comprimido se entrega a través de la pistola a la boquilla cuando el usuario tira del gatillo la pintura se entrega por gravedad desde el depósito a la boquilla. Como resultado de ello, la pintura es pulverizada a la salida de la boquilla.

### **3.6.CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA PARA EL BANCO DE PRUEBAS**

Para determinar el diseño de la estructura del banco de pruebas se utilizó como base un banco de pruebas elaborado para el motor PT6 (Pratt & Whitney) realizado en la Universidad de Broward Community College, por estudiantes involucrados en el mantenimiento de aviones para la instrucción de los mismos.

Dentro de la construcción de la cabina de mando y el soporte para el motor se analizó cada uno de sus procesos de construcción, las medidas de seguridad que se debían tomar para la implementación de la estructura y a su vez se desarrollaron las pruebas pertinentes a la resistencia de materiales para determinar las características del material que será utilizado.

Para una descripción más detallada se ha separado el banco de pruebas en tres partes principales: la base, la cabina y el soporte para el motor.

A continuación se detalla paso a paso las actividades que se realizaron antes y después de la instalación de la estructura.

### **3.6.1. Construcción de la base para la cabina de mando y soporte del motor**

Luego de haber realizado el diseño para la base de la cabina de mando y soporte del motor, utilizando toda la información recolectada en el marco teórico; se determinaron los elementos principales que fueron utilizados en la construcción de la base:

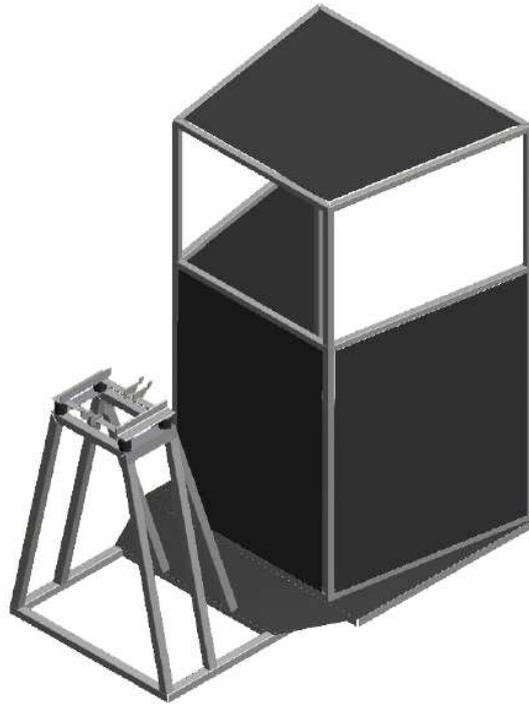
- Barra estructural cuadrada de acero ASTM A-36 de 40x2mm
- Electrodo E6011
- Láminas de acero ASTM A-36 antideslizante de 122 x 244x0,6cm
- Ruedas de hierro y caucho

Para la construcción del soporte fue necesario efectuar cortes en las barras estructurales de 40 x 40 tomando en cuenta que para realizar mejor los puntos de soldadura entre barras. Fue preciso cortar las barras con una inclinación de 45 grados entre los tubos que forman las esquinas, mientras los que van en sentido perpendicular, el corte se lo realizó en línea recta.

El procedimiento del corte de las barras estructurales se detalla en los siguientes pasos:

- Se mide la longitud requerida para cada barra con ayuda de flexómetro.
- Se traza la dirección del corte (línea recta o con inclinación de 45°) utilizando la regla graduada y rayador de acero.
- Con la ayuda de la sierra manual realizar una guía sobre línea marcada en el acero.
- Para finalizar se realiza el corte con movimientos suaves no muy acelerados y de precisión

Después de haber realizado los cortes en las barras estructurales en base las medidas antes establecidas y según los diseños fue necesario colocarlos en las posiciones determinadas para cada uno de ellos.



*Figura 3.36 Diseño de la cabina de mando y soporte del motor*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

A continuación se procedió con la soldadura por punto, explicada en el marco teórico en el capítulo anterior, para que las barras no tiendan a moverse en el momento de realizar los cordones de soldadura y conserven la forma original del diseño. Se utilizó como material de ayuda el nivel sobre las barras estructurales en las cuales se está realizando el cordón de soldadura para evitar que éstas tiendan a tomar una inclinación no requerida.

En la culminación de los cordones de soldadura es necesario retirar la escoria formada durante el enfriamiento de suelda así como los excesos de material producidos en la soldadura, para esto se utilizó la amoladora con disco de corte tomando en cuenta las medidas de seguridad para realizar este trabajo.

Al culminar la soldadura de las barras estructurales de la base se procedió a soldar las ruedas de goma con su respectivo soporte midiendo 15cm desde su punto externo en las barras principales de la base resaltando que sus llantas posteriores son fijas y las llantas delanteras son móviles para su desplazamiento; luego se procedió con la instalación de la lámina de acero antideslizante que cumplirá la función del piso de la cabina de mando. La plancha se la consiguió en medidas estándares por lo que se realizó el corte de la misma con la cizalla de pedal para luego proceder a soldarlas a las barras en diferentes puntos utilizando pequeños cordones de soldadura.

Después de haber concluido con la construcción de la base para la cabina y soporte del motor, se notó ciertas falencias en la base de la cabina de mando las mismas que fueron determinadas y corregidas en el proceso de construcción.

En primer lugar no se extendieron barras estructurales en la base, sino que el eje de la base estaba dividido en dos partes lo que producía que la base se fleje en el punto de soldadura localizado en la parte central entre la cabina y el soporte del motor como se muestra en la figura 3.27.



*Figura 3.37 Tubos estructurales de 40x40mm soldados al centro de la base*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

Para poder corregir esta falencia se procedió a cortar los cordones de soldadura en los puntos antes indicados así como los puntos en la plancha y la base de las ruedas de goma, con la amoladora y el respectivo disco de corte.



*Figura 3.38 Corte y reconstrucción de la base*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

Luego se procedió a la colocación de dos barras principales que cruzaron la base para la cabina de mando y soporte de motor.



*Figura 3.39 Barras principales de la base y puntos de soldadura entre la estructura y láminas de acero antideslizante*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

Nuevamente se soldaron las barras que soportarán a la cabina y al soporte del motor, así como la plancha y sus respectivas ruedas, pero esta vez se realizaron varios puntos de soldadura en la parte posterior de la plancha entre las barras para asegurarla mejor a la base.

El segundo error fue haber soldado las ruedas en barras que no correspondían a los ejes principales de la base lo que producía que la falla anterior sea más notoria por lo cual se procedió a soldar las ruedas posteriores al margen entre la barra principal y la barra posterior.



*Figura 3.40 Culminación de base y desbaste de excesos de soldadura*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

### **3.6.2. Construcción de la cabina de mando**

Después de haber construido la base; dispuesto el diseño para la cabina de mando y utilizando toda la información recolectada en el marco teórico, se determinaron los elementos principales que fueron utilizados en la construcción de la cabina de mando:

- Barra estructural cuadrada de acero ASTM A-36 de 30x30mm.
- Tubo rectangular de acero ASTM A-36 de 12x25x0.8mm
- Electrodo E6011
- Láminas de acero A-36 galvanizado de 3mm

Para la construcción de la cabina de mando fue necesario realizar los cortes en las barras estructurales de 30 x 30 verificando, así como en la base, los cortes con grado de 45 para las uniones de esquinas y recto para las barras que vayan perpendiculares.

El procedimiento del corte de las barras estructurales se detalla en los siguientes pasos:

- Se mide la longitud requerida para cada barra con ayuda del flexómetro.
- Se traza la dirección del corte (línea recta o con inclinación de 45°) utilizando la regla graduada y rayador de acero.
- Con la ayuda de la sierra manual realizar una guía sobre línea marcada en el acero.
- Para finalizar se realiza el corte con movimientos suaves no muy acelerados y de precisión

Se tomó en cuenta que la cabina no era cuadrada sino que tenía una abertura en la parte posterior debido a que las medidas en la parte frontal son de 800mm y en la parte posterior de 1100mm fue necesario establecer esta inclinación en las barras laterales.

De la misma manera que en la base, después de haber colocado cada barra en la posición ya establecida ver figura 3.26, se procedió a realizar puntos de soldadura para ver que todas las barras estén en posición correcta y alineadas para luego continuar con los cordones de soldadura entre cada una de las barras.

Fue necesario soldar un tubo rectangular en la parte de las ventanas para poder colocar los acrílicos que darán una protección y permitirán la visibilidad del motor y la parte externa de la cabina.

Para colocar las láminas de acero galvanizado de 3mm en sus posiciones se tuvo que realizar los cortes con medidas ya establecidas y un doblado de 1cm hacia la parte interna de la lámina y de esta forma poder realizar los puntos de soldadura entre la barra y las láminas de acero, los cuales fueron suficientes para que estas queden bien sujetas.



*Figura 3.41 Estructura de la cabina*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

Una vez concluida la cabina de mando fue preciso la construcción y la instalación del panel de control para los instrumentos de medición e interruptores. Para ello se utilizó un perfil de 10x10 mm con el material sobrante de la lámina de acero de 3mm.

En base a las medidas de la cabina se realizó los cortes necesarios tomando en cuenta la inclinación de la cabina y del panel en sus partes laterales. El perfil fue soldado en sus extremos a las barras estructurales y a las láminas de acero respectivamente, posterior a lo cual se retiró sus excesos. Por motivos de acceso a los cables de los instrumentos se empernó el panel en 6 puntos: tres en la parte superior; dos a los extremos, uno al medio y tres en el perfil inferior de la misma forma que el anterior.



*Figura 3.42 Tablero dentro de cabina*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

### **3.6.3. Construcción del soporte del motor**

Para la construcción del soporte del motor se establecieron varios diseños previos a la construcción como es el de voladizo o cantileaver en el cual el motor iba a estar sujeto en sus puntos normales de sujeción por tal razón se colocaría el acople de la hélice en la parte delantera, esto no fue posible ya que debido al giro y por el peso de la hélice se cambió la posición de la hélice a la parte del volante del motor y respetando el giro correcto de la hélice. Determinando así la construcción del soporte del motor en tipo mesa; llamado así por su forma de 4 columnas sujetas a la base de la estructura, en el cual se asienta la base del motor y en medio de los cuales se instalarán bujes de goma los mismos que eliminarán la vibración del motor.

Para la construcción del soporte del motor se utilizó la información recolectada en el marco teórico; los elementos principales que fueron utilizados en la construcción del soporte son:

- Barra estructural cuadrada de acero ASTM A-36 de 40x2mm
- Electrodo E6012
- Láminas de acero ASTM A36 de 6mm

- Perfil de acero ASTM A36 de 50x50x5mm
- Bujes de neopreno de 50x50mm

Para la construcción del soporte fue necesario realizar los cortes en las barras estructurales de 40x40mm, el ángulo de corte varía en esta parte, ya que la inclinación que deben tomar las columnas de la mesa será de 75 grados, por tal razón se debe cortar el ángulo restante para una mejor apoyo de las barras, así como de las barras en la parte superior.



*Figura 3.43 Mesa para soporte del motor*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

Para la construcción del soporte propio del motor no se pudo realizar un diseño previo ya que el b6xer del motor no es uniforme sino que se utilizaron moldes de cart6n de los lugares donde se requerían sujetar el motor en la parte inferior del mismo.

Después de haber acabado con la construcción de la mesa del motor se procedió a cortar dos placas de acero de 100x360x6mm paralelas a las barras de acero estructural de 40x40 que fueron establecidas como ejes en la base y dos perfiles de 250x250x5mm paralelos de la misma medida al perfil de acero soldado sobre la mesa; se realizó la soldadura pertinente a estas piezas tomando en cuenta la medida tomada de la parte inferior del cárter. Posterior a esto se efectuaron los dobleces de las láminas de acero de 5mm; sujetadas a la mesa y golpeando al material con combo, debido a que el taller no poseía una dobladora de acero. Estas placas irían sujetas a los orificios originales del volante del motor donde se sujetaba el mismo, por lo que después de haber obtenido los dobleces necesarios se retiró el material y tomando la forma circular del volante del motor rebajando sus excesos con lima circular hasta que las placas coincidan con el borde del volante.

Concluido el proceso de doblez de las placas y con el motor sobrepuesto sobre éstas se tomaron medidas de los orificios para lo cual se utilizó el taladro de pedestal realizando la guía del orificio con el granete para evitar que en el momento de taladrar el orificio esta se desvié. Al concluir con este procedimiento de las placas se sujetaron con pernos y con el motor sobrepuesto sobre la base principal se realizaron cordones de soldadura entre la los perfiles y las placas dobladas.

Después de haber determinado otros puntos en los que se pueda sujetar el motor, se establecieron dos puntos adicionales que eran pernos que formaban parte del cárter; debido a que estos eran muy pequeños se tomaron moldes con cartón prensado para así dibujarlos en la lámina de acero; se realizó los orificios y se procedió al corte de los mismo con cierra, colocamos las placas de la misma forma que se sujetaron las placas dobladas pero esta vez ayudados con el playo de presión para así proceder a soldar a las placas principales.



*Figura 3.44 Construcción soporte de motor*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

Al haber finalizado con la construcción del soporte del motor se procedió a la elaboración de los orificios entre la mesa y el soporte del motor por donde deben pasar los pernos separados por bujes de goma (neopreno) entre los ya mencionados elementos. Para lo cual se sujetaron los elementos con playos de presión y después de haber establecido la posición de los orificios se realizó la guía con granete por donde pasarán las brocas para elaborar los agujeros. De esta manera se debe colocar los pernos y los bujes ajustándolos con playo y la llave de 13mm.

#### **3.6.4. Ensamblaje**

Después de haber concluido con la construcción de cada uno de los elementos se procedió al ensamblaje o unión de las partes principales que componen la cabina de mando y soporte del motor.

En primera instancia se realizó la unión entre la base y la cabina, para lo cual se determinó que no se la iba a soldar por cuestiones de transporte y si en algún momento se decide realizar un mantenimiento completo o cambiar alguna pieza o estructura que haya sido deteriorada, por lo cual será mucho más fácil el desmontaje de sus partes. Para ello, se utilizó pernos y broca de 0,8mm, y se

realizaron los orificios a una distancia de 80mm entre las barras estructurales y los orificios, tanto en sus barras delanteras como posteriores. Utilizando prensas pequeñas para la sujeción entre la base y la cabina evitando el movimiento de las mismas, se realizó la guía con el granete para construir los agujeros con el taladro eléctrico. Concluidos los orificios se colocó los pernos y sujetando la cabeza de los pernos con llaves fija y se ajustaron las tuercas con la llave de carraca.



Figura 3.45 Orificios entre la base y la cabina de mando

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

Luego de haber ensamblado la cabina y la base se procedió a soldar la mesa y el soporte del motor a la base. Con ayuda de la regla de 90° se realizó los cordones de soldadura y utilizando el nivel en la parte superior de la mesa para evitar que esta se desplace por acción de soldar el resto de sus columnas.

Para terminar con el proceso de construcción de la cabina de mando y soporte del motor se procedió con la pintura de todas sus partes, desarmando todas aquellas que podían ser removidas. En primer lugar se pasó una lija muy fina a las estructura como a las láminas de acero para posteriormente darles un fondo de color plomo, las misma que evitaría la oxidación de sus partes y de la misma forma permitir que la pintura original pueda adaptarse mejor al material.



*Figura 3.46 Pintura base del soporte y cabina*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

Luego de haber colocado la base de pintura a cada una de las partes se procedió a realizar el pintado de las partes con los colores antes ya establecidos; de color negro todo lo que se refiere al soporte y a la base del motor y de color azul la cabina de mando.



