

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**CONSTRUCCIÓN DE UN SOPORTE PARA EL TREN DE NARIZ  
DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-227 PARA SU TRASLADO DEL ALA N°  
11 AL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO.**

**POR:**

**ANGEL ANDRÉS SALAZAR HERRERA**

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

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA**

**MENCIÓN MOTORES**

**2012**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo de graduación fue realizado en su totalidad por el Sr. SALAZAR HERRERA ANGEL ANDRES, como requerimiento parcial para la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA CON MENCIÓN EN MOTORES.

---

Ing. Félix Manjarrés  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo es para mis padres Ángel y Roció, pilares fundamentales en mi vida, quienes a lo largo de ella han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ellos que soy lo que soy ahora.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por permitirme terminar este camino, por darme valor, perseverancia y fuerza para afrontarlo en los momentos difíciles, y capacidad para disfrutarlo en los momentos felices.

Mis padres, Ángel y Rocío, porque cada uno, en su momento, busco lo mejor para mí y me hizo una persona con valores y principios para toda la vida.

Mi hermana, Andrea y a todos mis tíos; por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional.

Mi tutor. Ing. Félix Manjarrés, por aceptar ser mi tutor y confiar en mi trabajo.

Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, por ser mi casa durante tres años, me siento muy orgulloso de haber culminado una parte de mis estudios en esta prestigiosa Institución.

**Ángel Andrés Salazar H.**

## CONTENIDO

CERTIFICACIÓN .....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN .....	1
SUMMARY .....	2
CAPÍTULO I .....	3
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Justificación e importancia.....	4
1.3 Objetivos .....	4
1.3.1 Objetivo general .....	4
1.3.2 Objetivos específicos .....	4
1.4. Alcance.....	5
CAPÍTULO II .....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Generalidades del avión Fairchild Hiller FH-227 .....	6
2.2. Tren de aterrizaje .....	10
2.3. Tren de Nariz.....	10
2.4 Análisis de una estructura. ....	13
2.5 Análisis de estructuras .....	14
2.5.1 Soluciones analíticas.....	14
2.6 Diseño mecánico.....	15
2.6.1 El termino diseño.....	15
2.6.2 Objetivo del Diseño .....	15
2.6.3 El diseño en ingeniería mecánica.....	15
2.6.4 Principios del diseño estructural.....	16
2.6.5 Fases del diseño .....	18
2.6.5.2 Evaluación y presentación.....	19
2.6.5.3 Consideraciones o factores de diseño.....	20
2.7 Conceptos de esfuerzo y deformación .....	21

2.7.1 Esfuerzo .....	21
2.2. Clasificación de los esfuerzos .....	22
2.7.2 Deformación elástica .....	24
2.7.3 Relaciones de esfuerzos y deformación.....	25
2.7.3.1 Esfuerzo biaxial .....	25
2.8 Cálculo de Cargas.....	25
2.8.1 Cargas Muertas.....	26
2.8.2 Cargas Vivas .....	27
2.9 Selección de materiales .....	28
2.10 Etapas de desarrollo de un proyecto.....	28
2.11 Acero .....	29
2.12 Definiciones de procesos de fabricación .....	34
2.12.1. Medir .....	34
2.12.2. Trazado .....	36
2.12.3. Corte.....	37
2.12.4. Soldado por arco .....	38
CAPÍTULO III .....	48
3. DESARROLLO DEL TEMA .....	48
3.1 Construcción de un soporte para el tren de nariz del avión fairchild Fh- 227 .	48
3.1.1 Preliminares .....	48
3.1.2 Diseño .....	50
3.2. Cálculo estructural.....	50
3.2.2 Cálculo de la soldadura del soporte .....	61
3.3 Diagrama de flujo operacional.....	61
3.3.1 Simbología del proceso de construcción .....	61
3.4 Proceso de construcción .....	62
3.4.1 Proceso de construcción de la base del soporte .....	69
3.4.2 Proceso de construcción de la base de sujeción lateral.....	70
3.4.3 Proceso de ensamblaje de la estructura .....	71
3.5 Pruebas de Evaluación.....	72
3.6 Análisis económico.....	72
3.6.1 Recursos .....	73

3.6.2	Presupuesto .....	73
3.6.3	Costos .....	74
CAPÍTULO IV .....		75
4.1	Conclusiones .....	75
4.2	Recomendaciones .....	76
BIBLIOGRAFÍA .....		79
MANUAL DE OPERACIÓN .....		81
MANUAL DE MANTENIMIENTO .....		82
ANEXOS .....		83

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1: Fairchild 227.....	6
FIGURA 2.2: Avión Fairchild Hiller FH-227.....	7
FIGURA 2.3: Tren retráctil. ....	13
Figura 2.4. Flexometro.....	35
Figura 2.5. Regla metálica.....	36
Figura 2.6. Escuadra.....	37
Figura 2.7. Trazado.....	38
Figura 2.8. Punta o granete.....	38
Figura 2.9. Amoladora de disco abrasivo.....	40
Figura 2.10. Soldadura por arco.....	45
Figura 2.11. Electrodo.....	46
Figura 2.12. Posiciones para soldar.....	49
Figura 2.13. Uniones de soldadura.....	49
Figura 2.14 Diagrama esfuerzo deformación.....	60
Figura 2.15 Corte del tubo.....	64
Figura 2.16 Proceso de corte.....	65
Figura 2.17 Cordones de soldadura.....	66
Figura 2.18 Proceso de ensamblaje de la base de sujeción lateral.....	66
Figura 2.19 Proceso de ensamblaje .....	67
Figura 2.20 Ruedas industriales.....	67
Figura 2.21 Garruchas.....	68
Figura 2.22 Estructura pintada .....	68

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Especificaciones Técnicas.....	8
Tabla 1.2 Pesos.....	8
Tabla 2.1 Fases del diseño.....	18
Tabla 2.2 Tipos de Esfuerzos.....	23
Tabla 2.3 Ensayos de tracción .....	24
Tabla 2.4 Etapas de desarrollo de un proyecto.....	29
Tabla 2.5 Corriente y polaridad del electrodo.....	47
Tabla 2.6 Propiedades Típicas de materiales utilizados.....	60
Tabla 2.7 Simbología del proceso de construcción .....	62
Tabla 2.8 Medición tubos.....	64
Tabla 2.9 Herramientas.....	69
Tabla 2.10 Máquinas empleadas.....	69
Tabla 2.11 Pruebas realizadas.....	73
Tabla 2.12 Recursos humanos.....	74
Tabla 2.13 Costos primarios.....	75
Tabla 2.14 Costos secundarios.....	75
Tabla 2.15 Costo Total.....	75

## RESUMEN

Mediante un estudio preliminar, realizado en el anteproyecto se determinó que la carrera de Mecánica Aeronáutica no cuenta con un avión comercial para relacionar el conocimiento teórico práctico de los estudiantes.

El presente trabajo se refiere a la construcción de un soporte para el tren de nariz del avión Fairchild FH-227 con la matrícula HC-BHD con el objeto de facilitar la instrucción por parte de los instructores hacia los estudiantes sobre cada parte y componente del tren. En el cual los estudiantes podrán observar claramente todas sus partes.

Antes de construir el soporte del tren de nariz se modeló a computador con el programa Inventor, para posteriormente realizarse el mismo.

Para la elaboración del soporte ha sido necesario realizar una investigación bibliográfica y un curso práctico para adaptarse al manejo del programa Inventor en el que se realizó la modelización.

El soporte presentado en este proyecto tiene una resistencia confiable para soportar la carga originada por el peso del tren de nariz, a la vez que el montaje en él se lo puede realizar de manera sencilla y segura.

Concluida la realización del soporte del tren de nariz, se realizaron las pruebas de funcionamiento con el propósito de verificar el cumplimiento de los objetivos de construcción del mismo. En donde pudimos verificar que se encontraba en condiciones óptimas para su trabajo.

Finalmente terminado el soporte del tren de nariz y aprobado sus condiciones físicas, se lo traslado al lugar en donde desempeña su función.

## **SUMMARY**

By means of a study carried out in the preliminary design it was determined that the career of Aeronautical Mechanics doesn't have a commercial airplane to relate the practical theoretical knowledge of the students.

The present work refers to the construction of a support for the nose gear of Fairchild FH-227 aircraft with registration HC-BHD in order to facilitate instruction by instructors to students about each part and parcel of the nose gear. In which students can clearly see every part.

Before building the nose gear support it was modeled to computer with the program Inventor, for later on to be carried out the same one.

For the elaboration of the nose gear support it has been necessary to carry out a bibliographical investigation and a practical course to adapt to the handling of the program Inventor in which the graph was made.