*Figura 3.47 Pintura de cabina y soporte*

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.

Para concluir con la construcción de la cabina de mando y soporte del motor se realizó la pintura del tablero de instrumentos y se colocó los acrílicos con silicona respectivamente.

Los acrílicos vienen en planchas con medidas ya establecidas por lo que fue necesario realizar el corte de las mismas con medidas tomadas de las posiciones para cada una de ellas.



Figura 3.48 Acrílicos y Tablero de instrumentos

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera.



Figura 3.49 Bancos de pruebas para un motor recíproco

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Víctor Barrera

### 3.6.5. Construcción del anclaje para el banco de pruebas

Después de haber concluido con la construcción de la estructura para el banco de pruebas fue necesaria la implementación de un conjunto para el anclaje del banco, evitando de esta manera el desplazamiento del mismo para lo cual se determino la construcción de placas metálicas empernadas al suelo sujetas al banco por U metálicas las mismas que estarán localizadas en cada una de las barras que conforman el marco de la base del banco; dispuesto el diseño para las placas, las U y utilizando toda la información recolectada en el marco teórico, se determinaron los elementos principales que fueron utilizados en la construcción de la cabina de mando:

- Perfil estructural ASTM A36 de 100x100x7mm
- Barra de acero 1040 de  $\frac{1}{2}$
- Electrodo E6012

Debido a su elaboración las u se las adquirieron en base a su diseño antes ya establecido. Por lo cual en su construcción no hubo mayor detalle. Pero para la construcción de las placas utilizando el perfil de acero y una tiza se realizaron los trazos de las placas para luego proceder a cortarlas con la oxy corte utilizando las medidas de seguridad necesarias. Posterior al corte se realizaron los orificios en las placas para los que serán los pernos que sujeten al piso y los orificios donde irán sujetas las u de acero, para luego emplear procedimientos de soldadura antes detallados para soldar los perfiles con pedazos de placas extraídas del mismo perfil.

### 3.7. DIAGRAMA DE PROCESOS

Los diagramas de procesos están constituidos por simbología que indica cada uno de los pasos del proceso de construcción de la cabina de mando y soporte del motor.

A continuación se detallan los distintos diagramas de proceso de construcción de cada una de las partes constituyentes a la cabina de mando y soporte del motor.

Tabla 3.6 Simbología de los diagramas de procesos

N	SIMBOLOGIA	SIGNIFICADO
1		Operación
2		Inspección o comprobación
3		Ensamblaje
4		Conector
5		Continua

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Víctor Barrera

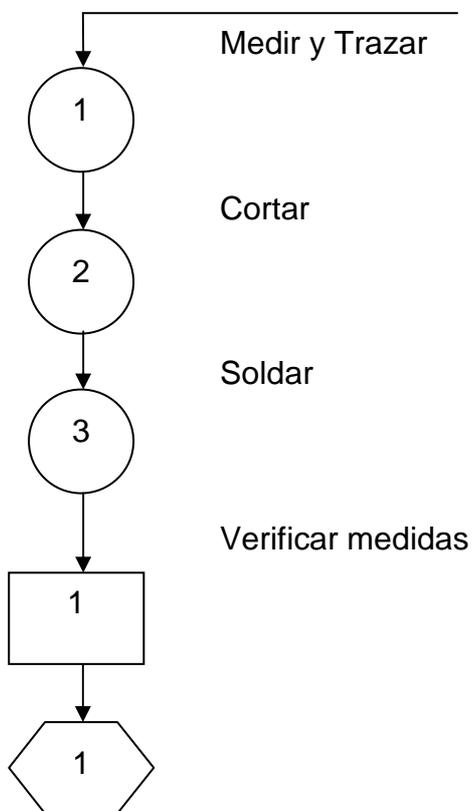
#### 3.7.1. Diagrama de proceso de construcción

A continuación se presentan los distintos diagramas de procesos de construcción de cada una de las partes constituyentes al banco de pruebas para el motor Volkswagen del avión Volksplane.

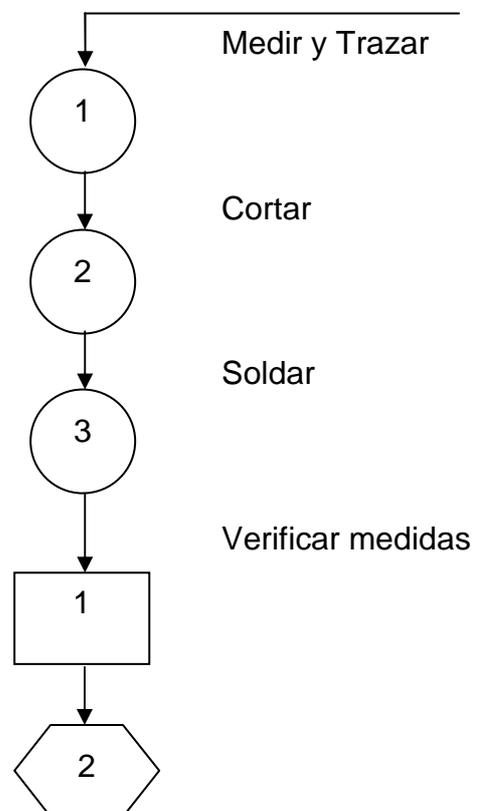
**a) Diagrama de procesos de construcción de la base para la cabina de mando y soporte del motor**

**Material:** Barras estructural cuadrada de acero ASTM A-36 de 40x40mm, láminas de acero antideslizante de acero ASTM A-36 de 120 x120 y ruedas de hierro y caucho

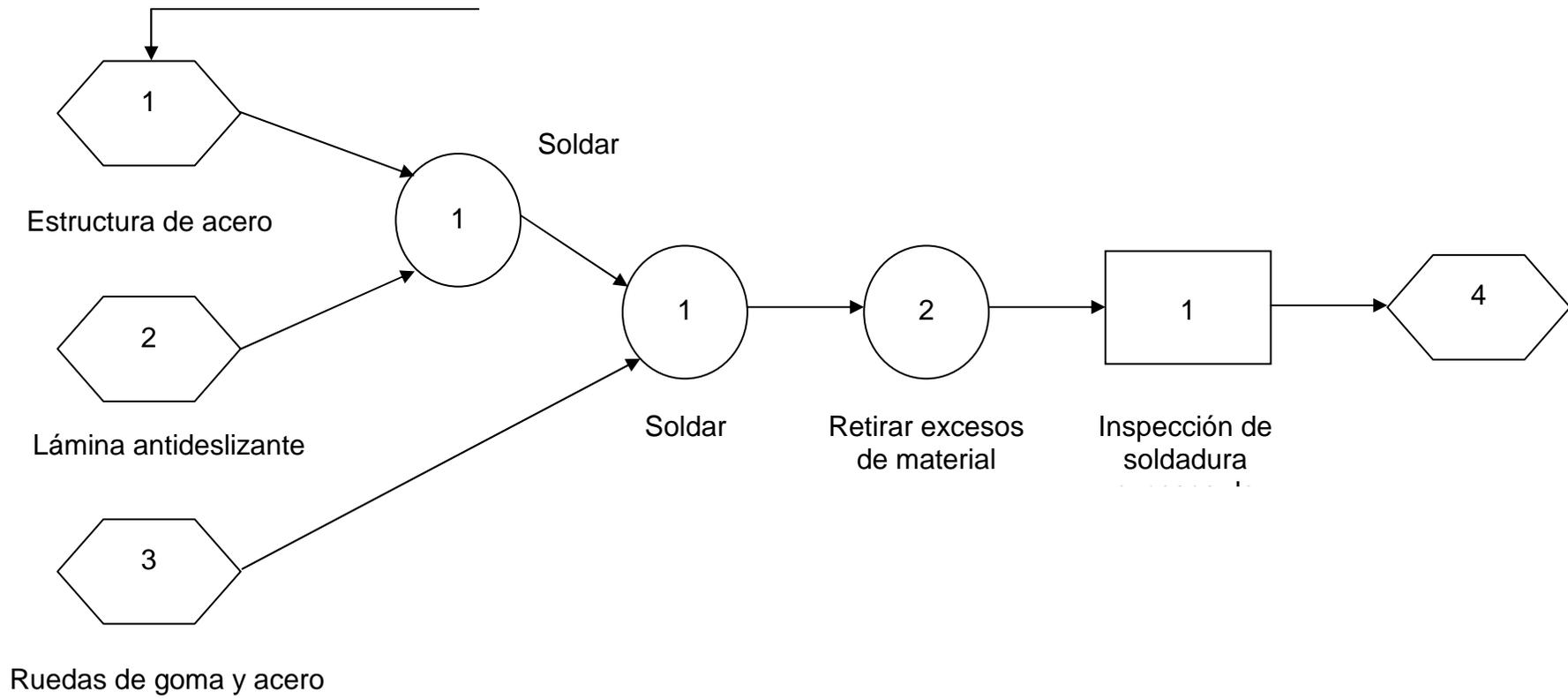
Soldadura de barras estructurales de Acero ASTM A36 de 40 x 40mm



Soldadura de láminas de acero antideslizante acero ASTM A36 de 1100 x1200mm



b) Ensamblaje de la base para la cabina de mando y soporte del motor

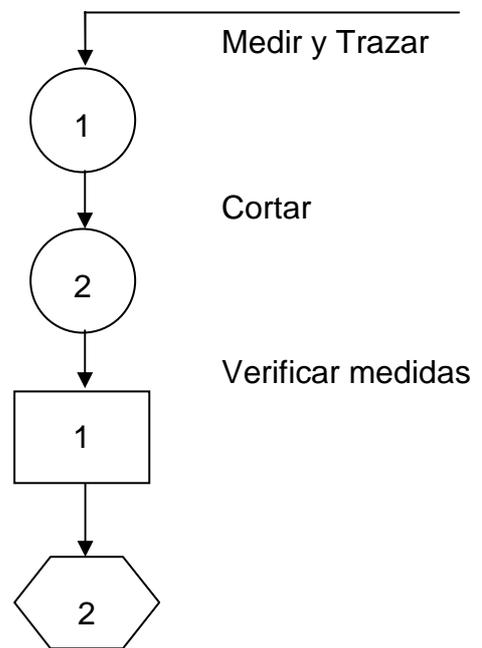
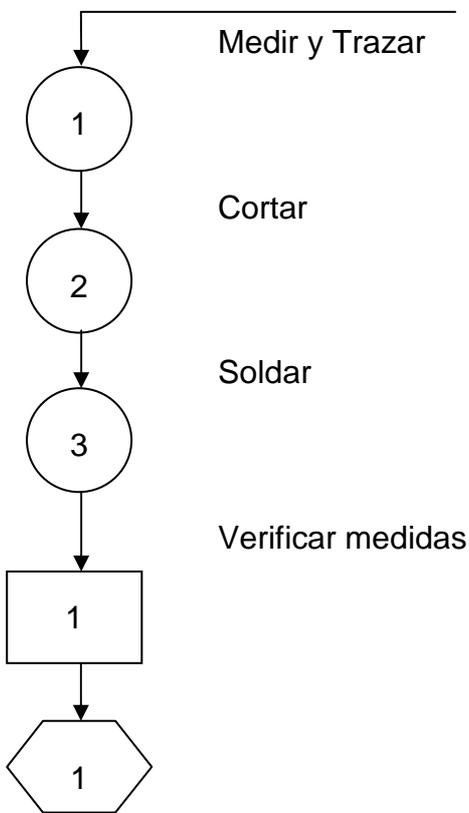


**c) Diagrama de procesos de construcción de la cabina de mando para el banco de pruebas**

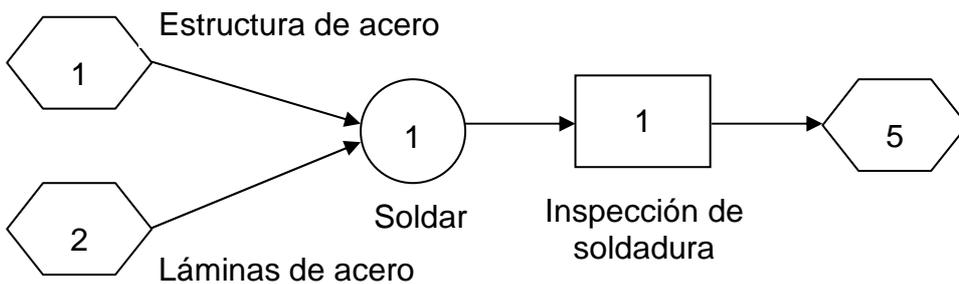
**Material:** Acero ASTM A-36 estructural cuadrado de 40 x 40mm, laminas de acero A-36 de 120 x120 y ruedas de aceros de

Soldadura de Acero ASTM A36 estructural cuadrado de 30 x 30mm

Soldadura de láminas de acero A36 de 120 x120x



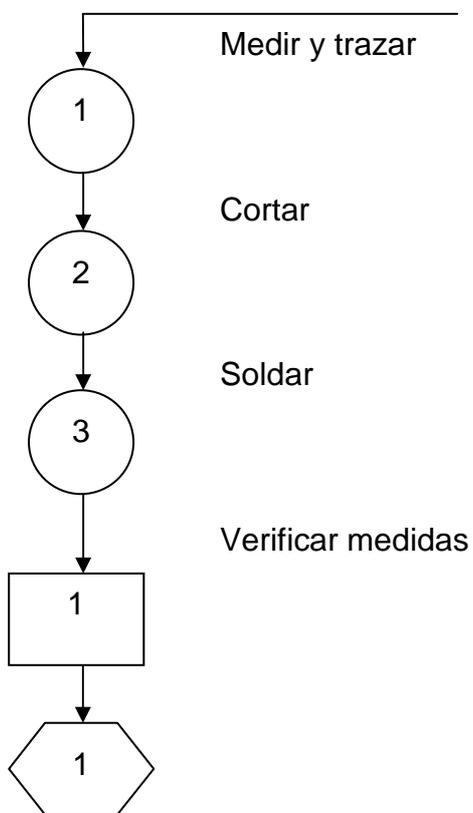
**d) Armado de la cabina de mando**



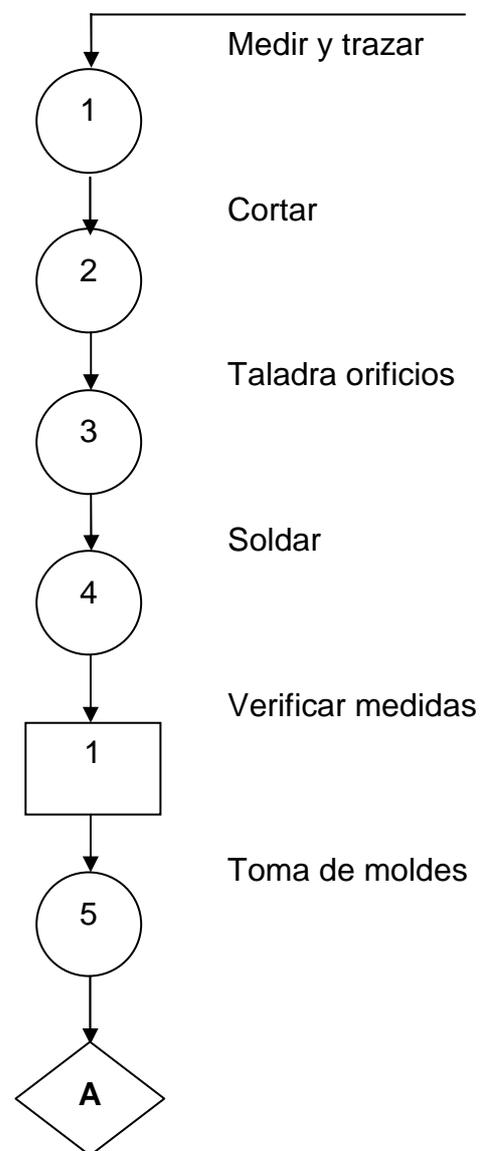
**e) Diagrama de procesos de construcción del soporte del motor para el banco de pruebas**