The support presented in this project has a reliable resistance to tolerate the weight of the nose gear, at the same time that the assembly in him can carry out it in a simple and sure way.

Finally ended the nose gear support and approved their physical conditions, I move it to the place where I carry out their function.

# **CAPÍTULO I**

## **EL TEMA**

CONSTRUCCIÓN DE UN SOPORTE PARA EL TREN DE NARIZ DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-227 PARA SU TRASLADO DEL ALA N° 11 AL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

### **1.1 Antecedentes**

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico fue creado el 8 de noviembre de 1999 mediante el Acuerdo Ministerial No. 3237 del Ministerio de Educación Pública, se encuentra ubicado en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi y tiene la misión de formar los mejores profesionales aeronáuticos, íntegros, competitivos y entusiastas a través del aprendizaje, para aportar así al desarrollo de nuestro país e impulsarlo hacia un próspero futuro.

El Instituto ha formado profesionales tanto de personal militar como civil, en las carreras de Mecánica Aeronáutica, Logística y transporte, Seguridad Aérea y terrestre y Electrónica, impartiendo sus clases en laboratorios y aulas que están provistos con elementos necesarios para el aprendizaje.

Los estudiantes se instruyen en los laboratorios de Hidráulica, Mecánica Básica, Motores, Electrónica y muchos otros, con el fin de obtener un conocimiento teórico y practico sobre lo que están aprendiendo

## **1.2 Justificación e importancia**

En una situación, como la actual en la que el INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO tiene como visión, ser el mejor en educación superior a nivel nacional y latinoamericano, formando profesionales holísticos comprometidos con el desarrollo aeroespacial, empresarial y cuidado del medio ambiente; las mejoras en la calidad y seguridad hasta la mejor de las condiciones de trabajo y la optimización de los recursos.

Estos elementos, conceptos estratégicos para el desarrollo industrial, se encuentran a su vez fuertemente interrelacionado, hasta punto que la solidez, la efectividad y la sostenibilidad de los cambios y medidas que se implementan en una institución, son resultados de sistemas implantados y adecuación contemporáneas a los diferentes talleres y laboratorios.

Las herramientas necesarias de aprendizaje con las que cuenta el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico por lo que considero que estas deben ser utilizadas de una manera entera y segura aprovechando todas las ventajas que nos brinda el instituto. Para realizar la factibilidad de transporte del avión Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD desde Ala de transporte N°11 hacia el campus del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Construir un soporte para el tren de nariz del avión Fairchild FH-227, utilizando los conocimientos adquiridos en el Instituto con la finalidad de brindar seguridad para la sujeción del tren, así como para quien lo opera.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Analizar las diferentes posibilidades de diseños para su construcción.
- Recabar información necesaria para determinar el material del que será hecho el soporte para el traslado del tren de nariz.
- Proceder a la construcción del soporte de una manera segura.
- Determinar el soporte para el tren de aterrizaje de nariz con el fin de incrementar el material didáctico que posee el instituto.
- Implementar un sistema de mantenimiento que ayude a mejorar la utilización de herramientas en el tren de aterrizaje de nariz.

#### **1.4. Alcance**

La realización de este proyecto permitirá que los estudiantes de la Carrera de Mecánica comprendan de forma práctica como está conformado el tren de aterrizaje de nariz, además que tengan conocimiento de cómo está estructurado sus diferentes componentes, ya que hoy en día es muy importante que los estudiantes conozcan teórica y prácticamente estos procedimientos para que se desenvuelvan mejor cuando realicen sus respectivas prácticas.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Generalidades del avión Fairchild Hiller FH-227



FIGURA 2.1: Fairchild 227

Fuente: [http://aeronaves.atrme%20accidente%20Cata/CATA\\_E1.jpg](http://aeronaves.atrme%20accidente%20Cata/CATA_E1.jpg)

“En 1964 Fairchild se fusiona con la fabrica Hiller, creando así la Fairchild HillerCorporation y comienza los estudios de desarrollo para un avión de mayor capacidad, siempre utilizando como base de desarrollo del Fokker F.27 y su planta motriz Rolls-RoysDart. Se cambia la denominación de los aviones producidos, que en el futuro se llamaran FH-227. Los trabajos iniciales consisten en un alargamiento de la estructura del fuselaje, agregando un plug delante de las alas que aumenta su longitud en 1.98 m adicionales. Esto permite pasar de una capacidad de 40 pasajeros en los F.27 a 52 en los FH-227. Exteriormente, los aviones eran también reconocibles no solo por su mayor longitud, sino que ahora llevaba doce ventanillas ovas por lado. Comparado a los diez de los F-27. Estos modelos iniciales fueron motorizados con Dart 532-7, los mismos motores de los F-27 J.

El objetivo básico de la Fairchild Hiller era lograr un avión que fuera económicamente rentable, fiable y de fácil operación para las aerolíneas

regionales. Los estudios de mercado le dieron la razón y pronto el libro de pedidos registraba 42 por el nuevo avión. El primer aparato realizó su primer vuelo el 27 de enero de 1966, recibió la certificación de la FAA en junio del mismo año y a principio de julio se entrega el primer ejemplar a la (Mohawk Airlines).

Esta compañía había seguido con mucho detalle todo el desarrollo y producción de sus aviones, teniendo permanentemente un representante técnico en la fábrica de Hagerstown Piedmont Airlines recibirá su primer avión el 15 de marzo de 1967

### **Especificaciones técnicas de Fairchild Hiller FH-227**



FIGURA 2.2: Avión Fairchild Hiller FH-227

FUENTE: <http://www.aviacol.net/images/stories/ACES/HK1981.jpg>

Tabla 1.1. Especificaciones Técnicas

<b>Tipo</b>	avión comercial y de transporte
<b>Fabricante</b>	 Fairchild Hiller
<b>Primer vuelo</b>	27 de enero de 1966
<b>Introducido</b>	1 de julio de 1966 (mohawk)
<b>Estado</b>	Algunos ejemplares todavía en servicio
<b>Usuarios Principales</b>	Aces Colombia Fuerza Aérea Ecuatoriana
<b>Producción</b>	78
<b>N.º Construidos</b>	78 modelos FH-227
<b>Dimensiones:</b>	
<b>Longitud:</b>	25,50 m
<b>Envergadura alar:</b>	29 m
<b>Altura:</b>	8,41 m
<b>Tipo de tren de nariz</b>	Retráctil
<b>Peso del tren de nariz</b>	50kg

**Elaborado por:** Ángel Salazar

Tabla 1.2 Pesos

<b>Pesos</b>	
<b>Máximo al despegue(MTOW):</b>	20.640 kg (45.500 lbs).
<b>Máximo al aterrizaje(MLW):</b>	20.410 kg (45.000 lbs)
<b>Vacío(ZFW):</b>	18.600 kg (41.000 lbs)
<b>Plantamotriz:</b>	<p>2 Rolls-Royce Dart 532-7L de 2.300 cv, Reduction Gearing 0.093.1. Estos motores permitían un máximo de 15.000 rpm, y se recomendaba evitar operaciones entre las 8.500 y las 9.500 rpm. El máximo de temperatura permitido era de 930°C en el arranque y 905°C en la fase de despegue por cinco minutos.</p>
<b>Hélices:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dos de tipo Rotol de un diámetro nominal de 12,5 ft. El máximo régimen permitido era de 16.500 rpm y funcionaban en 4 posiciones: Ground fine pitch 0°, Flight fine pitch 16°, Cruise pitch 28° y Feathered con 83°.</li> </ul>

**Elaborado por:** Ángel Salazar

## **2.2. Tren de aterrizaje**

### **General**

El sistema tren de aterrizaje del avión Fairchild F-227 es retráctil, tipo triciclo que consiste en dos trenes principales con dobles ruedas y un orientable tren de nariz con una simple rueda.

La energía suministrada para la retracción y la extensión del tren principal, tren de nariz y las puertas suspendidas es normalmente suministrada por el sistema neumático.

### **Partes del tren de aterrizaje principal.**

#### **Elementos del tren principal:**

- ❖ Ruedas
- ❖ Compuertas
- ❖ Frenos
- ❖ Montaje amortiguador
- ❖ Herrajes de fijación
- ❖ Articulaciones de torsión

## **2.3. Tren de Nariz**

El tren de aterrizaje principal durante el aterrizaje debe absorber la energía cinética producida por el impacto. La cubierta es el primer elemento que absorbe tal impacto, pero no es suficiente; así el tren de aterrizaje debe poseer un sistema de amortiguación para poder disminuir el impacto.

La presión neumática es usada para el tren de aterrizaje para su retracción y extensión, orientando la rueda de nariz y frenando el tren principal.

#### **Elementos del tren de nariz:**

- ❖ Ruedas y neumáticos

- ❖ Montante amortiguador
- ❖ Articulación de torsión
- ❖ Válvulas y actuadores de dirección
- ❖ Accionador de retención
- ❖ Mecanismo de bloqueo
- ❖ Extensión y retracción

## **Ruedas**

Las ruedas junto al tren de aterrizaje de una aeronave son las encargadas de soportar el peso de toda la estructura del avión, las ruedas están compuestas por un conjunto de frenos y neumáticos. Las llantas o gomas de las ruedas están fabricadas de materiales como el caucho con hilos de alambre que soportan elevadas fuerzas de fricción de que ocurren al momento del aterrizaje y además en su interior están infladas por un gas seco llamado nitrógeno.

## **Frenos**

Normalmente están instalados en el tren de aterrizaje principal. Están provistos de unidades de freno multidisco, que consta de elementos de fricción fijos y giratorios, accionados por émbolos y vuelven a su posición normal por muelles de retracción.

## **Montante amortiguador**

Este tiene la función de transformar la energía cinética de descenso en incremento de presión de un líquido (Nitrogeno) y un gas que se encuentra dentro de este (en el momento que el avión aterriza).

Este montante amortiguador está constituido por un cilindro que en su parte superior va tomado a la estructura del avión y por su parte inferior posee un pistón hueco que a su vez en su interior se desplaza otro pistón. En la parte superior del pistón hueco existen dos válvulas que permiten el pasaje de cierta cantidad de líquido.

## **Herrajes de fijación**

Los herrajes de fijación son los elementos que tienen la función de mantener al tren de aterrizaje en una posición fija evitando que este se retraiga o extienda durante alguna maniobra que se encuentre realizando ya sea en tierra o en vuelo.

Estos herrajes son la seguridad del tren para evitar de modo que es de gran importancia que se realice una inspección verificando el estado y de ser necesario su mantenimiento hacerlo inmediato.

## **Articulaciones de torsión**

Las articulaciones del tren principal son las encargadas de transmitir las fuerzas que recibe la estructura de la aeronave al momento del impacto con tierra, estas articulaciones se encuentran ubicadas entre el montante amortiguador y el larguero posterior del ala.

## **Mecanismo de Blocaje**

Durante la operación normal la traba es liberada neumáticamente para permitir la extensión o retracción, si no se dispone de presión neumática, la traba puede ser liberada mediante la palanca de extensión de emergencia.

## **Clasificación**

Los trenes de aterrizaje de los aviones pueden ser clasificados en:

### **Trenes fijos.**

Los trenes fijos son los que, durante el vuelo se encuentran permanentemente expuestos a la corriente de aire. Se usan solamente en aviones pequeños, de baja velocidad donde el aumento de peso agregado de un sistema de retracción influirá desfavorablemente sobre el peso total y la ganancia en velocidad no mejoraría mucho las performances.

## Trenes retráctiles.

Los trenes retráctiles son aquellos que una vez efectuado el proceso de despegue, el tren regresa dentro del fuselaje y no se encuentra siempre visible durante el vuelo.



FIGURA 2.3: Tren retráctil.

FUENTE: [http://3.bp.blogspot.com/\\_RKBvm9NFwFM/SrkQnMNnTnIPG](http://3.bp.blogspot.com/_RKBvm9NFwFM/SrkQnMNnTnIPG)

## 2.4 Análisis de una estructura.

- **ESTRUCTURA**

Es una entidad física de carácter unitario, concebida como una organización de cuerpos dispuestos en el espacio.

Estructura es un ensamblaje de elementos que mantiene su forma y su unidad, cuyos objetivos son resistir cargas resultantes de su uso y de su peso propio y darle forma a un cuerpo

### **2.4.1 Sistema estructural**

Es un ensamblaje de elementos independientes para conformar un cuerpo único y cuyo objetivo es darle solución (cargas y forma) a un problema determinado.

La manera de ensamblaje y el tipo de miembro ensamblado definen el comportamiento final de la estructura y constituyen diferentes sistemas estructurales.

El sistema estructural constituye el soporte básico, el armazón o esqueleto de la estructura total y él transmite las fuerzas actuantes a sus apoyos de tal manera que se garantice seguridad, funcionalidad y economía.

En una estructura se combinan y se juega con tres aspectos:

- FORMA
- MATERIALES Y DIMENSIONES DE ELEMENTOS
- CARGAS

Los cuales determinan la funcionalidad, economía y estética de la solución propuesta.

## **2.5 Análisis de estructuras**

Determinar fuerzas internas (axiales, cortantes, momentos) y deformaciones de una estructura, mediante las ecuaciones de resistencia de materiales, una forma dada de la estructura, del tamaño y propiedades del material usado en los elementos y de las cargas aplicadas.

### **2.5.1 Soluciones analíticas**

Consiste en resolver directamente las ecuaciones que controlan el problema, por lo que normalmente sólo se pueden aplicar a casos sencillos.

- Integración de la ecuación de la elástica en vigas.

- Método de la viga conjugada para vigas.

## **2.6 Diseño mecánico**

### **2.6.1 El termino diseño**

Diseñar es plantear un método para satisfacer una necesidad. En principio, una necesidad que habrá de ser satisfecha puede estar bien determinada.

### **2.6.2 Objetivo del Diseño**

Selección de la forma, de los materiales y detallado (dimensiones, conexiones y refuerzo) de los componentes que conforman el sistema estructural.

### **2.6.3 El diseño en ingeniería mecánica**

El diseño mecánico es el diseño de objetos y sistemas de naturaleza mecánica; piezas, estructuras, mecanismos, maquinas y dispositivos e instrumentos diversos. En su mayor parte, el diseño mecánico hace uso de las matemáticas, las ciencias de uso materiales y las ciencias mecánicas aplicadas a la ingeniería.

El diseño de ingeniería mecánica incluye el diseño mecánico, pero es un estudio de mayor amplitud que abarca todas las disciplinas de la ingeniería mecánica, incluso las ciencias térmicas y de los fluidos. A parte de las ciencias fundamentales se requieren, las bases del diseño de ingeniería mecánica son las mismas que las del diseño mecánico y, por, consiguiente, éste es el enfoque que se utilizará en el presente texto.

El objetivo del diseño estructural es crear una estructura segura y que satisfaga también un conjunto de diversos requisitos impuestos por factores tales como la función de la estructura, condiciones del lugar, aspectos económicos, estética, facilidades para construir y las restricciones legales.

El cálculo de las fuerzas internas y los desplazamientos es una parte integral del proceso de revisión de la estructura existente. Por lo regular nos interesan los esfuerzos internos producidos por las cargas, porque la finalidad es revisar el

diseño de las estructuras existentes, de manera que los esfuerzos no excedan los valores límites de seguridad. Otro criterio que se usa con frecuencia es el de establecer un margen de seguridad con respecto a cargas de fallas que aún se pueden prever. En algunos casos, las limitaciones a los desplazamientos regulan la funcionalidad de la estructura, por lo tanto, en el aspecto cuantitativo son tres los criterios principales que se deben considerar en la revisión de las estructuras existentes:

1 – Límites de los esfuerzos.

2 – Seguridad contra cualquier falla.

3 – Desplazamientos.

Se van a analizar las estructuras para determinar las fuerzas internas y a menudo también las cargas que pueden producir una falla; si se conocen estas cantidades y las propiedades de los materiales de la estructura, se puede valorar el margen de seguridad. El buen análisis se basa en prever con certeza el comportamiento de las estructuras en las condiciones de servicio actual, a pesar que todas las estructuras se deforman continuamente a causa de las cargas, de los cambios de humedad, de la temperatura y por otras causas. De hecho, en cierto grado, casi todas las estructuras son estáticamente indeterminadas. La disponibilidad de los rápidos y eficientes programas de análisis que se resuelven por medio de computadoras, ha dejado en libertad los medios útiles para la creación de mejores revisiones de las estructuras, no solo porque pueden automatizar el proyecto, sino porque proporcionan una mayor flexibilidad en el proceso de decisión acerca de la forma básica del reforzamiento de las estructuras.

## **2.6.4 Principios del diseño estructural**

Una estructura se diseña para que no falle durante su vida útil. Se reconoce que una estructura falla cuando deja de cumplir su función de manera adecuada.

Las formas de falla pueden ser: falla de servicio; falla por rotura o inestabilidad.

La falla de servicio es cuando la estructura sale de uso por deformaciones excesivas ya sean elásticas o permanentes.