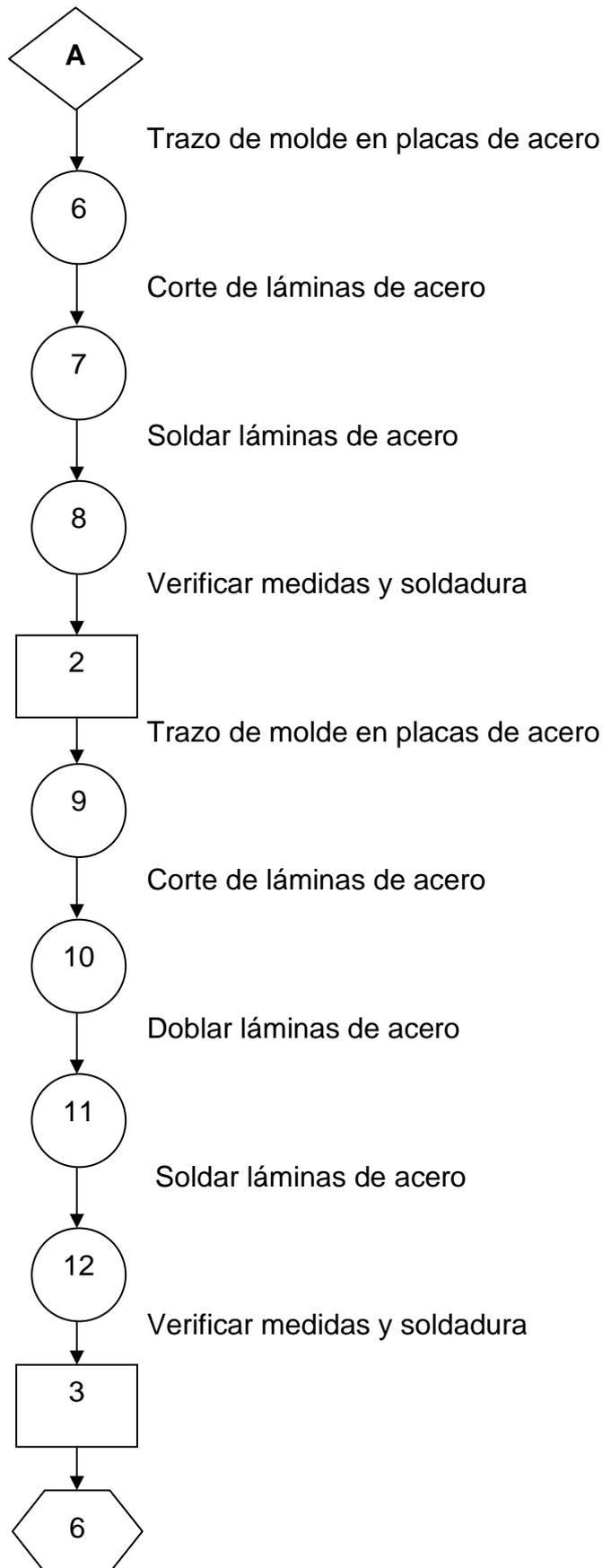
**Material:** Acero ASTM A-36 estructural cuadrado de 40 x 40mm, láminas de acero A-36

Soldadura de la mesa con acero ASTM A36 estructural cuadrado de 40mm x 2mm

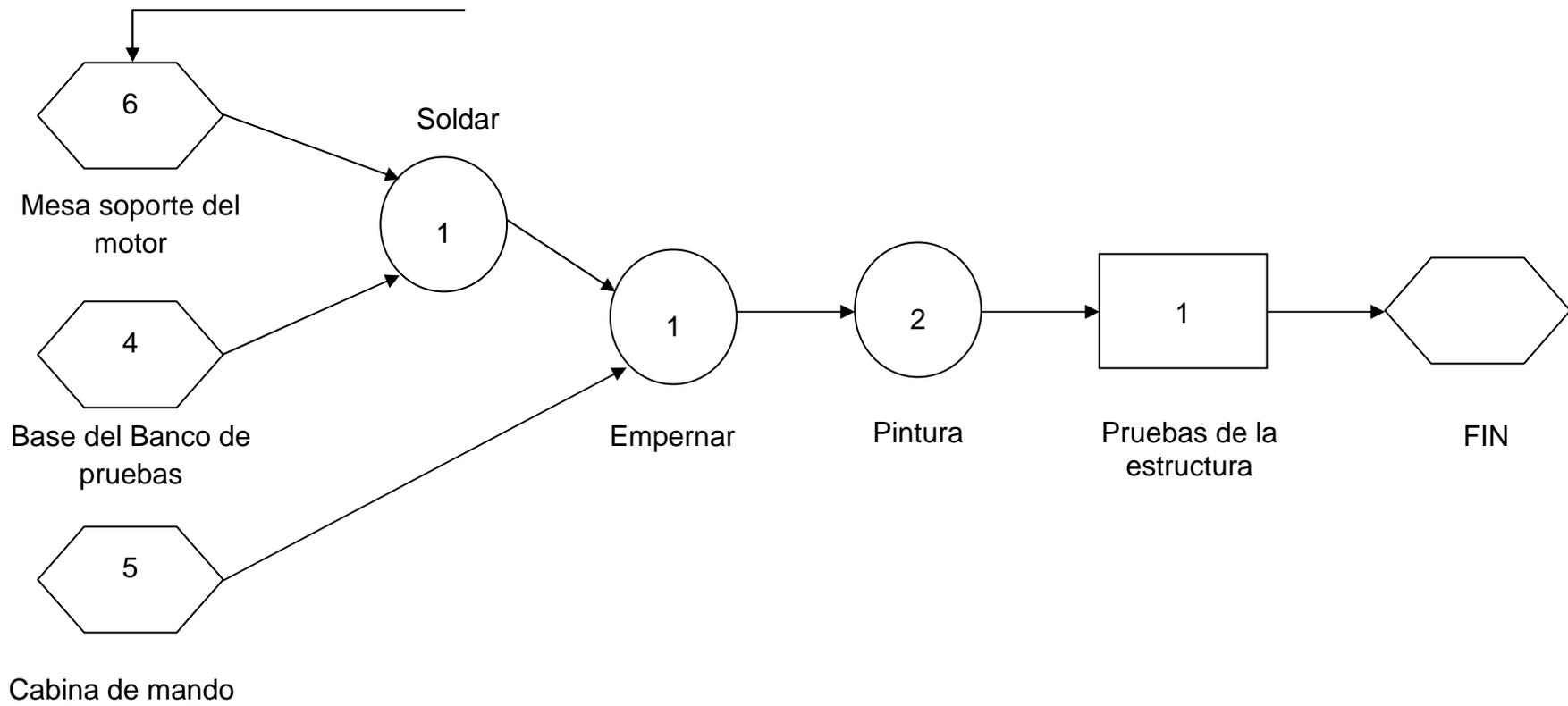


Soldadura de láminas de acero A36 de 0.6mm





f) Ensamblaje final del banco de pruebas



### 3.8. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 3.8.1. Pruebas del material

Una vez finalizada la etapa de construcción y ensamblaje de la estructura para el banco se procedió a realizar pruebas en las que se evalúe parámetros que garantice y de la confiabilidad del soporte así como del resto de la estructura.

Luego de haber montado todos los componentes del motor, los sistemas de medición y alimentación se procedió a verificar el comportamiento de la estructura así como los puntos de soldadura y los pernos.

Antes de haber realizado la construcción de la estructura se realizaron cálculos que asegurarán la resistencia del material frente a las cargas y esfuerzos producidos por la hélice. Sin embargo para poder evaluar la resistencia del material se verificó en primera instancia, que la geometría del mismo no haya sido alterada por la carga ejercida por el motor y el giro de la hélice. Se observó que el material no haya cedido sino que ha conservado su rigidez y que el material en si no ha sufrido fisuras o fracturas.

Se verificó que los puntos de soldadura no han sufrido fisuras ni el desprendimiento de las mismas, así como los pernos no hayan cedido ni fracturado. Para resumir las pruebas antes mencionadas se elabora un cuadro en el que resume la confiabilidad del mismo.

<b>PARÁMETROS</b>	<b>CONDICIÓN FAVORABLE</b>	<b>CONDICIÓN NO FAVORABLE</b>
Resistencia del material	✓	
Geometría del material	✓	
Elasticidad del material	✓	
Soldadura	✓	
Pernos	✓	

### **3.9. ELABORACIÓN DE MANUALES**

#### **3.9.1. Elaboración de manuales de procedimiento**

En este proceso se describen los diferentes procedimientos que debe realizar el operador del banco antes de realizar la ejecución del motor para su correcta operación, sin poner en riesgo la seguridad del mismo y de las personas que intervienen en el proceso y evitar así posibles accidentes. Para lo cual se elaborado los siguientes manuales.

<b>ORDEN</b>	<b>MANUAL</b>	<b>CÓDIGO</b>
1	Seguridad	ITSA-BDPH-M1
2	Operación	ITSA-BDPH-M2
3	Mantenimiento	ITSA-BDPH-M3

#### **3.9.2. Manual de seguridad**

El objetivo de este manual es mantener la seguridad del operador del banco de pruebas, por tal razón se ha procedido a elaborar el mismo.

#### **3.9.3. Manual de operación**

Este manual describe todos los procedimientos que se deben seguir previos a la operación del banco de pruebas.

#### **3.9.4. Manual de mantenimiento**

Este manual ayuda a dar un mantenimiento óptimo al equipo para así poder alargar la vida útil de la estructura del banco de pruebas.

 <b>I.T.S.A.</b>	<b>MANUAL DE SEGURIDAD DE LA ESTRUCTURA PARA EL BANCO DE PRUEBAS DE UN MOTOR RECIPROCO</b>		<b>Pág. 1 de 2</b>
			<b>Código</b> ITSA-BDPH-M1
	<b>Elaborado por:</b> Víctor Barrera		<b>Revisión N°:</b> 001
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Félix Manjares	<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>

**1.0.- OBJETIVO:**

Documentar la norma básica de seguridad a seguir previa y durante la operación del banco de pruebas de un motor recíproco.

**2.0.- ALCANCE:**

Mantener la seguridad del estudiante u docente al operar el banco de pruebas.

**3.0.- PROCEDIMIENTO:**

1.- Previo a la operación del banco, el personal debe estar familiarizado con el funcionamiento del banco de pruebas.

2.- Realizar una inspección visual de todo el sector donde va a ser ejecutado el banco.

3.- Verificar el estado en el que se encuentra la estructura del banco de pruebas y que todos sus componentes estén bien sujetos

4.- La capacidad máxima de operarios que pueden estar sobre el banco es de 3 personas.

5.- Las personas encargadas de la ejecución del banco de pruebas son 3: 1 controlando los sistemas en base a los indicadores, 1 con el extintor en la parte posterior del motor exterior de la cabina y 1 encargada de vigilar los elementos del motor y controlando que los estudiantes mantengan una distancia de la hélice en funcionamiento.

 <b>I.T.S.A.</b>	<b>MANUAL DE SEGURIDAD DE LA ESTRUCTURA PARA EL BANCO DE PRUEBAS DE UN MOTOR RECIPROCO</b>		<b>Pág. 2 de 2</b>
			<b>Código</b> ITSA-BDPH-M1
	<b>Elaborado por:</b> Víctor Barrera		<b>Revisión N°:</b> 001
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Félix Manjares	<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>

6.- Establecer un área de seguridad para el personal que esté observando el funcionamiento de la hélice.

7.- Verificar que las anclas y sus respectivos pernos están bien asegurados al piso para evitar posibles desprendimientos

8.- Utilizar el respectivo equipo de protección personal para la ejecución y operación del banco de pruebas.

**4.0.- FIRMA DEL RESPONSABLE** \_\_\_\_\_

 <b>I.T.S.A.</b>	<b>MANUAL DE OPERACIONES DE LA ESTRUCTURA PARA EL BANCO DE PRUEBAS DE UN MOTOR RECIPROCO</b>		<b>Pág. 1 de 2</b>
			<b>Código</b> ITSA-BDPH-M2
	<b>Elaborado por:</b> Víctor Barrera		<b>Revisión N°:</b> 001
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Félix Manjares	<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>

### 1.0.- OBJETIVO:

Documentar los procedimientos previos, durante y posterior a la operación del banco de pruebas de un motor reciproco.

### 2.0.- ALCANCE:

Proporcionar los pasos que debe seguir el estudiante o docente que va a operar el banco de pruebas.

### 3.0.- PROCEDIMIENTO:

1.- Previo a la operación del banco, el personal debe realizar una limpieza del área donde va a ser ejecutado el mismo evitando tener objetos que puedan perjudicar a la estructura como a la superficie de la hélice.

2.- Armar las placas con sus respectivas U que impedirán el desplazamiento del banco de pruebas.

3.- Empernar las placas en sus respectivos orificios

4.- Con la llaves de 3/8 ajustar los pernos que sujetan las "U" entre las placas y la estructura del banco.

5.- Verificar que la estructura esté bien sujeta y no realice desplazamientos en ninguno de los ejes.

 <b>I.T.S.A.</b>	<b>MANUAL DE OPERACIONES DE LA ESTRUCTURA PARA EL BANCO DE PRUEBAS DE UN MOTOR RECIPROCO</b>		<b>Pág. 2 de 2</b>
			<b>Código</b> ITSA-BDPH-M1
	<b>Elaborado por:</b> Víctor Barrera		<b>Revisión N°:</b> 001
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Félix Manjares	<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>

6.- Establecer un área de seguridad para el personal que esté observando el funcionamiento de la hélice.

7.- Utilizar el respectivo equipo de protección para la ejecución y operación del banco de pruebas.

8.- Verificar el estado en el que se encuentra la estructura del banco de pruebas

**4.0.- FIRMA DEL RESPONSABLE** \_\_\_\_\_

 <b>I.T.S.A.</b>	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA ESTRUCTURA PARA EL BANCO DE PRUEBAS DE UN MOTOR RECIPROCO</b>		<b>Pág. 1 de 2</b>
			<b>Código</b> ITSA-BDPH-M3
	<b>Elaborado por:</b> Víctor Barrera		<b>Revisión N°:</b> 001
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Félix Manjares	<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>

### 1.0.- OBJETIVO:

Documentar el procedimiento de mantenimiento que se debe realizar para alargar la vida útil de los materiales que componen la estructura del banco de pruebas.

### 2.0.- ALCANCE:

Proporcionar los pasos que se deben seguir para el mantenimiento del banco de pruebas.

### 3.0.- PROCEDIMIENTO:

El mantenimiento debe ser realizado por el personal encargado de la operación del banco de pruebas.

#### 3.1. Mantenimiento preventivo

La estructura ha sido diseñada para soportar las cargas ejercidas por el empuje de la hélice por tal razón es recomendable realizar un mantenimiento preventivo de sus materiales. Los cuales podemos citarlos a continuación:

1.- La estructura debe ser limpiada periódicamente antes de proceder a la ejecución del banco de pruebas. Retirando así las capas de polvo. Como también, residuos o materiales que no pertenezcan a la estructura.