La falla por rotura (resistencia) o inestabilidad se da cuando hay movimiento o separación entre las partes de la estructura, ya sea por mal ensamblaje, malos apoyos o rompimiento del material.

**SEGURIDAD:** La seguridad se determina controlando las deformaciones excesivas que obligan a que salga de servicio o el rompimiento o separación de alguna de sus partes o de todo el conjunto.

Una de las condiciones de seguridad, la estabilidad, se puede comprobar por medio de las leyes de equilibrio de Newton. En el caso particular de fuerzas estáticas la ecuaciones generales del equilibrio son:  $\sum \vec{F} = 0$  y  $\sum \vec{M} = 0$ , las cuales deben ser satisfechas por la estructura en general y por cada una de sus partes.

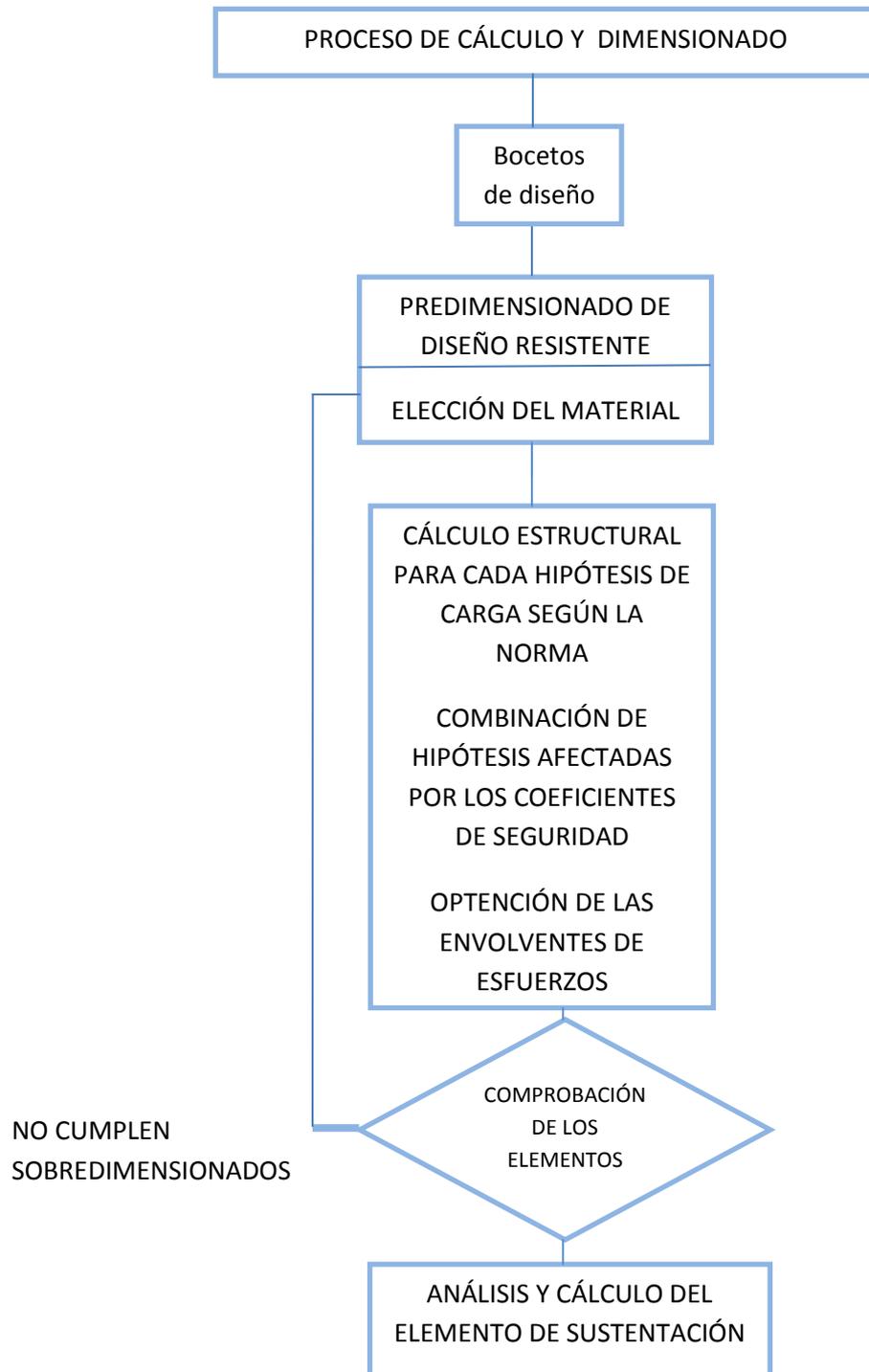
La condición de seguridad de resistencia a la rotura de los elementos que la componen y de las uniones entre estos, depende de las propiedades mecánicas de los materiales utilizados.

**FUNCIONALIDAD:** La estructura debe mantenerse en funcionamiento durante su vida útil para las cargas de sollicitación. Un puente que presenta deformaciones excesivas daría la sensación de inseguridad y la gente dejaría de usarlo, en ese momento deja de ser funcional.

**ECONOMÍA:** El aprovechamiento de los recursos determina un reto para el diseño estructural. En la economía se conjuga la creatividad del ingeniero con su conocimiento.

## 2.6.5 Fases del diseño

Después de muchas alteraciones, el proceso finaliza.



### **2.6.5.1 Identificación de necesidades y definición de problemas.**

Una vez que se han definido el problema y obtenido un conjunto de especificaciones implícitas, formuladas por escrito, el siguiente paso en el diseño como se indica en la figura 1 es la síntesis de una solución óptima. Ahora bien, esta síntesis no podrá efectuarse antes de hacer el análisis y la optimización, puesto que se debe analizar el sistema a diseñar, para determinar si su funcionamiento cumplirá las especificaciones. Dicho análisis podría revelar que el sistema no es óptimo. Si el diseño no resultase satisfactorio en una de dichas pruebas o en ambas, el procedimiento de síntesis deberá iniciarse otra vez.

Se ha indicado, y se reiterará sucesivamente, que el diseño es un proceso iterativo en el que se pasa por varias etapas, se evalúan los resultados y luego se vuelve a una fase anterior del proceso. En esta forma es posible sintetizar varios componentes de un sistema, analizarlos y optimizarlos para, después, volver a la fase de síntesis y ver que efecto tiene sobre las demás partes del sistema. Para el análisis y la optimización se requiere que se ideen o imaginen modelos abstractos del sistema que admitan alguna forma de análisis matemático. Tales modelos que reproduzcan lo mejor posible el sistema físico real.

### **2.6.5.2 Evaluación y presentación**

La evaluación es una fase significativa del proceso total de diseño, pues es la demostración definitiva de que un diseño es acertado y , generalmente, incluye pruebas con un prototipo en el laboratorio. En este punto es cuando se desea observar si el diseño satisface realmente la necesidad o las necesidades. Si es confiable, si su fabricación y uso son económicos, si es fácil de mantener y ajustar.

La comunicación del diseño a otras personas es el paso final y vital en el proceso de diseño. Es indudable que muchos importantes diseños, inventos y obras creativas se han perdido para la humanidad, sencillamente porque los originadores se rehusaron o no fueron capaces de explicar sus creaciones a otras personas.

En esencia hay tres medios de comunicación que se pueden utilizar: las formas escrita y oral, y la representación gráfica

### **2.6.5.3 Consideraciones o factores de diseño**

A veces, la resistencia de un elemento es muy importante para determinar la configuración geométrica y las dimensiones que tendrá dicho elemento, en tal caso se dice que la resistencia es un factor importante de diseño.

La expresión factor de diseño significa alguna característica o consideración que influye en el diseño de algún elemento o, quizá, en todo el sistema. Por lo general se tiene que tomar en cuenta varios factores en un caso de diseño determinado. En ocasiones, alguno de esos factores será crítico y, si se satisfacen sus condiciones, ya no será necesario considerar los demás. Suelen tener en cuenta los factores siguientes:

- Resistencia
- Confiabilidad
- Condiciones térmicas
- Corrosión
- Desgaste
- Fricción o rozamiento
- Procesamiento
- Utilidad
- Costo
- Seguridad
- Peso

- Ruido
- Estilización
- Forma
- Tamaño
- Flexibilidad
- Control
- Rigidez
- Acabado de superficies
- Lubricación
- Mantenimiento
- Volumen
- Peso

Algunos de estos factores se refieren directamente a las dimensiones, al material, al procesamiento o procesos de fabricación o bien, a la unión o ensamble de los elementos del sistema. Otros se relacionan con la configuración total del sistema.