 <b>I.T.S.A.</b>	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA ESTRUCTURA PARA EL BANCO DE PRUEBAS DE UN MOTOR RECIPROCO</b>		<b>Pág.</b> 2 de 2
			<b>Código</b> ITSA-BDPH-M1
	<b>Elaborado por:</b> Víctor Barrera		<b>Revisión N°:</b> 001
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Félix Manjares	<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>

2.- Realizar la limpieza del tablero así como de las micas para poder tener una correcta visibilidad de los instrumentos como de la parte externa de la cabina

3.- Revisar las condiciones de las ruedas y percatarse de que sus rodamientos tengan suficiente grasa para su correcto desplazamiento.

4.- Realizar inspección visual de los cordones de soldadura en los puntos más críticos como es el soporte del motor.

### 3.2.- Mantenimiento correctivo

La estructura de la cabina fue diseñada en tres partes principales pensando en que si sus materiales necesitan ser reemplazados, todos sus componentes pueden removidos para poder ser cambiados con facilidad y evitar que se desperdicie el resto de la estructura.

### 4.0.- FIRMA DEL RESPONSABLE \_\_\_\_\_

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. CONCLUSIONES

Después de haber concluido con el proceso de construcción de la cabina de mando y soporte del motor Volkswagen para el banco de pruebas del avión Volksplane para los laboratorios de Mecánica-Motores del ITSA, se pudo concluir lo siguiente:

- La base, la cabina de mando y soporte del motor forman la estructura principal para la aplicación de los demás sistemas del motor Volkswagen así como para implementación de hélice.
- La información recolectada para la construcción del banco fue la correcta y útil para la elaboración de mismo.
- El Banco de pruebas se encuentra construido en base a procedimientos y normas de seguridad para la aplicación de técnicas de soldadura como la utilización correcta del material y herramienta que fue utilizada para su elaboración.
- El diseño de la estructura fue construido en base a las necesidades del banco de pruebas.
- Su estructura está construida en su totalidad de acero ASTM A36, que brindará la resistencia y garantía del funcionamiento del banco de pruebas para el motor Volkswagen que tiene su aplicación en el avión Volksplane.
- El material usado para la construcción de la cabina de mando y soporte del motor fue fácil adquirir ya que es el acero más común dentro de toda su clasificación por lo que pudo ser construido de una manera rápida y sencilla

para la implementación de los demás sistemas. El tiempo total para la construcción del banco de pruebas es de 3 meses.

- La construcción de la cabina de mando y soporte del motor se realizó en base a procedimientos y normas de seguridad investigadas en el marco teórico.
- Las pruebas y los parámetros evaluados en la estructura durante la ejecución del motor fueron satisfactorios y cumple con los requerimientos banco de pruebas.
- Con el desarrollo de esta investigación y la construcción de una unidad didáctica se trata de incentivar a la creación de prototipos que puedan ser manipulados por los estudiantes.
- Esta unidad didáctica servirá como material de apoyo tanto a los estudiantes como los docentes de la carrera de mecánica aeronáutica mención motores, para realizar procedimientos e identificar los componentes básicos con los que cuenta un motor recíproco de aviación, así como los principios básicos de su funcionamiento.
- El banco de pruebas del motor recíproco es un aporte valioso dentro de la formación técnica de los estudiantes debido a que la base del funcionamiento de los motores y turbinas de aviación están dentro de los motores recíprocos o de combustión interna.

## 4.2. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que deben ser tomadas para la construcción o implementaciones de bancos o sistemas parecidos a este trabajo deben tomarse en cuenta:

- Realice el estudio técnico de la herramienta previo a la construcción del banco.
- Se siga y se tome en cuenta las normas y los procedimientos para procesos industriales como la soldadura.
- Se tome todas las medidas de seguridad en cada uno de los procesos de construcción del banco.
- La manipulación correcta de la estructura del banco de pruebas evitando debilitar la estructura.
- Es conveniente realizar los trabajos de mantenimiento para preservar tanto la estructura como la pintura del banco de pruebas y de esta manera prolongar su uso.
- Se sugiere la creación de nuevas unidades didácticas en las que se puedan realizar trabajos y procedimientos que contribuyan a la formación teórica y práctica de los estudiantes.
- Como medida de seguridad para el banco de pruebas del motor recíproco y de la hélice y precautelando la salud de los estudiantes y docentes que operen este banco, se recomienda la implementación de una malla de seguridad para la hélice.

## GLOSARIO

- **Termoplástico:** es un plástico que, a temperatura ambiente, es plástico o deformable, se derrite cuando se calienta y se endurece en un estado vítreo cuando se enfría lo suficiente.
- **Coalescencia:** es la capacidad de dos o más materiales de unirse en un único cuerpo.
- **Quelante:** Es una sustancia que forma complejos con iones de metales pesados.
- **Empuje:** es una tensión de reacción descrita cuantitativamente por la tercera ley de Newton.
- **Propulsión:** Movimiento dado a un cuerpo al ejercer una fuerza sobre él.
- **Tensión:** Relación entre una fuerza y la unidad de sección
- **Trefilar:** Transformar en hilo o alambre [un metal] pasándolo por la hilera
- **Imprimación:** Preparación de una superficie que se ha de pintar o teñir con los ingredientes necesarios
- **Extrusión:** Es un proceso utilizado para crear objetos con sección transversal definida y fija.
- **Inmersión:** Introducción completa de una cosa o una persona en un líquido.
- **Inhibir:** Impedir o ralentizar una reacción química.
- **Pigmentación:** Formación del pigmento de la piel o de un tejido.
- **Cebado:** operación de llenar la bomba de líquido para que pueda empezar a funcionar.
- **Inclemencia:** Fenómeno atmosférico desagradable y difícil de soportar que provoca el mal tiempo.
- **Escoplo:** Herramienta de hierro acerado, de hoja plana y fuerte de sección rectangular con punta afilada y mango de madera que se golpea con un mazo; se usa para trabajar la madera o la piedra y en operaciones de huesos.
- **La dureza Rockwell o ensayo de dureza Rockwell:** es un método para determinar la dureza, es decir, la resistencia de un material a ser penetrado.

## ABREVIATURAS Y SIGLAS

- **SMAW:** Soldadura con electrodo revestido manual.
- **GMAW:** Soldadura con alambre macizo continuo bajo protección gaseosa
- **GTAW:** Soldadura con electrodo de Tungsteno bajo gas inerte.
- **GSFCAW:** Soldadura con electrodo tubular bajo protección gaseosa.
- **SSFCAW:** Soldadura con electrodo tubular auto protegido.
- **SAW:** Soldadura por arco sumergido.
- **AISI:** Instituto americano del hierro y el acero
- **ASME:** Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos

## BIBLIOGRAFÍA

### Libros

- MORALES, Diego & RIVADENEIRA, Andrés. (2007). Dimensionamiento de un Banco para Pruebas de Motores Diesel. EPN
- SHIGLEY, Joseph & MITCHELL, Larry. Diseño de ingeniería mecánica. 4ta edición.
- PYTEL, Andrew & SINGER, Ferdinand L. (1987). Resistencia de Materiales. Cuarta edición.
- STEIDEL. (1991-1992). Vibraciones Mecánicas. EPN.
- SABINO, Carlos A. (1993). Cómo hacer una Tesis. Segunda edición.

### Páginas web

- <http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura\\_por\\_arco](http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura_por_arco)
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Electrodo>
- [http://www.aga.com.ec/international/web/lg/ec/likelgagaec.nsf/DocByAlias/info\\_welding\\_electrone](http://www.aga.com.ec/international/web/lg/ec/likelgagaec.nsf/DocByAlias/info_welding_electrone)
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_aeron%C3%A1utico](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_aeron%C3%A1utico)
- <http://www.mailxmail.com/curso-soldadura-arco-manual-electrico-fundamentos/generalidades-electrodos-propiedades-seleccion>
- <http://www.allstudies.com/acero-estructural.html>
- [http://www.infra.com.mx/servicio\\_atencion/libreria/eisa/documentos/manual\\_electrodos/celulosicos.pdf](http://www.infra.com.mx/servicio_atencion/libreria/eisa/documentos/manual_electrodos/celulosicos.pdf)
- <http://www.pernosur.com/pag/torque.php>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Par\\_de\\_apriete](http://es.wikipedia.org/wiki/Par_de_apriete)
- [http://www.infra.com.mx/servicio\\_atencion/libreria/eisa/documentos/manual\\_electrodos/celulosicos.pdf](http://www.infra.com.mx/servicio_atencion/libreria/eisa/documentos/manual_electrodos/celulosicos.pdf)

**ANEXO A**  
**ANTE-PROYECTO**  
**EL PROBLEMA**

**1.1. Planteamiento del problema**

**1.1.1 Contextualización**

Los institutos de formación superior de técnicos y tecnólogos en aviación tienen la labor de formar personas capacitadas para realizar las operaciones de mantenimiento en las distintas aeronaves que poseen las empresas de aviación. El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico localizado en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi-Ecuador, es el encargado de la formación de tecnólogos con una duración de 3 años, capaces de desenvolverse en trabajos relacionados con la industria aeronáutica; tiene carreras como: Mecánica (Motores, Estructuras), Electrónica, Telemática y Logística.

Los laboratorios en los que se realizan las prácticas y la instrucción de los estudiantes para la formación de tecnólogos aeronáuticos disponen de suficiente material como unidades didácticas para motores recíprocos y de reacción, material necesario para la práctica de procesos de mantenimiento (motores y accesorios) y la herramienta adecuada.

La Carrera de Mecánica Aeronáutica – Motores consta de dos laboratorios los mismos que poseen: dos motores turbina J65, dos motores T-33, un motor PT-6 sin un banco de soporte y siete motores recíprocos de 3HP, dos motores en corte 2 y 4 cilindros, un banco de prueba para la hélice, el material y las instalaciones necesarias para realizar las prácticas pertinentes a motores; sin embargo, no posee el material necesario para realizar prácticas de motores de combustión interna alternativos, ni procedimientos de arranque, comprobación y corrida de motores y sistemas del mismo.

### **1.1.2. Análisis crítico**

Los estudiantes de la carrera de Mecánica – Motores del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico a lo largo de su formación dentro del mismo reciben materias de especialización tales como: Motores Recíprocos, Motores Turbina, Sistemas Principales del Motor, Unidad Auxiliar de Potencia, Hélices y Rotores e Inspección del Motor, las mismas que en su gran mayoría se basan en enseñanza teórica y en menor medida en la enseñanza práctica que es reforzada por 10 créditos de laboratorio de materias como Lab. Mecánica Básica, Prácticas Tutoriadas Motores Turbina I, II y 720 horas de pasantías en las distintas operadoras de aviación civiles y militares.

En una constante remodelación de los laboratorios de mecánica – motores, se ha tratado de dejar en las mejores condiciones los motores, la herramienta y los equipos que existen dentro del mismo, pero sin embargo no adquieren la funcionalidad que los mismos deberían poseer, ya que los motores no están en condiciones operativas. Por lo cual, el único trabajo que se puede realizar en ellos es de montaje y desmontaje de sus partes y realizar una inspección rápida de cómo se encuentran sus componentes internos. Los laboratorios de mecánica - motores no poseen equipos ni bancos de prueba para motores recíprocos y de reacción, es por esta razón que aun en la mayor parte de materias de instrucción técnica solo se basan en un conocimiento teórico y no práctico o demostrativo que debería ser en donde los estudiantes deberían ser más instruidos.

### **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es la solución más factible para mejorar el nivel técnico-práctico de los estudiantes en la operación de motores recíprocos dentro de los laboratorios de la carrera de Mecánica Aeronáutica – Motores?

### **1.3. Justificación e importancia**

Esta investigación se realiza con el objetivo de determinar necesidades del laboratorio de la carrera de Mecánica – Motores en cuanto a bancos de prueba de

motores, los mismos que serán de gran ayuda para la instrucción y capacitación del personal aeronáutico que el ITSA se encuentra formando.

De la misma manera los docentes que se encuentran capacitando a los estudiantes de la carrera de Mecánica - Motores, tendrán un respaldo para impartir el conocimiento teórico enfocado en lo práctico con mayor facilidad, además de resolver inquietudes que se presentan sobre la ubicación y reconocimiento de los componentes del motor.

En la capacitación e instrucción continua de los estudiantes estos podrán realizar la ejecución de trabajos, inspecciones y un sin número de procedimientos que ayudarán con el aprendizaje práctico de la especialización Mecánica – Motores, adquiriendo de esta manera el manejo y reconocimiento adecuado de las diferentes herramientas así como de los sistemas del motor; es decir, en su totalidad, mejorando el nivel de experiencia laboral.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar las posibles soluciones para mejorar el nivel técnico-práctico de los estudiantes en la operación de motores recíprocos dentro de los laboratorios de la carrera de Mecánica Aeronáutica – Motores.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Investigar las necesidades que tienen los estudiantes de Mecánica Aeronáutica – Motores en relación al uso de los laboratorios del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.
- Realizar la recolección de datos e información necesaria que contribuya a respaldar bibliográficamente a la investigación.
- Presupuestar el costo de la solución más factible y de esta manera llevarla a la implementación contribuyendo con la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores.

- Establecer las conclusiones y recomendaciones más factibles para contribuir al desarrollo práctico-técnico de los estudiantes de la carrera de mecánica aeronáutica del ITSA en lo referente a motores recíprocos de aviación.

### **1.5. Alcance**

**Temporal:** En el período académico comprendido entre septiembre del 2009 y marzo del 2010.

**Espacial:** Laboratorio de Mecánica Aeronáutica – Motores del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

**Contenido:**

**Área:** Mecánica Aeronáutica - Motores

**Aspecto:** Prácticas Motores - Recíprocos

## **MARCO TEORICO**

### **2.1. Antecedentes**

Los antecedentes que se han obtenido son el resultado de la investigación realizada durante el período Abril-Agosto del 2009 sobre “El nivel de aceptación que tienen los pasantes y tecnólogos civiles de la Carrera de Mecánica Aeronáutica mención motores del ITSA en las empresas nacionales de aviación mayor de la ciudad de Quito” (Grupo investigador 5to A, Pág. 3). De este trabajo se han tomado en cuenta recomendaciones de algunos jefes de mantenimiento y gerentes de las empresas citadas.

En la investigación realizada se demuestra que los gerentes y jefes de mantenimiento están inconformes con el desempeño de pasantes y tecnólogos del ITSA por falta de experiencia en los asuntos prácticos, y por este motivo las empresas se ven en la necesidad de dar capacitación a los pasantes y tecnólogos.

Por parte de los pasantes y tecnólogos, ellos reconocen su falta de experiencia y sugieren que el ITSA debería implementar mejores laboratorios para adquirir los conocimientos prácticos necesarios para la vida laboral.

El trabajo de indagación llega a la conclusión de que el conocimiento práctico obtenido en el ITSA es deficiente ya que se sustenta fundamentalmente en la teoría.

### **2.2. Fundamentación teórica**

#### **Centros de instrucción aeronáutica**

Los centros de entrenamiento aeronáutico en el Ecuador están sujetos a la aprobación, certificación y supervisión de La Dirección de Aviación Civil.

En la parte 142.11 se detalla sobre la aplicación para la emisión o enmienda del Certificado de Centro de Instrucción Aeronáutico y de las especificaciones técnicas de entrenamiento donde cada aplicación para obtener el Certificado de Centro de Instrucción Aeronáutico debe contener lo siguiente:

- “Una descripción de los equipos de entrenamiento (simuladores, laboratorios, equipos audiovisuales, etc.) que el solicitante se propone utilizar”.