## **2.7 Conceptos de esfuerzo y deformación**

**2.7.1 Esfuerzo:** Son las fuerzas internas, debido a las cargas, sometidas a un elemento resistente.

### **Tipos de carga:**

**Carga estática.** Se aplica gradualmente desde en valor inicial cero hasta su máximo valor.

**Carga dinámica.** Se aplica a una velocidad determinada. Pueden ser:

**Carga de choque libre,** cuando está producida por la caída de un cuerpo sobre un elemento resistente

**Carga de choque forzado,** cuando una fuerza obliga a dos masas que han colisionado a seguir deformándose después del choque.

## 2.2. Clasificación de los esfuerzos

**Fuerza.** Son esfuerzos que se pueden clasificar debido a las fuerzas. Generan desplazamiento. Dependiendo si están contenidos (o son normales) en el plano que contiene al eje longitudinal tenemos:

**Contiene** al eje longitudinal:

**Tracción.** Es un esfuerzo en el sentido del eje. Tiende a alargar las fibras.

**Compresión.** Es una tracción negativa. Las fibras se acortan.

**Normal** al plano que contiene el eje longitudinal:

**Cortadura.** Tiende a cortar las piezas mediante desplazamiento de las secciones afectadas.

**Momento.** Son esfuerzos que se pueden clasificar debido a los momentos. Generan giros. Dependiendo si están contenidos (o son normales) en el plano que contiene al eje longitudinal tenemos:

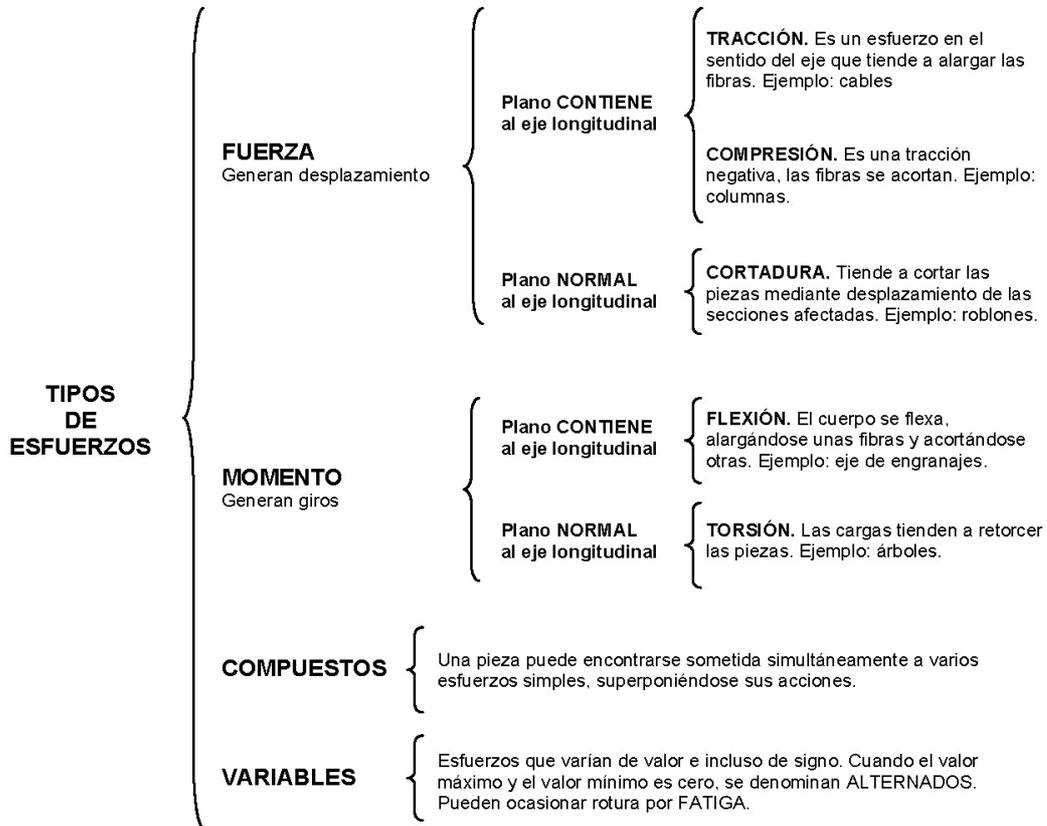
**Flexión.** El cuerpo se dobla, alargándose unas fibras y acortándose otras.

**Normal** al plano que contiene el eje longitudinal:

**Torsión.** Las cargas tienden a retorcer las piezas.

**Esfuerzos compuestos.** Es cuando una pieza se encuentra sometida simultáneamente a varios esfuerzos simples, superponiéndose sus acciones.

**Esfuerzos variables.** Son los esfuerzos que varían de valor e incluso de signo. Cuando la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo es 0, el esfuerzo se denomina alternado. Pueden ocasionar rotura por fatiga.

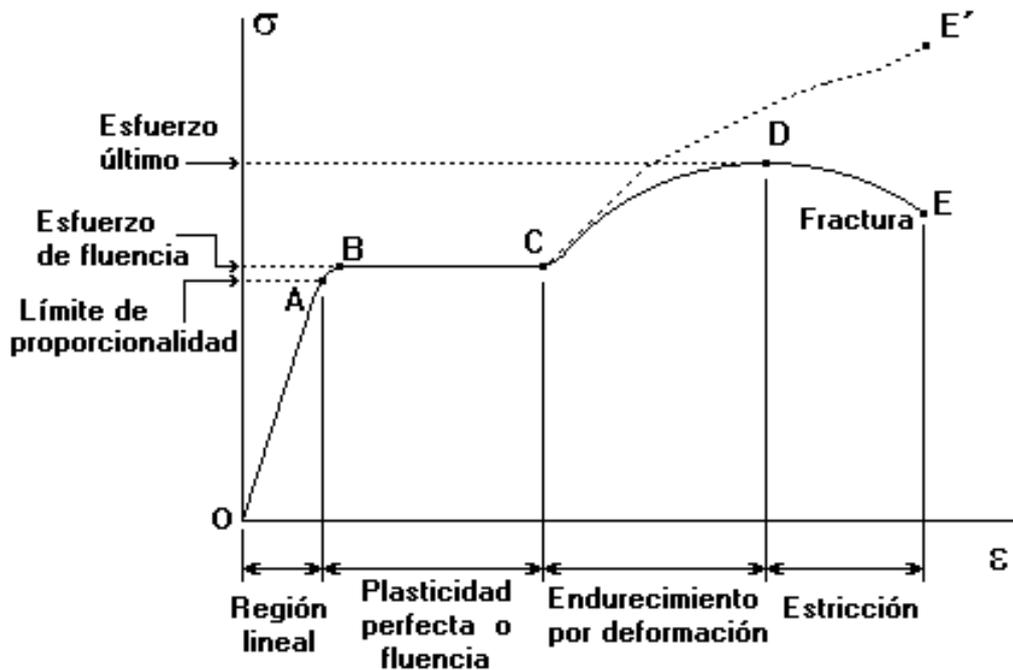


**Tabla 2.2 Tipos de Esfuerzos**

### Ensayo de tracción

A menudo se realizan una serie de pruebas a los materiales (fundamentalmente metales) para ver su comportamiento, a estas prueba se les llama ensayos. A partir de estos, se puede determinar:

- Sus características para una posible utilización
- Los defectos de las piezas ya terminadas.



**Tabla 2.3 Ensayos de tracción**

El ensayo de tracción es el más importante y el más empleado de todos. Se realiza con probetas de dimensiones normalizadas, que se someten a esfuerzos de tracción progresivamente crecientes, en dirección longitudinal, hasta producir su rotura.

El ensayo de tracción permite estudiar el alargamiento de la probeta en función de la fuerza o carga actuante. La forma del diagrama depende del material a ensayar. En la imagen podemos ver un diagrama característico de un material dúctil y maleable, como el acero extra suave.

### 2.7.2 Deformación elástica

Cuando una barra recta se somete a una carga de tensión, la barra se alarga. El grado de alargamiento recibe el nombre de deformación, y se define como el alargamiento producido por unidad de longitud original de la barra. El alargamiento total se llama "deformación total". Aplicando esta nomenclatura, la deformación es

**Elasticidad.-** Es la propiedad por la que un material puede recobrar su forma y dimensiones originales cuando se anula la carga que lo deformaba. La ley de Hooke establece que dentro de ciertos límites, el esfuerzo en un material es directamente proporcional a la deformación que lo produce. Un material elástico no obedece necesariamente a esta ley, pues es posible que algunos materiales recuperen su forma original sin cumplir la condición límite de que el esfuerzo sea proporcional a la deformación. Los materiales que obedecen a esta ley de Hooke son linealmente elásticos.