Las unidades didácticas deben:

- “Estar disponibles para inspección y evaluación previa a la aprobación”.
- “Estar instalados y en operación en el lugar del centro de entrenamiento propuesto, antes de la emisión de un Certificado de Instrucción Aeronáutico”.

En la parte 142.79 de las RDAG habla sobre el mantenimiento de las facilidades, equipos y materiales:

- “Todo Centro de Instrucción Aeronáutico deberá mantener las facilidades, equipos y material en las mismas condiciones de cantidad y calidad en las cuales fue certificado”.
- “El Centro de Instrucción Aeronáutico, podrá realizar ajustes y mejoras en los equipos de instrucción, previo la autorización de La Dirección General de Aviación Civil”.

### **Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico**

A partir del 4 de julio de 1954 y durante 45 años consecutivos, La Fuerza Aérea Ecuatoriana, primera instancia a través de la escuela de especialidades, después con La Escuela Técnica de La Fuerza Aérea, ha venido cumpliendo con la noble tarea de formar, capacitar y profesionalizar al personal de Aerotécnicos en las diferentes especialidades de aviación.

El 8 de noviembre de 1999, mediante acuerdo ministerial No: 3237 de Ministerio de Educación Pública, Cultura y Deportes, Escuela Técnica de La Fuerza Aérea (ETFA), se transforma en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, constituyéndose en un centro académico de formación superior regido por las leyes y reglamentos correspondientes.

## **Carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Motores**

### **Objetivo de La Carrera de Mecánica**

Proporcionar al sector público y privado, empresarial e industrial, tecnólogos en el área de mantenimiento mecánico aeronáutico, con capacidad crítica y analítica, para dar solución a los problemas que se presentan en los motores, estructuras y sistemas de aeronaves militares y comerciales, a fin de mejorar la gestión de las empresas de aviación.

### **Definición de la carrera de Mecánica**

La carrera de Mecánica Aeronáutica con sus menciones en motores y aviones se define como una profesión altamente competitiva y de actualización continua que va de la mano del desarrollo tecnológico de la aeronáutica mundial, para la formación del personal técnico que labora en mantenimiento aeronáutico.

### **Laboratorios para estudio de mecánica aeronáutica**

“Un laboratorio es un lugar equipado con diversos instrumentos de medida o equipos donde se realizan experimentos o investigaciones diversas, según la rama de la ciencia a la que se dedique. También puede ser un aula o dependencia de cualquier centro docente acondicionada para el desarrollo de clases prácticas y otros trabajos relacionados con la enseñanza”.

En el caso del ITSA el laboratorio de Mecánica Aeronáutica cuenta con herramientas y equipos, bancos de transporte de motores e instalaciones

eléctricas y neumáticas para el desempeño de las prácticas en los diferentes motores con que el instituto cuenta.

Los motores con los que cuenta el Instituto son: seis motores reacción y siete motores reacción de 3Hp en los que se pueden realizar prácticas de montaje y desmontaje del motor; también consta de cinco motores en corte de reacción y dos motores recíprocos en corte, uno de dos cilindros y otro de cuatro cilindros.

El material didáctico en el Instituto no es escaso, pues se cuenta con varias maquetas, carteles de toda índole y conjuntos de accesorios para una mejor comprensión de los conocimientos teóricos impartidos por el instructor. Pero estos al ser puramente ilustrativos los docentes no pueden enseñar de modo funcional y práctico los diferentes problemas que se presentarían en un equipo completamente operativo.

Bancos de prueba e instrucción en el tema de los motores no existen en el laboratorio, estos serían de gran ayuda para los estudiantes pues podrían realizar procedimientos cotidianos en la aviación y de este modo ganarían conocimientos prácticos.

### **Motores Recíprocos**

“Los motores de combustión interna alternativos, vulgarmente conocidos como motores de explosión (gasolina) y motores diesel, son motores térmicos en los que los gases resultantes de un proceso de combustión empujan un émbolo o pistón, desplazándolo en el interior de un cilindro y haciendo girar un cigüeñal, obteniendo finalmente un movimiento de rotación”.

Se clasifican por número de ciclos que cumple el motor en:

- “Ciclo de cuatro tiempos, en los que el ciclo termodinámico se completa en cuatro carreras del émbolo y dos vueltas del cigüeñal. En estos motores, la renovación de la carga se controla mediante la apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape”.

- “Ciclo de dos tiempos, en donde el ciclo termodinámico se completa en dos carreras del émbolo y una vuelta del cigüeñal. La renovación de la carga se logra por *barrido*, al desplazar la nueva mezcla los gases de la combustión previa, sin la necesidad de válvulas, ya que es ahora el propio émbolo el que con su movimiento descubre las lumbreras de admisión y escape, regulando el proceso”.

### **Disposición constructiva**

“Las formas comunes de disposición de los cilindros son en V y en línea, con un número de cilindros variable en función de la potencia del motor. También existe la disposición en boxer ó disposición opuesta, y han existido otras configuraciones, como la disposición en "X", "H", "U" y "W", además del motor en "estrella", y una variante de éste, el motor rotativo (en el cual el cigüeñal permanece fijo y gira el bloque de cilindros entero a su alrededor), muy usado en los inicios de la aviación”.

### **Operaciones con motores recíprocos**

#### **En medición:**

- Medición de temperatura de la cabeza de los cilindros
- Medición del vacío creado por el motor
- Medición del consumo de combustible
- Medición de la presión del sistema de lubricación, sistema de combustible
- Medición de la compresión en los cilindros
- Mediciones eléctricas del sistema de generación

#### **En procesos:**

- Localización de los diferentes sistemas del motor
- Montaje y desmontaje de componentes
- Mantenimiento preventivo del motor

- Calibración del salto de la chispa de ignición
- Cálculos de cilindrada del motor
- Localización de fugas de aire, lubricante y combustible
- Detección de fallas en el sistema eléctrico
- Calibración de válvulas

## PLAN DE INVESTIGACION

### 3.1 Modalidades

El presente proyecto se cimentará en la *investigación de modo documental* porque contará con referencias bibliográficas de sitios del internet y libros de investigación técnica y científica.

Es una *investigación de campo no participante* porque se realizará en los Laboratorios de Mecánica mención Motores del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

### 3.2 Tipos de investigación

El proyecto va a estar fundamentado en un solo *tipo de investigación*, este será el No Experimental, ya que no se realizará un nuevo experimento, ni tampoco se buscará soluciones en las que se aplique los factores experimentales, por el contrario se indagará la conclusión más factible para mejorar el nivel técnico práctico de los estudiantes de la carrera de Mecánica mención Motores, partiendo de la investigación realizada y comparada con la información obtenida.

### 3.3 Niveles de investigación

El presente proyecto es una *investigación de nivel descriptivo* porque en primera instancia se realizará el análisis de un tema poco estudiado en el Instituto hasta entenderlo y describirlo. En esta investigación se utilizará la observación inmediata del área y de los elementos que caracterizan al objeto que va a ser investigado; es decir, las posibles soluciones para mejorar el nivel técnico práctico de los estudiantes en la operación de motores dentro de los laboratorios de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA.

En una segunda instancia de la investigación se dará a conocer las causas por las cuales el nivel técnico práctico de los estudiantes de la carrera de Mecánica mención Motores es deficiente.

Como último paso se realizará una comparación entre los resultados de la investigación y toda la información adquirida.

### **3.4 Universo, población y muestra**

#### **Universo**

El universo se puede definir como la totalidad de los casos del estudio; es decir, en nuestra investigación la generalidad de todos los estudiantes del ITSA que se encuentran actualmente cursando las diferentes carreras.

#### **Población**

La población se define como el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones. Para este proyecto, la población es de ciento treinta y ocho personas entre estudiantes del tercero, cuarto, quinto y sexto nivel, de la carrera de mecánica mención motores a partir del período Septiembre 2009 – Febrero 2010.

#### **Muestra**

La muestra se define como el desagregado de la población. El muestreo es la actividad para la selección de la muestra; es un método para juzgar la calidad de un conjunto. Entonces la muestra es solo una parte de la población, la misma que se recopilará a través de una Encuesta.

Una vez determinada la población se extraerá la muestra, para lo cual se aplicará la fórmula con un margen de error estándar admisible del 5%.

### Fórmula:

$$n = \frac{m}{e^2 (m-1) + 1}$$

$$n = \frac{138}{(0.05)^2 (138-1) + 1}$$

$$n = \frac{138}{(0.0025) (137)+1}$$

$$n = \frac{138}{1.3425}$$

$$n \approx 102.79$$

$$n \approx 103$$

#### Simbología:

**n**= Tamaño de la muestra

**m**= Tamaño de la población

**e**= Error estándar admisible (5%)

### 3.5 Recolección de datos

Para lograr reunir la cantidad suficiente de información en este caso se aplicará la técnica de la entrevista al Director, Subdirector y tres docentes de la carrera y una encuesta para los señores estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica mención Motores del ITSA.

### 3.6 Técnicas de Investigación

Las técnicas de investigación que se utilizarán son la entrevista y la encuesta.

Con la encuesta se tratará de obtener datos de los estudiantes de mecánica, cuyas opiniones serán fundamentales para el análisis de la información recolectada; para ello, se utilizará un listado de preguntas escritas. La ventaja de la encuesta es su versatilidad o capacidad para recoger datos sobre una amplia gama de necesidades de información para la investigación. En este proyecto se aplicará la encuesta con dos modalidades de preguntas: abiertas, que dan

completa libertad al interrogado para que responda; y cerradas, que limitan las posibilidades de respuestas donde se puede ofrecer dos o más posibilidades.

La entrevista es un reporte verbal de una persona con el fin de obtener información primaria acerca de experiencias a las cuales ha estado expuesta, que generalmente el entrevistado hace cara a cara con el entrevistador. Nuestra entrevista será personal y se presentará estructurada, estará compuesta básicamente por preguntas de tipo abierto o libre para alcanzar una información mucho más profunda.

### **3.7 Análisis e interpretación**

El análisis e interpretación de la información recolectada se basará en estadísticas descriptivas (promedios, desviaciones, rangos, porcentajes, frecuencias), tablas de doble entrada y gráficos.

### **3.8 Conclusiones y recomendaciones**

Las conclusiones y recomendaciones se darán en base a los resultados que se obtendrán del análisis de las encuestas, entrevistas y la observación del laboratorio de la carrera de Mecánica.

## EJECUCIÓN DEL PLAN DE INVESTIGACIÓN

### 4.1 Modalidades

La modalidad que se empleó fue *documental* porque cuenta con referencias bibliográficas de sitios del internet, en las que se consiguió información de las RDAC (Regulaciones de la Dirección de Aviación Civil), con respecto a las Escuelas Técnicas de Aviación; también se encontró información sobre la carrera de Mecánica Aeronáutica Mención motores, así como también se obtuvo información de un proyecto realizado en el período académico abril – agosto 2009.

Fue una *investigación de laboratorio* porque se realizó una visita a los Laboratorios de Mecánica mención motores del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, para constatar el aspecto físico y el contenido de los mismos que presenta en la actualidad.

### 4.2 Tipos de investigación

El tipo de investigación que se fundamentó durante este proyecto fue del tipo No Experimental, ya que no se realizó un nuevo experimento, ni tampoco se buscó soluciones en las que se aplique los factores experimentales; por el contrario, se indagó la conclusión más factible para mejorar el nivel técnico práctico de los estudiantes de la carrera de Mecánica mención Motores, partiendo de la investigación realizada y comparada con la información obtenida.

### 4.3 Niveles de investigación

El presente proyecto fue una *investigación de tipo descriptivo* porque se utilizó la observación inmediata del área y de los elementos que caracterizan al objeto investigado; es decir, se estudió el problema hasta llegar a encontrar posibles soluciones para mejorar el nivel técnico-práctico de los estudiantes en la operación de motores dentro de los laboratorios.

Se describieron las diferentes causas por las cuales el nivel técnico-práctico de los estudiantes de la carrera de Mecánica es deficiente, es decir, por medio de este nivel se pudo definir las características y condiciones de los laboratorios que posee en la actualidad el Instituto.

Todos los resultados que se obtuvieron durante la investigación más la información que se adquirió por los diferentes mecanismos de la investigación eran necesarios compararlos para obtener las conclusiones y recomendaciones acertadas o acordes al tema que propuso el grupo investigador.

### **4.3 Universo, población y muestra**

#### **Universo**

El universo se puede definir como la totalidad de los casos del estudio, es decir en nuestra investigación la generalidad de todos los estudiantes del ITSA que se encuentran actualmente cursando las diferentes carreras.

#### **Población**

La población fue definida como el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones. Para este proyecto la población es de ciento tres personas entre estudiantes de cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica mención Motores a partir del período septiembre 2009 – febrero 2010.

#### **Muestra**

La muestra fue definida como el desagregado de la población. El muestreo fue la actividad para la selección de la muestra; fue un método para juzgar la calidad de un conjunto. Entonces la muestra fue solo una parte de la población.

Definida la unidad del análisis de la población se extrajo la muestra para lo cual se aplicó la fórmula con un margen de error estándar admisible del 5%.

Una vez conocido el número de la muestra que en este caso fue de ciento tres estudiantes, se procedió a seleccionar a las mismas, tomando en cuenta la selección probabilística aleatoria, dando la oportunidad a toda la población de ser elegida; a los que se les aplicó los instrumentos de investigación para la recolección de información (encuestas y entrevistas) y los resultados obtenidos sirvió para generalizar la información.

#### **4.4 Recolección de datos**

Para lograr reunir la cantidad suficiente de información en este caso se aplicó la técnica de la entrevista al Director, Subdirector y tres docentes de la carrera y una encuesta para los señores estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica mención Motores del ITSA.

#### **4.5 Técnicas de investigación**

Las técnicas de investigación que se utilizó fueron la entrevista y la encuesta.

En este proyecto se aplicó la encuesta con dos modalidades de preguntas: abiertas, que dio completa libertad al interrogado para que responda; y cerradas, que limitó las posibilidades de respuestas donde se puede ofrecer dos o más posibilidades. Se obtuvo datos e información de la muestra de estudiantes en la cual sus opiniones tuvieron mucha importancia.

Las entrevistas fueron de forma personal y estuvieron compuestas básicamente por preguntas de tipo abierto o libre y se alcanzó a obtener información profunda del tema.

## **4.6 Análisis e interpretación**

### **Análisis de la observación de campo**

El análisis realizado sobre la observación directa respecto a los Laboratorios de Motores de la Carrera de Mecánica se puede determinar que los laboratorios constan unidades didácticas tales como: cinco motores reacción, siete motores recíprocos en condiciones operables, tres motores reacción y dos motores recíprocos seccionados, 26 componentes seccionados del motor Rolls Royce, como también 70 carteles ilustrativos de los sistema del motor, dos cuadros de muestra (rulimanes y tipos de manguera), dos maquetas eléctricas demostrativas y un sistema demostrativo del sistema de lubricación. También se puede tomar en cuenta que el espacio físico y la infraestructura están en las mejores condiciones.

**Análisis e interpretación de las entrevistas realizadas a los Señores Director, Subdirector y docentes de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención motores.**

#### **Datos Informativos:**

Entrevistado: Ing. Trujillo Guillermo

Cargo que ocupa: Director de la Carrera de Mecánica

#### **1. Según su experiencia ¿Cuál cree Usted que sea la importancia del Laboratorio de Mecánica Aeronáutica mención Motores dentro de la capacitación técnica de los estudiantes del ITSA?**

Por experiencia se que conocimientos sin práctica, no hay aprendizaje significativo, esa es la única conclusión que yo les puedo decir.

El aprendizaje se retiene en un 90% siempre y cuando haya práctica, si sólo es teórico un 30% o 20%.