### **2.7.3 Relaciones de esfuerzos y deformación**

El concepto de esfuerzo es artificial y, por lo tanto, los esfuerzos no pueden medirse experimentalmente; sin embargo, hay muchas técnicas experimentales que se utilizan para medir la deformación. Por consiguiente, si se sabe qué relación hay entre el esfuerzo y la deformación, es posible calcular el estado de esfuerzo en un punto, después de medir el estado de deformación.

Se define como deformaciones principales a las que ocurren en la dirección de los esfuerzos principales. Además, en las caras de un elemento alineado en las direcciones principales, las deformaciones por cortante son nulas, igual que los esfuerzos cortantes. A las tres deformaciones de esta clase corresponden a un estado de esfuerzo uniaxial.

#### **2.7.3.1 Esfuerzo biaxial**

Para el caso de esfuerzo biaxial y, tendrán valores determinados y valdrá cero. Las deformaciones principales se pueden hallar si se considera que cada esfuerzo principal actúa separadamente, y luego se combinan los resultados por superposición.

### **2.8 Cálculo de Cargas**

Una de las tareas más importantes del proyectista es determinar de la manera más precisa posible el valor de las cargas que soportará la estructura durante su

vida útil, así como su posición y también determinar las combinaciones más desfavorables que de acuerdo a los reglamentos pueda presentarse.

Aquí analizaremos el cálculo de los siguientes tipos de cargas:

- Cargas muertas
- Cargas vivas

### **2.8.1 Cargas Muertas**

Son aquellas cuya magnitud y posición permanecen prácticamente constantes durante la vida útil de la estructura. Consisten en los pesos de los diversos miembros estructurales y en los pesos de cualesquiera objetos que estén permanentemente unidos a la estructura, entre otros:

- Columnas
- Vigas
- Trabes
- Losas
- Muros
- Ventanas
- Plomería
- Instalaciones eléctricas y sanitarias

En algunos casos, una carga muerta estructural puede estimarse satisfactoriamente por medio de fórmulas basadas en los pesos y tamaños de estructuras similares. Con experiencia, se puede también “estimar” la magnitud de esas cargas. Sin embargo, una vez determinados los materiales y tamaños de los diversos componentes de la estructura, sus pesos pueden determinarse a partir de tablas que dan sus densidades.

## 2.8.2 Cargas Vivas

Son cargas variables en magnitud y posición debidas al funcionamiento propio de la estructura. Pueden ser causadas por los pesos de los objetos colocados temporalmente sobre una estructura, por ejemplo:

- Personal.
- Mobiliario.
- Empujes de cargas de almacenes.

Las cargas mínimas especificadas en los códigos se determinan estudiando la historia de sus efectos sobre estructuras existentes. Usualmente esas cargas incluyen un margen para tener una protección contra deflexiones excesivas o sobrecargas repentinas.

Se supone que los pisos de edificios están sometidos a cargas vivas uniformes, que dependen del propósito para el cual el edificio es diseñado. Estas cargas están tabuladas en códigos locales, estatales o nacionales. Un ejemplo representativo de esas cargas mínimas uniformes, tomadas del American Standard Building Code, se muestran en la tabla. Estos valores se determinaron con base en la historia de carga de varios edificios. Ellos incluyen márgenes contra la posibilidad de sobrecarga debido a cargas de construcción y requisitos de servicio. Además de las cargas uniformes, algunos códigos especifican cargas vivas concentradas mínimas, causadas por carretillas, automóviles, etc. Por ejemplo, cargas vivas, tanto uniformes como concentradas deben considerarse en una losa de un estacionamiento para automóviles.

Las cargas vivas en estructuras especiales se diseñan según las especificaciones de las siguientes instituciones:

- **Puentes de ferrocarril:** American Railway Engineering Association (AREA).

- **Puentes carreteros:** American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

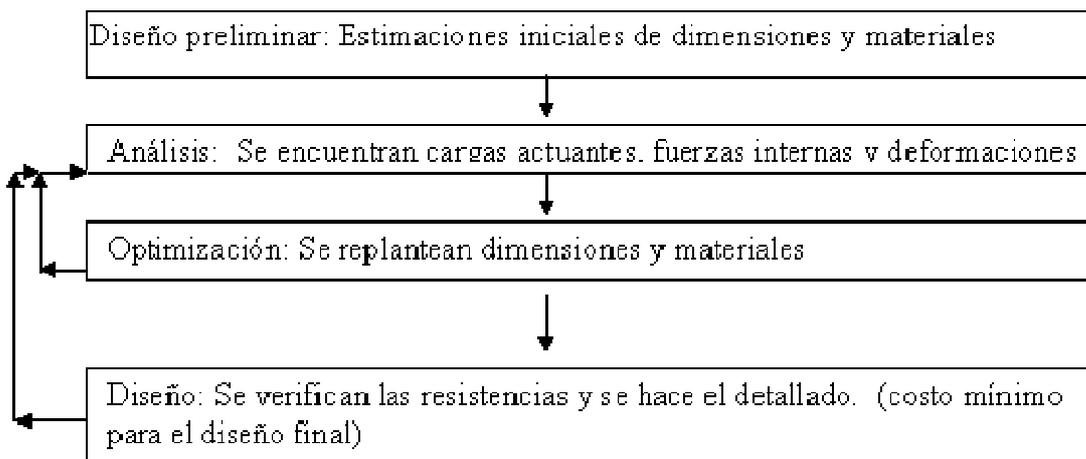
## 2.9 Selección de materiales

Actualmente existe disponible una gran variedad de materiales cada uno con sus propias características, aplicaciones, ventajas y limitaciones. Los siguientes son los tipos generales de materiales usados actualmente en la manufactura ya sea individualmente o combinados.

- **Materiales ferrosos.** Al carbón, aleados, inoxidable, aceros para herramientas.
- **Aleaciones y materiales no ferrosos.** Aluminio, magnesio, cobre, níquel, titanio, superaleaciones, materiales refractorios, berilio, zirconio.
- **Cerámicos.** Vidrios, grafito, diamante.
- **Materiales compuestos.** Plásticos reforzados, compuestos con matriz metálica o cerámica, estructuras de panal.

## 2.10 Etapas de desarrollo de un proyecto.

- Planeación: Se identifica el problema a solucionar y se presentan alternativas.
- Diseño preliminar: General
- Análisis: fuerzas y deformaciones
- Evaluación de cargas o fuerzas actuantes
- Modelación, real y abstracta
- Resolución del modelo: fuerzas internas, de conexiones o uniones.
- Diseño: detallado y dimensionamiento de los elementos.
- Construcción: Llevar a cabo la materialización física de lo planeado



**Tabla 2.4** Etapas de desarrollo de un proyecto.

## 2.11 Acero

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%.

### Estructura del acero

Las propiedades físicas de los aceros y su comportamiento a distintas temperaturas dependen sobre todo de la cantidad de carbono y de su distribución en el hierro. Antes del tratamiento térmico, la mayor parte de los aceros son una mezcla de tres sustancias: ferrita, perlita y cementita. La ferrita, blanda y dúctil, es hierro con pequeñas cantidades de carbono y otros elementos en disolución. La cementita, un compuesto de hierro con el 7% de carbono aproximadamente, es de gran dureza y muy quebradiza. La perlita es una profunda mezcla de ferrita y cementita, con una composición específica y una estructura característica, y sus propiedades físicas son intermedias entre las de sus dos componentes.

La resistencia y dureza de un acero que no ha sido tratado térmicamente depende de las proporciones de estos tres ingredientes. Cuanto mayor es el contenido en carbono de un acero, menor es la cantidad de ferrita y mayor la de perlita: cuando el acero tiene un 0,8% de carbono, está por completo compuesto de perlita. El

acero con cantidades de carbono aún mayores es una mezcla de perlita y cementita.

Al elevarse la temperatura del acero, la ferrita y la perlita se transforman en una forma alotrópica de aleación de hierro y carbono conocida como austenita, que tiene la propiedad de disolver todo el carbono libre presente en el metal. Si el acero se enfría despacio, la austenita vuelve a convertirse en ferrita y perlita, pero si el enfriamiento es repentino la austenita se convierte en martensita, una modificación alotrópica de gran dureza similar a la ferrita pero con carbono en solución sólida.

### **Tratamiento térmico del acero**

El proceso básico para endurecer el acero mediante tratamiento térmico consiste en calentar el metal hasta una temperatura a la que se forma austenita, generalmente entre los 750 y 850 °C, y después enfriarlo con rapidez sumergiéndolo en agua o aceite. Estos tratamientos de endurecimiento, que forman martensita, crean grandes tensiones internas en el metal, que se eliminan mediante el temple o el recocido, que consiste en volver a calentar el acero hasta una temperatura menor. El temple reduce la dureza y resistencia y aumenta la ductilidad y la tenacidad.