**2. ¿Qué tareas prácticas cree Usted que se pueden desarrollar con las unidades didácticas que actualmente posee el laboratorio de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA?**

Mientras exista un proceso definido se puede desarrollar diferentes actividades como desarmar los motores; como están dados de baja no hay ningún problema, se desarman para adquirir destrezas, ya que en aviación es muy difícil desarmar los motores si no se está autorizado.

**3. Según las respuestas antes mencionadas ¿Cuáles cree Usted que sean las necesidades más indispensables en los Laboratorios y Talleres de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA?**

En los talleres, principalmente modernizar la flota de motores y rehabilitar ciertas partes de los equipos de apoyo de los motores; necesitamos herramientas y tener los procesos definidos, además necesitamos de personal capacitando para cumplir procesos.

**4. Cree Usted que la implementación de unidades didácticas ayudarán al desarrollo profesional de los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores.**

Sí, siempre y cuando vayan en coordinación con los procesos para llegar a cumplir un objetivo verdadero.

## **Datos informativos:**

Entrevistado: Sgto. Primero Vallejo Castillo William

Cargo que Ocupa: Sub. Director de la Carrera de Mecánica

**1. Según su experiencia ¿Cuál cree Usted que sea la importancia del Laboratorio de Mecánica Aeronáutica mención Motores dentro de la capacitación técnica de los estudiantes del ITSA?**

Es importante para que los estudiantes puedan hacer sus prácticas y que aprendan destrezas dentro de lo que es la aviación.

**2. Conoce Usted ¿Cuáles son las unidades didácticas que poseen los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores?**

Sí, tenemos motores que son el J85, J33, motores PT6, tenemos motores recíprocos.

**3. ¿Qué tareas prácticas cree Usted que se pueden desarrollar con las unidades didácticas que actualmente posee el Laboratorio de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA?**

Prácticas en los motores; montaje y desmontaje de los accesorios de los motores y componentes de los motores para que los estudiantes adquieran destrezas.

**4. Según las respuestas antes mencionadas ¿Cuáles cree Usted que sean las necesidades más indispensables en los Laboratorios y Talleres de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA?**

La adquisición de motores modernos, en este caso de un motor JT8D motores actuales y herramientas especiales para ese tipo de motores.

**5. ¿De qué manera influye la falta de unidades didácticas en los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA para la capacitación técnica de los estudiantes?**

Influye de modo que el estudiante pierde interés en la materia, tendría más interés con lo práctico de los motores.

**6. Cree Usted que la implementación de unidades didácticas ayudarán al desarrollo profesional de los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores.**

Sí, porque los estudiantes adquieren habilidades para su desempeño en las compañías.

**Datos Informativos:**

Entrevistado: Capitán Pablo Donoso

Cargo que ocupa: Profesor de la materia de motores recíprocos

**1. Según su experiencia ¿Cuál cree Usted que sea la importancia del Laboratorio de Mecánica Aeronáutica mención Motores dentro de la capacitación técnica de los estudiantes del ITSA?**

Tener un Laboratorio de Motores es de gran importancia para la capacitación técnica de los estudiantes puesto que el laboratorio no cuenta con nada para una buena instrucción técnica en lo que se refiere a motores. Por ende, la implementación del laboratorio ayudaría mucho para una mejor enseñanza en el ITSA.

**2. Conoce Usted ¿Cuáles son las unidades didácticas que posee los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores?**

Actualmente el Laboratorio de Mecánica Aeronáutica mención Motores tan solo cuenta con motores de 3 HP para la instrucción técnica de los estudiantes.

**3. ¿Qué tareas prácticas cree Usted que se pueden desarrollar con las unidades didácticas que actualmente posee el Laboratorio de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA?**

Con las unidades didácticas que el Laboratorio de Mecánica Aeronáutica ITSA posee actualmente no se pueden realizar muchas tareas prácticas puesto que tan solo existe un motor seccionado que no funciona de manera eficiente y no es de mucha ayuda para realizar prácticas en el mismo.

**4. Según las respuestas antes mencionadas ¿Cuáles cree Usted que sean las necesidades más indispensables en los Laboratorios y Talleres de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA?**

Las necesidades más indispensables dentro de los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica son maquetas y partes seccionadas; debe existir un motor en el que todos sus elementos funcionen, además debe contar con repuestos y manuales para poder dar un continuo mantenimiento.

**5. ¿De qué manera influye la falta de unidades didácticas en los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA para la capacitación técnica de los estudiantes?**

Influye mucho ya que los estudiantes salen con un alto nivel teórico pero un bajo nivel práctico; esto quiere decir que no tienen la suficiente experiencia para desenvolverse en su campo laboral. Además, al existir componentes reales hace que la capacidad de retención sea mayor.

**6. Cree Usted que la implementación de unidades didácticas ayudarán al desarrollo profesional de los estudiantes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores.**

Si absolutamente por todo lo antes mencionado.

**Datos Informativos:**

Entrevistado: Sub. Primero Marcelo H. Muñoz T.

Cargo que ocupa: Profesor de la materia de inspección de motores

**1. Según su experiencia ¿Cuál cree Usted, que sea la importancia del Laboratorio de Mecánica Aeronáutica mención Motores dentro de la capacitación técnica de los estudiantes del ITSA?**

Según mi experiencia del Laboratorio de Mecánica Aeronáutica tiene mucha importancia porque el alumno visualiza lo que teóricamente recibe en clase y así tiene una visión más clara y real de lo que es un motor de aviación.

**2. Conoce Usted ¿Cuáles son las unidades didácticas que posee los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores?**

Verdaderamente yo no he visitado los Laboratorios de Mecánica del ITSA y por esa razón desconozco cuales son los unidades didácticas con los que cuenta. Pero una vez que estuve por allí observe que tienen bancos de prueba, pero aparentemente estos ya están pasando de desuso, deberían tener equipos con tecnología más avanzada como los aviones de tercera y cuarta generación.

- 3. ¿Qué tareas prácticas cree Usted que se pueden desarrollar con las unidades didácticas que actualmente posee el Laboratorio de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA?**

Las estrategias que pueden desarrollar es de que el banco o la maqueta debe ser en lo posible real para que el alumno vea el proceso real del funcionamiento del motor.

- 4. Según las respuestas antes mencionadas ¿Cuáles cree Usted que sean las necesidades más indispensables en los Laboratorios y Talleres de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA?**

Lo más indispensable son maquetas de todos los sistemas que se les da de todo el motor de todas las ATAS y de todos los sistemas que el motor ofrece o que el motor desarrolla para el funcionamiento de todos los sistemas básicos del avión.

- 5. ¿De qué manera influye la falta de unidades didácticas en los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA para la capacitación técnica de los estudiantes?**

No tenemos unidades didácticas porque la capacidad de los estudiantes se queda a medias ya que lo mejor ahora es el entrenamiento visual y práctico porque pueden observar como fluyen los elementos, los fluidos y presiones neumáticas; el alumno va estar más real en los conceptos que tiene el motor

- 6. Cree Usted que la implementación de unidades didácticas ayudarán al desarrollo profesional de los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores.**

Yo pienso que el alumno egresado de aquí es un tecnólogo, es un elemento que ya está a nivel superior, él ya debe saber cómo son todos los funcionamientos tanto del motor como del avión para que no sea tan solo un

profesional teórico, sino que sea un elemento real que sabe como en verdad funcionan los sistemas de un motor.

**Datos Informativos:**

Entrevistado:            Tecnólogo Paredes Andrés

Cargo que ocupa:      Profesor de la materia de motores turbina

**1. Según su experiencia ¿Cuál cree Usted que sea la importancia del Laboratorio de Mecánica Aeronáutica mención Motores dentro de la capacitación técnica de los estudiantes del ITSA?**

Es de vital importancia ya que es el nexo directo que tienen los estudiantes para familiarizarse con los materiales, componentes y herramientas aeronáuticos.

**2. Conoce Usted ¿Cuáles son las unidades didácticas que posee los laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores?**

Unidades didácticas que conozco son motores jet, motores recíprocos, maquetas de sistemas hidráulicos, carteles y gráficos.

**3. ¿Qué tareas prácticas cree Usted que se pueden desarrollar con las unidades didácticas que actualmente posee el laboratorio de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA?**

Se pueden realizar tareas que permitan los elementos existentes actualmente y que en algunos casos creo que no son suficientes para afianzar los conocimientos teóricos.

**4. Según las respuestas antes mencionadas ¿Cuáles cree Usted que sean las necesidades más indispensables en los laboratorios y talleres de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA?**

Desde mi punto de vista creo esencial la implementación de materiales didácticos operativos y funcionales, sobre todo apegados a la realidad donde los estudiantes puedan realizar tareas de mantenimiento y trabajos más completos similares a los que realizarán en sus futuros puestos de trabajo.

**5. ¿De qué manera influye la falta de unidades didácticas en los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA para la capacitación técnica de los estudiantes?**

En que los estudiantes salen con falta de práctica en el manejo de herramientas y órdenes de trabajo que son de uso obligatorio en los puestos de trabajo de aviación civil mundial.

**6. Cree Usted que la implementación de unidades didácticas ayudarán al desarrollo profesional de los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores.**

Desde luego que serán ayudas sumamente importantes por todas las razones que expuse anteriormente.

**Análisis de las entrevistas**

Las entrevistas realizadas al Director de carrera y docentes de la Carrera de Mecánica, obtuvo resultados que contribuyen con la investigación, tal es el caso que los entrevistados coinciden en que el Laboratorio de Mecánica en la sección de motores es muy importante para la capacitación y aprendizaje de los estudiantes.

Se da de manifiesto que los entrevistados sí conocen varios elementos de instrucción que existen en el Instituto, aunque difieren en la efectividad que tienen las unidades didácticas en el proceso de enseñanza.

Uno de los puntos más relevantes es que influye en gran medida la falta de unidades didácticas en la preparación profesional de los estudiantes. Es indispensable la implementación de unidades didácticas para la capacitación y el mejoramiento del conocimiento técnico de los estudiantes.

**Análisis e Interpretación de las encuestas realizadas a los estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores.**

**Encuestas de los estudiantes**

**PREGUNTA # 1**

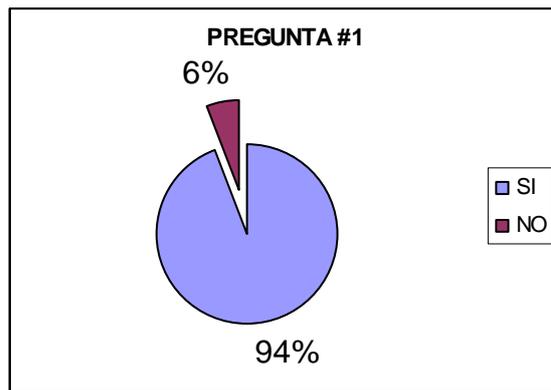
¿Cree Usted que con la implementación de un Banco de Pruebas en los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores ayudará a mejorar el nivel técnico práctico de los estudiantes en la operación de los motores?

Tabla 1: Tabulación pregunta 1.

<b>VALORACIÓN</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
SI	97	94.17%
NO	6	5.83%
<b>TOTAL</b>	103	100,00%

Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador



Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICO 1. Pregunta 1

### **Análisis e interpretación**

Con relación a la pregunta se desprende que 97 personas que corresponden al 94.17% dicen que SI, mientras que apenas 6 personas que corresponden al 5.83% dicen que NO.

De los datos registrados se deduce que un número considerable de personas se encuentran de acuerdo con la implementación de un Banco de Pruebas en los Laboratorios de la Carrera de Mecánica, el mismo que ayudará a mejorar el nivel técnico práctico de los estudiantes en la operación de los motores.

**Nota:** A partir de la siguiente pregunta serán tomadas en cuenta 97 encuestas como el 100%, ya que 6 fueron eliminadas por la pregunta 1.

### **PREGUNTA # 2**

¿Cuál de las siguientes opciones cree usted que el ITSA necesita para mejorar la enseñanza técnica-práctica de los estudiantes de Mecánica Aeronáutica en el área de Motores?, Señale una de ellas.

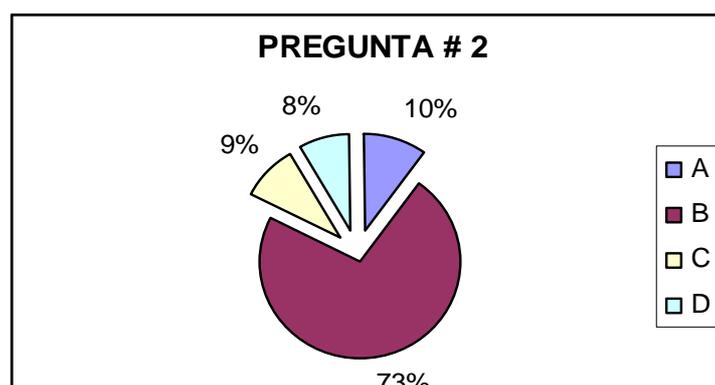
Tabla 2: Tabulación pregunta 2.

VALORACION	FRECUENCIA	PORCENTAJE
A	10	10,30%
B	70	72,17%
C	9	9,28%
D	8	8,25%
<b>TOTAL</b>	97	100%

Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador

**Nota:** Siendo el literal d) como pregunta anulada por que tenía dos respuestas.



Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICO 2. Pregunta 2.

### Análisis e interpretación

Del 100% de encuestados tenemos que el 73% opinaron que sí es necesario la construcción de un Banco de Pruebas para mejorar la enseñanza técnica-práctica de los estudiantes de la Carrera Mecánica Aeronáutica, el 10% optó por la construcción de la maqueta, el 9% opinó que es necesario un software ilustrativo y un 8 % de los encuestados indicaron dos respuestas, por lo que la pregunta quedó anulada.

### PREGUNTA # 3

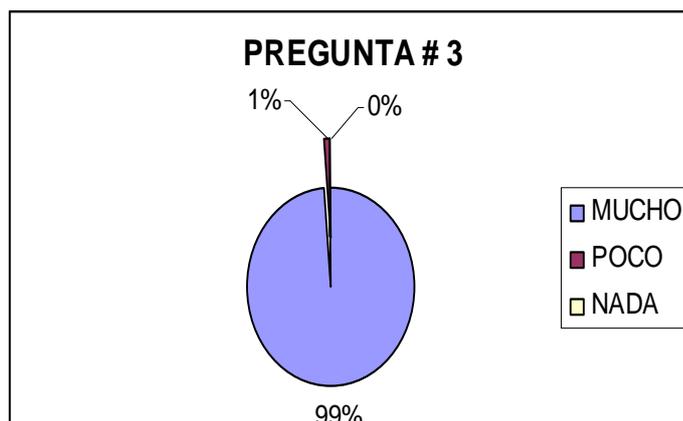
¿En qué medida cree Usted que ayudará el mejoramiento de los laboratorios en su nivel técnico-práctico?

Tabla 3: Tabulación pregunta 3.

VALORACION	FRECUENCIA	PORCENTAJE
MUCHO	96	98,96%
POCO	1	1,04%
NADA	0	0,00%
<b>TOTAL</b>	<b>97</b>	<b>100%</b>

Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador



Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICO 3. Pregunta 3.

### Análisis e interpretación

Del 100% de encuestados tenemos como resultado que el 99% piensa que el mejoramiento de los laboratorios ayudará mucho al buen desempeño y nivel técnico-práctico de los estudiantes de Mecánica Aeronáutica.

Apenas el 1% de los encuestados dice que el mejoramiento de los laboratorios del Instituto ayudará poco en el nivel técnico-práctico de los estudiantes.

#### PREGUNTA # 4

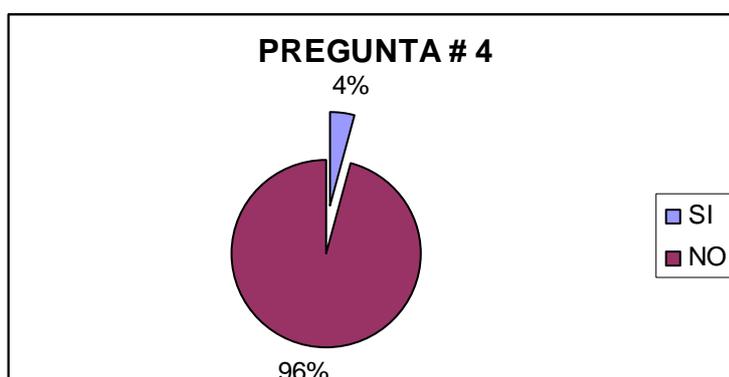
¿Está Usted conforme con los laboratorios actuales que posee el Instituto?

Tabla 4: Tabulación pregunta 4.

VALORACION	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	4	4,12%
NO	93	95,88%
<b>TOTAL</b>	<b>97</b>	<b>100%</b>

Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador



Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICO 4. Pregunta 4.

#### Análisis e interpretación

Del 100% de estudiantes encuestados tenemos que el 4% sí se encuentran conformes con los laboratorios que posee el Instituto en la actualidad, y el 96% de los encuestados no se encuentran en conformidad con los laboratorios actuales

de el Instituto, ya que la mayoría de estos manifiesta que no cuenta con el material adecuado para su formación como tecnólogos de la carrera de Mecánica Aeronáutica.

### PREGUNTA # 5

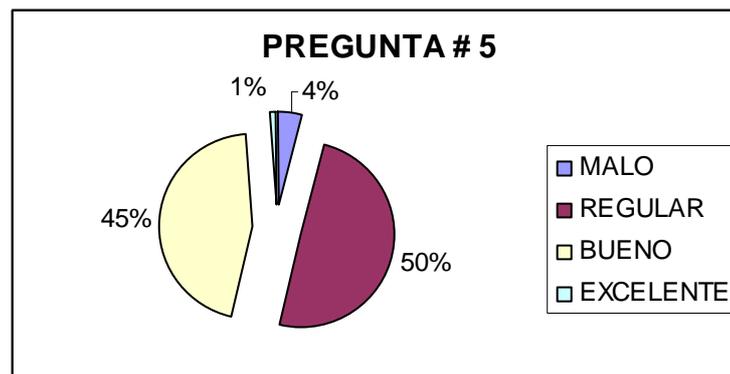
¿Cuál cree Usted que es el nivel técnico-práctico que los estudiantes tienen al egresar del Instituto?

Tabla 5: Tabulación pregunta 5.

VALORACION	FRECUENCIA	PORCENTAJE
MALO	4	4,12%
REGULAR	48	49,48%
BUENO	44	45,36%
EXCELENTE	1	1,04%
TOTAL	97	100%

Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador



Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICO 5. Pregunta 5.

## Análisis e interpretación

Con relación a la pregunta se desprende los siguientes resultados; del 100% de los estudiantes encuestados tenemos que el 4% dice que el nivel técnico-práctico de los estudiantes al egresar del Instituto es malo, el 50% dice que el nivel de los estudiantes al egresar del Instituto es regular, el 45% expresa que el nivel de los egresados es bueno y apenas el 1% de los encuestados dice que el nivel de los egresados del Instituto es excelente.

### PREGUNTA # 6

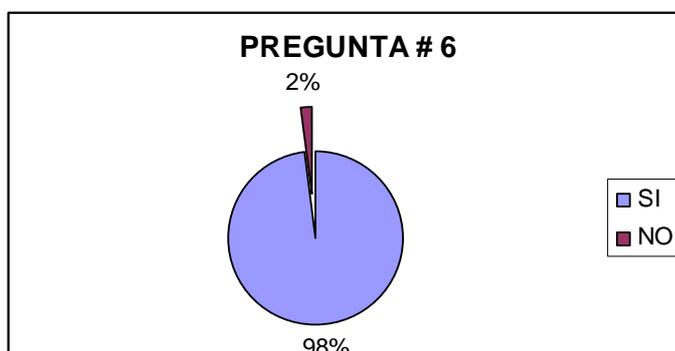
¿Está Usted de acuerdo con la idea de tener Bancos de Pruebas en los que pueda realizar actividades como corrida de motores?

Tabla 6: Tabulación pregunta 6.

VALORACION	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	95	97,93%
NO	2	2,07%
<b>TOTAL</b>	97	100%

Fuente: Alumnos de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador



Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICO 6. Pregunta 6.

## **Análisis e interpretación**

Del total de los estudiantes encuestados tenemos como resultado que el 98% de los estudiantes se encuentran de acuerdo con la pregunta; es decir, están de parte de la idea de tener Bancos de Prueba en los que puedan realizar diferentes actividades como corrida de motores y el 2% de los encuestados no se encuentran de acuerdo con la idea de tener Bancos de Prueba en los laboratorios que les permita realizar diferentes actividades en las que pueden ganar experiencia práctica.

### **PREGUNTA # 7**

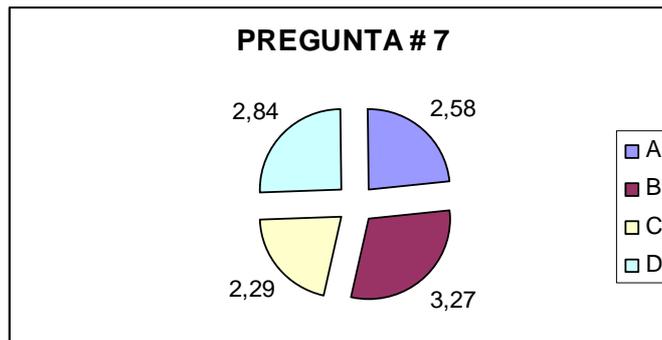
De acuerdo a su criterio ponga el grado de importancia siendo 4 el número de mayor importancia y el 1 el número de menor importancia, los implementos que deberían existir en el laboratorio de mecánica.

Tabla 7. Tabulación pregunta 7.

<b>VALORACION</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>TOTAL</b>	<b>PROMEDIO</b>
A	91	250	2,58
B	91	318	3,27
C	91	222	2,29
D	91	275	2,84
MAL	6		

Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador



Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICO 7. Pregunta 7.

### Análisis e interpretación

De acuerdo al criterio de los estudiantes encuestados y después de realizar un promedio de las valoraciones de cada una de las opciones, además de haber excluido las respuestas equivocadas, se obtuvo los siguientes grados de importancia: para las Hélices una importancia de 2.58; Bancos de Motores Recíprocos con Hélices un valor de 3.27; para las Cajas de reducción un valor de 2.29 y los Bancos de motores recíprocos un valor de 2.84, recordando que el número 4 es de mayor importancia y 1 de menor importancia.

### PREGUNTA # 8

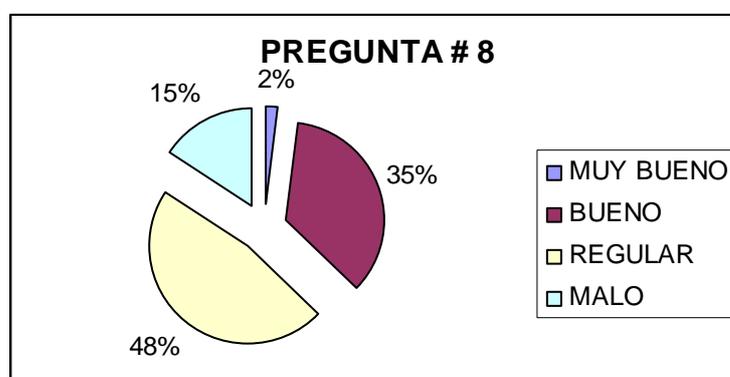
¿Cómo califica el nivel de enseñanza que posee el Instituto en la actualidad en la práctica de un Motor Recíproco con Hélice?

Tabla 8: Tabulación pregunta 8.

VALORACION	FRECUENCIA	PORCENTAJE
MUY BUENO	2	2,06%
BUENO	34	35,05%
REGULAR	46	47,42%
MALO	15	15,47%
<b>TOTAL</b>	<b>97</b>	<b>100%</b>

Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador



Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICO 8. Pregunta 8.

### Análisis e interpretación

Del 100% de estudiantes encuestados tenemos que el 2% califica de manera Muy Buena el nivel de enseñanza del Instituto en la práctica de un motor recíproco con hélice, el 15% califica como Malo el nivel de enseñanza, el 35% opina que el nivel de enseñanza actual del Instituto es bueno, pero el 48% de los encuestados que representan la mayoría califica que el nivel de enseñanza del Instituto de la carrera de Mecánica Aeronáutica en la práctica de un motor recíproco con hélice es regular.

## PREGUNTA # 9

¿Cree Usted que las autoridades del Instituto deberían dar importancia a las necesidades que existen en los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores?

Tabla 9: Tabulación Pregunta 9

VALORACION	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	97	100%
NO	0	0%
<b>TOTAL</b>	97	100%

Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador



Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICO 9

### Análisis e interpretación

Con relación a la pregunta se desprende que 97 estudiantes que corresponde al 100,00% dicen que SI mientras que ningún alumno que corresponden al 0% dicen que NO.

De los datos registrados se deduce que la totalidad de los estudiantes están conformes con que las autoridades deberían dar mucha importancia a las necesidades que existen en los laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención motores.

### PREGUNTA # 10

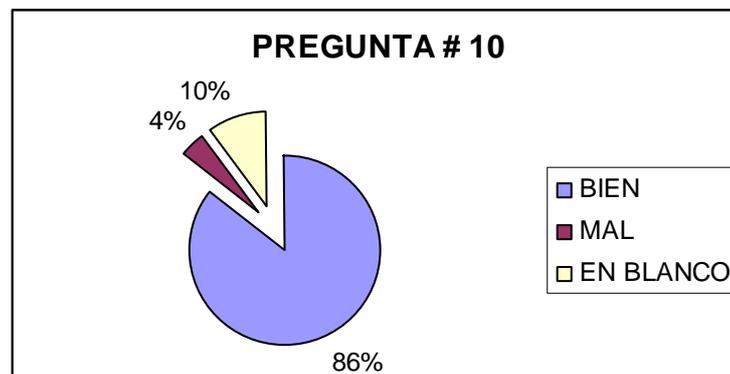
¿Cuáles son los ciclos o fases de funcionamiento de un motor recíproco?

Tabla 10: Tabulación pregunta 10.

VALORACION	FRECUENCIA	PORCENTAJE
BIEN	83	85,56%
MAL	4	4,12%
EN BLANCO	10	10,32%
<b>TOTAL</b>	<b>97</b>	<b>100%</b>

Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador



Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICO 10. Pregunta 10.

## **Análisis e interpretación**

Del 100% de estudiantes encuestados tenemos que el 4% responde de manera errónea la pregunta, hay que aclarar que en este resultado se tomaron en cuenta las preguntas que estaba incompletas, el 10% de los estudiantes encuestados dejó la pregunta en blanco y el 86% de los estudiantes encuestados, que en este caso representan la mayoría, respondieron de forma correcta.

## **Análisis de las encuestas**

De acuerdo a los resultados que arrojó la encuesta y a un análisis detallado de cada pregunta, el grupo investigador se pudo dar cuenta de las diferentes necesidades que presentan los estudiantes de la carrera de Mecánica mención Motores, de este modo la encuesta fue un punto muy favorable ya que le permite al grupo investigador analizar la solución más factible para mejorar el nivel técnico-práctico de los estudiantes en la operación de motores dentro de los laboratorios de la carrera.

Esta encuesta se realizó de una manera ordenada dividiéndola según los diferentes niveles y paralelos; sin embargo, se presentaron pequeños problemas en los que se pudo ver en un número muy reducido, la inmadurez de algunos estudiantes del grupo de muestreo, que se limitaron a no contestar la encuesta, así como también de llenar de manera errónea algunas de las preguntas de la encuesta aplicada.

## 4.7 Conclusiones y recomendaciones

### Conclusiones

Después de haber concluido con el proceso de investigación realizado al laboratorio de la carrera de Mecánica – Motores, se puede concluir lo siguiente:

- Los laboratorios poseen falencias tanto en el área administrativa como en las unidades didácticas que éste posee. Debido al mal empleo y descuido de los estudiantes, como de la irresponsabilidad de quien está a cargo de la herramienta y el control de los motores.
- No se han implementado manuales de operación para los equipos, herramientas y motores del laboratorio de mecánica. Los mismos que no favorecen a la capacitación técnica de los estudiantes.
- El laboratorio no posee elementos actualizados de acuerdo con el al conocimiento teórico que es impartido a los estudiantes en las aulas.
- No existen unidades didácticas en donde se pueda realizar demostraciones funcionales de los diferentes sistemas que poseen los motores recíprocos y reacción.
- El desconocimiento por parte de los estudiantes en lo que respecta al reconocimiento y ubicación real de los elementos, equipos y sistemas del motor.

## Recomendaciones

El grupo investigador recomienda al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico Carrera Mecánica Motores, lo siguiente:

- Debe realizarse un inventario de la herramienta y de cada uno de los componentes que poseen los motores que actualmente pernotan en el Laboratorio de Mecánica - Motores y establecer un control más estricto en cuanto al préstamo y manipulación de herramienta y los motores.
- Es conveniente la elaboración de manuales de operación de herramienta, equipos y motores que apoyen con el desenvolvimiento técnico que los estudiantes realizan en el uso de los mismos.
- Se recomienda la adquisición de motores de tercera y cuarta generación como el motor JT8D del avión Boeing 727 que tengan sistemas y equipos acordes con lo impartido en el aula.
- Es de gran importancia la implementación de un banco de prueba de un motor recíproco donde se pueda realizar operaciones y mantenimiento, procesos que van acorde con la capacitación técnica de los estudiantes.
- Se sugiere la construcción de maquetas de los diferentes sistemas del motor, diagramas de ubicación de los distintos elementos, componentes y motores en corte, para el análisis real de cada una de ellas.
- Incentivar a los estudiantes de la carrera de Mecánica - Motores al desarrollo y construcción de Bancos de Prueba que contribuyan con el aprendizaje técnico-práctico en el área de motores.

## **MARCO ADMINISTRATIVO**

### **5.1 Factibilidad**

#### **5.1.1 Técnica**

Es técnicamente factible ya que se fundamentará en los conocimientos adquiridos durante el período de formación académica de los estudiantes. El diseño y la construcción de la cabina de mando y soporte para el motor recíproco poseerá cálculos sobre la resistencia de los materiales que serán utilizados, diagramas para la construcción y esquematización de la estructura que esté posea con los que se demostrara la factibilidad del proyecto. La herramienta con la cual cuenta el Laboratorio de Mecánica - Motores es la necesaria para la construcción he implementación de la cabina y soporte para el Banco de Pruebas para el motor recíproco. Como respaldo se utilizará como referencia de un diseño parecido realizado por La Universidad Broward Community Collage, Aviation Institute en el cual se apoyará para el diseño y construcción del banco de Prueba.

#### **5.1.2 Operacional**

Este proyecto servirá de apoyo a los estudiantes en el aprendizaje práctico, y a la vez servirá como material de instrucción para los profesores permitiendo así mejorar la calidad en la formación de los tecnólogos de Mecánica Aeronáutica del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico fortaleciendo su competitividad.