### **Ventajas del acero como material estructural.**

- **Alta resistencia.-** La alta resistencia del acero por unidad de peso implica que será poco el peso de las estructuras, esto es de gran importancia en puentes de grandes claros.
- **Uniformidad.-** Las propiedades del acero no cambian apreciablemente con el tiempo como es el caso de las estructuras de concreto reforzado.
- **Durabilidad.-** Si el mantenimiento de las estructuras de acero es adecuado duraran indefinidamente.
- **Ductilidad.-** La ductilidad es la propiedad que tiene un material de soportar grandes deformaciones sin fallar bajo altos esfuerzos de tensión. La

naturaleza dúctil de los aceros estructurales comunes les permite fluir localmente, evitando así fallas prematuras.

- **Tenacidad.-** Los aceros estructurales son tenaces, es decir, poseen resistencia y ductilidad. La propiedad de un material para absorber energía en grandes cantidades se denomina tenacidad.

Otras ventajas importantes del acero estructural son:

**A)** Gran facilidad para unir diversos miembros por medio de varios tipos de conectores como son la soldadura, los tornillos y los remaches.

**B)** Posibilidad de prefabricar los miembros de una estructura.

**C)** Rapidez de montaje.

**D)** Gran capacidad de laminarse y en gran cantidad de tamaños y formas.

**E)** Resistencia a la fatiga.

**F)** Posible reutilizar después de desmontar una estructura.

### **Desventajas del acero como material estructural.**

- **Costo de mantenimiento.-** La mayor parte de los aceros son susceptibles a la corrosión al estar expuestos al agua y al aire y, por consiguiente, deben pintarse periódicamente.
- **Costo de la protección contra el fuego.-** Aunque algunos miembros estructurales son incombustibles, sus resistencias se reducen considerablemente durante los incendios.
- **Susceptibilidad al pandeo.-** Entre más largos y esbeltos sean los miembros a compresión, mayor es el peligro de pandeo. Como se indicó previamente, el acero tiene una alta resistencia por unidad de peso, pero al

utilizarse como columnas no resulta muy económico ya que debe usarse bastante material, solo para hacer más rígidas las columnas contra el posible pandeo.

El acero estructural puede laminarse en forma económica en una gran variedad de formas y tamaños sin cambios apreciables en sus propiedades físicas. Generalmente los miembros estructurales más convenientes son aquellos con grandes momentos de inercia en relación con sus áreas. Los perfiles I, T y L tienen esta propiedad.

### **Características de los aceros:**

En este proyecto se van a emplear una serie de materiales dependiendo de la temperatura a la que trabaja el aparato al que va destinado ese material. Tenemos tres aceros a elegir; el acero al carbono que se empleará cuando trabajemos a temperaturas superiores de  $-28^{\circ}\text{C}$ , el acero inoxidable cuando trabajemos a temperaturas entre  $-28^{\circ}\text{C}$  y  $-45^{\circ}\text{C}$  y, por último, el acero con una aleación de 3,5% de níquel que se empleará a temperaturas inferiores a  $-45^{\circ}\text{C}$ .

### **Aceros al carbono:**

Más del 90% de todos los aceros son aceros al carbono. Están formados principalmente por hierro y carbono. Estos aceros contienen diversas cantidades de carbono y menos del 1,65% de manganeso, el 0,60% de silicio y el 0,60% de cobre. Entre los productos fabricados con aceros al carbono figuran máquinas, carrocerías de automóvil, la mayor parte de las estructuras de construcción de acero, cascos de buques, somieres y horquillas.

### **Aceros inoxidables:**

Los aceros inoxidables contienen cromo, níquel y otros elementos de aleación, que los mantienen brillantes y resistentes a la herrumbre y oxidación a pesar de la acción de la humedad o de ácidos y gases corrosivos. Algunos aceros inoxidables son muy duros; otros son muy resistentes y mantienen esa resistencia durante largos periodos a temperaturas extremas. Se emplea para las tuberías y tanques

de refinerías de petróleo o plantas químicas, para los fuselajes de aviones o para cápsulas espaciales.

En la industria química y petroquímica, los aceros inoxidable ofrecen elevada resistencia a la corrosión y excelentes propiedades mecánicas así como un bajo costo de mantenimiento.

Los aceros inoxidable son más resistentes a la corrosión y a las manchas de los que son los aceros al carbono y de baja aleación. Este tipo de resistencia superior a la corrosión se produce por el agregado del elemento cromo a las aleaciones de hierro y carbono.

La mínima cantidad de cromo necesaria para conferir esta resistencia superior a la corrosión depende de los agentes de corrosión.

Las principales ventajas del acero inoxidable son:

- Alta resistencia a la corrosión.
- Alta resistencia mecánica.
- Apariencia y propiedades higiénicas.
- Resistencia a altas y bajas temperaturas.
- Buenas propiedades de soldabilidad, mecanizado, corte, doblado y plegado.
- Bajo costo de mantenimiento.
- Reciclable.
- Como consecuencia de diferentes elementos agregados como níquel, cromo, molibdeno, titanio, niobio y otros, producen distintos tipos de acero inoxidable, cada uno con diferentes propiedades.

## 2.12 Definiciones de procesos de fabricación

### 2.12.1. Medir

Cuando medimos algo se debe hacer con gran cuidado, para evitar alterar el sistema que observamos. Por otro lado, no hemos de perder de vista que las medidas se realizan con algún tipo de error, debido a imperfecciones del instrumental o a limitaciones del medidor, errores experimentales, por eso, se ha de realizar la medida de forma que la alteración producida sea mucho menor que el error que se pueda cometer.

#### Herramientas de medición

Las principales herramientas de medición usadas son:

**1) Flexometro.-** Es el metro por excelencia. Tiene gran exactitud y vale para tomar todo tipo de medidas. Para medir longitudes largas una persona sola, conviene que la cinta metálica sea bastante ancha y arqueada para mantenerla recta sin que se doble.



**Figura 2.4.** Flexometro

**Fuente:**<http://www.google.com.ec/search?q=flexommlbzQBg&sa=N>

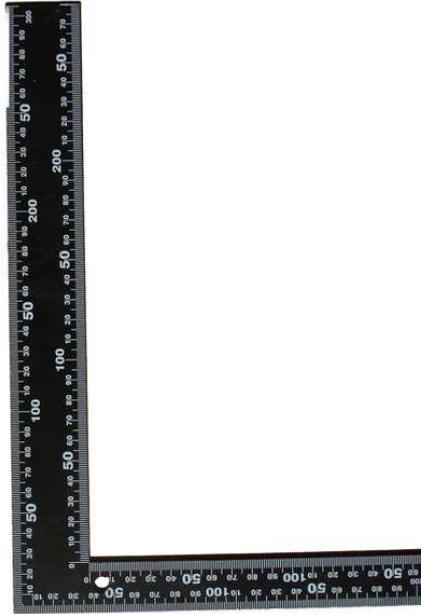
**2) Regla Metálica.-** Las reglas metálicas son muy útiles para diferentes trabajos por su enorme exactitud y para dibujar líneas rectas ayudándonos de ellas.



**Figura 2.5.** Regla metálica

**Fuente:**[http://www.google.com.ec=isch&ei=d\\_IET\\_irE4S3twfzhpzJCw&sa=N](http://www.google.com.ec=isch&ei=d_IET_irE4S3twfzhpzJCw&sa=N)

**3) Escuadra.-** La escuadra es un clásico insustituible pues con ella se puede comprobar el escuadrado de un ensamble y además sirve para trazar líneas perpendiculares de 0 a 45°. Las hay regulables en ángulos, pero se puede perder exactitud en la posición de ángulo recto con respecto a las escuadras fijas.



**Figura 2.6.** Escuadra.

**Fuente:**<http://www.google.com.ec/search?q=escuadrabzQBg&sa=N>

### 2.12.2. Trazado

Es la operación que consiste en marcar sobre la superficie exterior de una pieza semitrabajada o en bruto, las líneas que limitan las partes que deben ajustarse para darles las formas y medidas estipuladas en los planos o croquis de la pieza que se desea realizar.



**Figura 2.7.** Trazado

**Fuente:**<http://www.google.com.ec/mlbzQBg&sa=N&q=granete>

### **Instrumentos de trazado:**

**Granete o punta de marcar:** es una varilla de acero de unos 18 o 20 cms. de largo, similar al cortafierros, con la diferencia que su boca o filo es un cono de unos 60° o 70°. Se lo utiliza para marcar centros, identificación de un trazado mecánico, facilita la iniciación de un agujereado con mechas evitando la desviación de las mismas.