La cabina de mando y el soporte para el motor recíproco servirá como base para la construcción e implementación de los sistemas del motor recíproco que este posea. Este tendrá la resistencia necesaria para soportar las cargas que el motor recíproco genere.

### **5.1.3 Económico**

Este proyecto es económicamente factible de realizar ya que consta por un grupo investigador constituido por cuatro estudiantes de la carrera de Mecánica – Motores estarán en la capacidad económica de realizar la adquisición del motor recíproco valorado en 800 dólares por lo cual se dividiría en un monto de 200 dólares por cada integrante del mismo. Sin embargo la inversión para cada uno de los sistemas dependerá de cada uno de los integrantes.

Para este proyecto la inversión esta valorada en 935 dólares, los mismos que se distribuirán para la construcción tanto de la cabina de mando como para el soporte del motor recíproco, monto en el cual ya consta la inversión que fue establecida para la adquisición del motor recíproco. La totalidad de los gastos están en la posibilidad económica del investigador.

## **5.2 Recursos**

### **5.2.1 Humano**

#### **Tutor:**

Tecnólogo Andrés Paredes M.

#### **Investigador:**

Construcción Cabina de Mando Y soporte del Motor

Víctor Barrera

### **5.2.2 Técnico**

Se utilizara material como:

- Calibrador pie de rey
- Flexómetro
- Programa de diseño Autocad
- Internet
- Computador
- Manuales sobre procesos Industriales
- Tablas de resistencia de materiales

### **5.2.3 Material**

Se utilizará material como:

- Motor recíproco de 4 cilindros, volkswagen 1600 c.c.
- Tubos de acero estructural
- Laminas de acero
- Electrodo
- Acrílico
- Pintura
- Macilla
- Pernos
- Remaches

## 5.2.4 Económico

### Cabina de mando y soporte del motor

<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Precio</b>
Motor 4 cilindros	1	200	200
Tubo de acero A36 2"x1"	4	28	112
Barra de acero A36 de 1"	2	37	74
Electrodos E6011	4kg	6	24
Lamina de acero superficie antideslizante	1	95	95
Lamina de acero 0,90mm	2	25	50
Acrílico 2m x 3.30m	2	60	120
Ruedas macizas	4	40	160
Pintura x galón	1	20	20
Varios		80	80
		<b>TOTAL</b>	<b>935</b>

## 5.3 Denuncia del Tema

Construcción de la cabina de mando y soporte para el Banco de Pruebas del motor Volkswagen para el ITSA.

## **PROPUESTA**

El diseño, construcción e implementación de la cabina de mando y soporte para un motor recíproco, el cual puede servir de base para la implementación de los sistemas necesarios que este motor requiera.

El Banco de Prueba al cual se le implementara el soporte y la cabina de mando servirán para la ejecución de distintos tipos de operación tales como inspecciones y corridas de motor.

### Cronograma de Actividades

	Actividades	Oct				Nov				Dic				Ene				Feb				Mar				Abril			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Elaboración Cap I y II	X																											
2	Recolección de Datos		X																										
3	Elaboración Cap III y IV		X	X																									
4	Análisis y Corrección			X	X																								
5	Entrega del Anteproyecto					X																							
6	Preliminares									X	X																		
7	Diseño									X	X																		
8	Adquisición de Materiales									X	X																		
9	Elaboración Cap I													X	X														
10	Presentación Cap I														X	X													
11	Construcción cabina de mando											X	X	X															
12	Construcción de soporte del motor													X	X	X													
13	Elaboración Cap II															X	X												
14	Presentación Cap II																X	X											
15	Elaboración Cap III																X	X											
16	Presentación III																	X	X										
17	Elaboración Cap IV																	X	X										
18	Presentación Cap IV																		X	X									
19	Pruebas y Análisis de Resultados																				X	X							
20	Presentación de Documentación Final																								X	X			
21	Presentación de Trabajo de Graduación																											X	

## GLOSARIO

**Unidades didácticas:** Es el conjunto sistemático, técnico y evaluable de temas y subtemas de una parte del conocimiento del plan de materia, orientados a complementar el perfil profesional de técnico aeronáutico. (Según RDAC 142.3 Definiciones).

## BIBLIOGRAFIA

- Dr. CARLOS VILLALBA AVILEZ, Metodología de la Investigación Científica, 2da Edición, Sur Editores
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Laboratorio>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento>
- <http://www.itsafae.edu.ec/mecanica.html>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_de\\_combusti%C3%B3n\\_interna\\_alternativo](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna_alternativo)

## ANEXOS

### Anexo 1



## INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

### Objetivo:

Determinar las posibles soluciones para mejorar el nivel técnico-práctico de los estudiantes en la operación de motores dentro de los Laboratorios de la Carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores.

### Instrucción

Lea detenidamente y responda según su criterio marcando con una x. Los resultados de esta investigación servirán para proponer sugerencia respecto de la enseñanza técnica a los estudiantes de mecánica motores del ITSA.

### CUESTIONARIO

1. ¿Cree Usted que con la implementación de un Banco de Pruebas en los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores ayudará a mejorar el nivel técnico-práctico de los estudiantes en la operación de los motores?

SI

NO

Si su respuesta fue afirmativa Usted puede continuar con las siguientes preguntas.

2. ¿Cuál de las siguientes opciones cree Usted que el ITSA necesita para mejorar la enseñanza técnica-práctica de los estudiantes de Mecánica Aeronáutica en el área de motores?, Señale una de ellas.

a) La construcción de una maqueta didáctica

- b) La construcción de un Banco de Pruebas
- c) Elaboración de un software ilustrativo

3. ¿En qué medida cree Usted que ayudará el mejoramiento de los laboratorios en su nivel técnico-práctico?

Mucho  Poco  Nada

4. ¿Está Usted conforme con los laboratorios actuales que posee el Instituto?

Si  No

Por

qué? \_\_\_\_\_

—

5. ¿Cuál cree Usted que es el nivel técnico-práctico que los estudiantes tienen al egresar del Instituto?

Malo  Regular  Bueno  Excelente

6. ¿Está Usted de acuerdo con la idea de tener Bancos de Pruebas en los que pueda realizar actividades como corrida de motores?

Si  No

7. De acuerdo a su criterio ponga el grado de importancia siendo 4 el número de mayor importancia y el 1 el número de menor importancia, los implementos que debería existir en el laboratorio de mecánica.

- a) Hélices
- b) Bancos de Motores Recíprocos con Hélices
- c) Cajas de Reducción
- d) Bancos de Motores Recíprocos

8. ¿Cómo califica el nivel de enseñanza que posee el Instituto en la actualidad en la práctica de un Motor Recíproco con Hélice?

Muy Bueno  Bueno  Regular  Malo

9. ¿Cree Usted que las autoridades del Instituto deberían dar importancia a las necesidades que existen en los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores?

Si  No

10. ¿Cuáles son los ciclos del funcionamiento del motor recíproco?

---

---

---

---

Correo electrónico: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

## Anexo 2



### INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

#### **Objetivo:**

Determinar las posibles soluciones para mejorar el nivel técnico-práctico de los estudiantes en la operación de motores dentro de los laboratorios de la Carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores.

#### **CUESTIONARIO**

1. Según su experiencia ¿Cuál cree Usted que sea la importancia del Laboratorio de Mecánica Aeronáutica mención Motores dentro de la capacitación técnica de los estudiantes del ITSA?
2. Conoce Usted ¿Cuáles son las unidades didácticas que posee los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores?
3. ¿Qué tareas prácticas cree Usted que se pueden desarrollar con las unidades didácticas que actualmente posee el Laboratorio de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA?
4. Según las respuestas antes mencionadas ¿Cuáles cree usted que sean las necesidades más indispensables en los laboratorios y talleres de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA?
5. ¿De qué manera influye la falta de unidades didácticas en los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA para la capacitación técnica de los estudiantes?
6. Cree Usted que la implementación de unidades didácticas ayudarán al desarrollo profesional de los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores.

## Anexo B

**Aplica para usos generales y en pernos y tuercas en condiciones normales de suministro y sin recubrimientos superficiales**

Diámetro Nominal	Tipo de Rosca (Hilo x Pulgada)	Grado de Resistencia		
		Grado 2 (Libras - pie)	Grado 5 (Libras - pie)	Grado 8 (Libras - pie)
1/4"	20 - RC	5.0 - 6.0	7.9 - 9.0	11.0 - 13.0
	28 - RF	5.8 - 7.0	8.8 - 10.0	12.7 - 14.0
5/16"	18 - RC	10.6 - 12.5	16.6 - 18.5	23.0 - 27.0
	24 - RF	11.7 - 14.0	18.0 - 21.0	26.0 - 30.0
3/8"	16 - RC	18.6 - 22.0	29.5 - 33.0	40.0 - 47.0
	24 - RF	21.0 - 24.0	32.5 - 37.0	46.0 - 52.0
7/16"	14 - RC	30.0 - 34.6	47.0 - 54.0	65.0 - 76.0
	20 - RF	33.0 - 39.0	52.0 - 60.0	73.0 - 84.0
1/2"	13 - RC	45.0 - 52.0	71.0 - 82.0	100.0 - 115.0
	20 - RF	51.0 - 59.0	80.0 - 90.0	112.0 - 128.0
9/16"	12 - RC	66.0 - 75.0	103.0 - 116.0	145.0 - 165.0
	18 - RF	73.0 - 85.0	113.0 - 130.0	160.0 - 184.0
5/8"	11 - RC	91.0 - 105.0	150.0 - 170.0	200.0 - 230.0
	18 - RF	103.0 - 117.0	160.0 - 180.0	225.0 - 255.0
3/4"	10 - RC	160.0 - 183.0	250.0 - 290.0	350.0 - 405.0
	16 - RF	179.0 - 205.0	275.0 - 320.0	390.0 - 450.0
7/8"	9 - RC	155.0 - 180.0	400.0 - 465.0	570.0 - 660.0
	14 - RF	171.0 - 200.0	445.0 - 515.0	620.0 - 730.0
1"	8 - RC	233.0 - 270.0	600.0 - 705.0	850.0 - 1000.0
	14 - RF	261.0 - 300.0	660.0 - 775.0	930.0 - 1090.0
1.1/8"	7 - RC	330.0 - 380.0	740.0 - 860.0	1200.0 - 1400.0
	12 - RF	370.0 - 425.0	830.0 - 955.0	1350.0 - 1545.0
1.1/4"	7 - RC	470.0 - 540.0	1050.0 - 1220.0	1700.0 - 1940.0
	12 - RF	520.0 - 600.0	1160.0 - 1345.0	1880.0 - 2180.0
1.1/2"	6 - RC	810.0 - 930.0	1820.0 - 2080.0	2940.0 - 3370.0
	12 - RF	915.0 - 1045.0	2050.0 - 2340.0	3320.0 - 3790.0

**Nota:** Para uso general aplique este torque de ensamble, si no existe una especificación contraria.

## Anexo C

### TORQUE DE SERVICIO PARA PERNOS MILIMÉTRICOS

Diámetro Nominal	Paso de la Rosca	Clase de Resistencia		
		5.8 Decanewtons - metro	8.8 Decanewtons - metro	10.9 Decanewtons - metro
5	0.8	0.26 - 0.35	0.39 - 0.52	0.56 - 0.77
6	1.00-	0.45 - 0.60	0.67 - 0.91	0.98 - 1.34
7	1.00	0.73 - 1.00	1.10 - 1.50	1.60 - 2.20
8	1.00	1.20 - 1.60	1.80 - 2.40	2.60 - 3.50
8	1.25	1.10 - 1.50	1.60 - 2.20	2.30 - 3.20
10	1.00	2.40 - 3.30	3.60 - 4.90	5.30 - 7.20
10	1.25	2.30 - 3.10	3.40 - 4.70	5.00 - 6.80
10	1.50	2.10 - 2.90	3.20 - 4.40	4.70 - 6.50
12	1.25	4.10 - 5.60	6.10 - 8.40	9.00 - 12.30
12	1.50	3.90 - 5.20	5.90 - 8.00	8.60 - 11.70
12	1.75	3.60 - 5.00	5.50 - 7.60	8.10 - 11.10
14	1.50	6.50 - 8.80	9.70 - 13.20	14.20 - 19.40
14	2.00	5.90 - 8.00	8.90 - 12.10	13.10 - 17.80
16	1.50	9.90 - 13.50	14.90 - 20.30	21.90 - 29.80
16	2.00	9.10 - 12.50	13.80 - 18.90	20.40 - 27.80
18	1.50	14.40 - 19.80	21.80 - 29.70	32.00 - 43.60
18	2.50	12.60 - 17.40	19.10 - 26.10	28.10 - 38.40
20	1.50	20.10 - 27.50	30.40 - 41.40	44.60 - 60.90
20	2.50	18.00 - 24.50	27.10 - 37.00	39.90 - 54.40
22	1.50	27.40 - 37.30	41.20 - 56.20	60.50 - 82.60
22	2.50	24.80 - 33.80	37.30 - 50.90	54.80 - 74.80
24	2.00	34.00 - 46.40	51.30 - 70.00	75.30 - 102.70
24	3.00	31.00 - 42.20	46.70 - 63.70	68.60 - 93.60
27	3.00	45.90 - 62.60	69.20 - 94.40	101.70 - 138.60











































## HOJA DE VIDA

### DATOS PERSONALES

NOMBRE: Barrera Ramírez Víctor Ricardo

NACIONALIDAD: Ecuatoriana.

FECHA DE NACIMIENTO: 24 de Noviembre de 1987

CÉDULA DE CIUDADANÍA: 171393253-9

TELÉFONOS: 098147404 - 022473450

CORREO ELECTRÓNICO: rbarrera18@hotmail.com

DIRECCIÓN: Quito (Calles: Bellavista Oe2 -132 y Real Audiencia)



### ESTUDIOS REALIZADOS

#### PRIMARIA

Unidad Educativa "Eloy Alfaro".

#### SECUNDARIA

Colegio Militar "Eloy Alfaro".

#### SUPERIORES

Escuela Superior Militar "Eloy Alfaro"

Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Universidad Politécnica Salesiana

### TÍTULOS OBTENIDOS

Bachiller en Ciencias Básicas

Tecnólogo en "Mecánica Aeronáutica mención Motores".

## **EXPERIENCIA PROFESIONAL O PRÁCTICAS PREPROFESIONALES**

- Fuerza Aérea Ecuatoriana, Ala de Transporte No. 11 Sección de Mantenimiento.  
Sección de Mantenimiento del Escuadron Sabreliner, desde 25 Agosto al 26 Septiembre 2008.
- ICARO  
Mantenimiento de Aviones, Cessna 172. desde 02 marzo al 03 Abril 2009.
- Aeromaster Airways S.A.  
Departamento de Mantenimiento Mecánico Bell Helicopter, desde 24 Agosto al 25 Septiembre 2009.

## **CURSOS Y SEMINARIOS**

SEMINARIO de Jornadas y tecnología ITSA 2009 Capítulo Aeroespacial.

**HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS**

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

---

**Víctor Ricardo Barrera Ramírez**

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÁNICA**

---

**Ing. Guillermo Trujillo**

Latacunga, 25 de febrero de 2011

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

Yo, VÍCTOR RICARDO BARRERA RAMIREZ, Egresado de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores, en el año 2010, con Cédula de Ciudadanía N° 171393253-9, autor del Trabajo de Graduación: Construcción de la cabina de mando y soporte para el banco de pruebas de un motor recíproco del avión volksplane para el itsa, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

---

**Víctor Ricardo Barrera Ramírez**

Latacunga, 25 de febrero de 2011