**Figura 2.8.** Punta o granete.

**Fuente:**<http://t2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS>

### **2.12.3. Corte**

El corte es una operación realizada a mano con la ayuda de máquinas destinadas para esta operación, consiste en dividir el material en varias partes total o parcialmente.

### **Instrumentos de corte**

Matriceria.- cuando se trata de obtener formas complejas de tamaños pequeños y medios con unas ciertas exigencias de precisión y en cantidades elevadas merece la pena modificar el punzón y su matriz para adaptarlos a la forma de la

pieza que se quiere obtener el medio fundamental para este tipo de trabajo es la matriz fabricada para cada pieza. La energía y el movimiento necesarios lo aporta una prensa.

Serrado.- se incluye en este bloque por ser un procedimiento de corte aunque también tendría cabida en el siguiente ya que es un método de arranque de viruta. Desde el punto de vista de la fabricación hay dos sistemas para generar una sucesión continua de dientes de sierra activos: o se colocan en la periferia de un disco al que se hace girar o se colocan en una larga cinta en lazo cerrado que se realiza un movimiento longitudinal continuo.

Disco abrasivo.- llevando al límite de disco de sierra disminuyendo el tamaño de los dientes se llega a los discos abrasivos compuestos por aglomerados de pequeños granos duros.



**Figura 2.9.** Amoladora de disco abrasivo.

**Fuente:**<http://www.google.coo&btnG=Buscar&hl=es&bwemlzbzQBg&sa=N>

La rapidez con la que gira este disco abrasivo hace que la distancia entre los dientes de corte se disminuya haciendo el corte más preciso y veloz.

#### **2.12.4. Soldado por arco**

**Soldabilidad:**

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

La mayor parte de procesos de soldadura se pueden separar en dos categorías: soldadura por presión, que se realiza sin la aportación de otro material mediante la aplicación de la presión suficiente y normalmente ayudada con calor, y soldadura por fusión, realizada mediante la aplicación de calor a las superficies, que se funden en la zona de contacto, con o sin aportación de otro metal. En cuanto a la utilización de metal de aportación se distingue entre soldadura ordinaria y soldadura autógena.

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

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

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

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

### **Soldadura ordinaria o de aleación**

Método utilizado para unir metales con aleaciones metálicas que se funden a temperaturas relativamente bajas. Se suele diferenciar entre soldaduras duras y blandas, según el punto de fusión y resistencia de la aleación utilizada. Los metales de aportación de las soldaduras blandas son aleaciones de plomo y estaño y, en ocasiones, pequeñas cantidades de bismuto. En las soldaduras duras se emplean aleaciones de plata, cobre y cinc (soldadura de plata) o de cobre y cinc (latón soldadura).

Para unir dos piezas de metal con aleación, primero hay que limpiar su superficie mecánicamente y recubrirla con una capa de fundente, por lo general resina o bórax. Esta limpieza química ayuda a que las piezas se unan con más fuerza, ya que elimina el óxido de los metales. A continuación se calientan las superficies con un soldador o soplete, y cuando alcanzan la temperatura de fusión del metal de aportación se aplica éste, que corre libremente y se endurece cuando se enfría. En el proceso llamado de resudación se aplica el metal de aportación a las piezas por separado, después se colocan juntas y se calientan. En los procesos industriales se suelen emplear hornos para calentar las piezas.

Este tipo de soldadura la practicaban ya hace más de 2.000 años los fenicios y los chinos.

### **Soldadura por fusión**

Agrupar muchos procedimientos de soldadura en los que tiene lugar una fusión entre los metales a unir, con o sin la aportación de un metal, por lo general sin aplicar presión y a temperaturas superiores a las que se trabaja en las soldaduras ordinarias. Hay muchos procedimientos, entre los que destacan la soldadura por gas, la soldadura por arco y la aluminotérmica. Otras más específicas son la

soldadura por haz de partículas, que se realiza en el vacío mediante un haz de electrones o de iones, y la soldadura por haz luminoso, que suele emplear un rayo láser como fuente de energía.

### **Soldadura por gas:**

La soldadura por gas o con soplete utiliza el calor de la combustión de un gas o una mezcla gaseosa, que se aplica a las superficies de las piezas y a la varilla de metal de aportación. Este sistema tiene la ventaja de ser portátil ya que no necesita conectarse a la corriente eléctrica. Según la mezcla gaseosa utilizada se distingue entre soldadura oxiacetilénica (oxígeno / acetileno) y oxi-hídrica (oxígeno / hidrógeno), entre otras.

### **Soldadura por arco:**

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

La soldadura por arco tiene ciertas ventajas con respecto a otros métodos. Es más rápida debido a la alta concentración de calor que se genera y por lo tanto produce menos distorsión en la unión. En algunos casos se utilizan electrodos fusibles, que son los metales de aportación, en forma de varillas recubiertas de fundente o desnudas; en otros casos se utiliza un electrodo refractario de wolframio y el metal de aportación se añade aparte. Los procedimientos más importantes de soldadura por arco son con electrodo recubierto, con protección gaseosa y con fundente en polvo.

### **Soldadura por arco con electrodo recubierto**

En este tipo de soldadura el electrodo metálico, que es conductor de electricidad, está recubierto de fundente y conectado a la fuente de corriente. El metal a soldar está conectado al otro borne de la fuente eléctrica. Al tocar con la punta del

electrodo la pieza de metal se forma el arco eléctrico. El intenso calor del arco funde las dos partes a unir y la punta del electrodo, que constituye el metal de aportación. Este procedimiento, desarrollado a principios del siglo XX, se utiliza sobre todo para soldar acero.

### **Soldadura por arco con protección gaseosa**

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

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

### **Soldadura por arco con fundente en polvo**

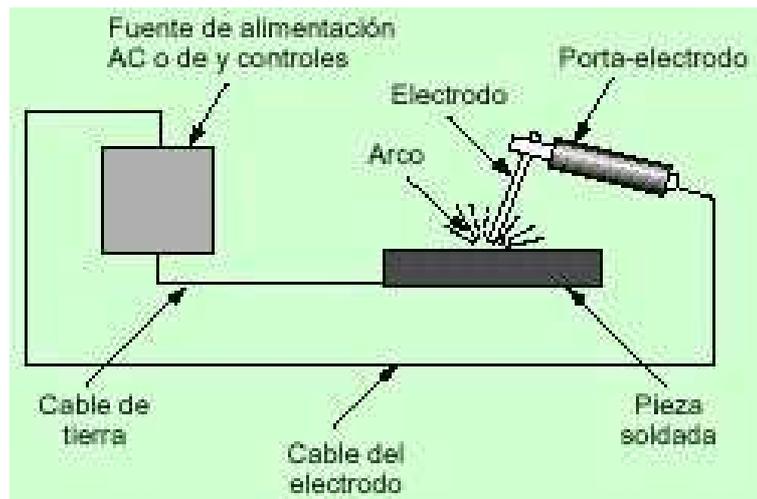
Este procedimiento, en vez de utilizar un gas o el recubrimiento fundente del electrodo para proteger la unión del aire, usa un baño de material fundente en polvo donde se sumergen las piezas a soldar. Se pueden emplear varios electrodos de alambre desnudo y el polvo sobrante se utiliza de nuevo, por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

### **Soldadura por presión**

Agrupar todos los procesos de soldadura en los que se aplica presión sin aportación de metales para realizar la unión. Algunos métodos coinciden con los de fusión, como la soldadura con gases por presión, donde se calientan las piezas

con una llama, pero difieren en que la unión se hace por presión y sin añadir ningún metal.

El procedimiento más utilizado es el de soldadura por resistencia; otros son la soldadura por fragua (descritamás arriba), la soldadura por fricción y otros métodos más recientes como la soldadura por ultrasonidos.



**Figura 2.10.** Soldadura por arco.

**Fuente:**[http://t3.gstatic.com/i6-Ngl8n1hQ-5yZNVa7zty1GI7Yckxb0\\_EMix](http://t3.gstatic.com/i6-Ngl8n1hQ-5yZNVa7zty1GI7Yckxb0_EMix)

Se crea un arco eléctrico; que hace que el material vaya saltando y se crea el cordón de soldadura.

#### **Factores de los cuales depende una buena soldadura:**

- 1.- Diámetro del electrodo.
- 2.- Distancia del electrodo a las piezas para unir (tamaño del arco)
- 3.- Velocidad de avance del electrodo (habilidad del soldador)
- 4.- Temperatura en el proceso; de 3000 a 4000 °C.

#### **ELECTRODO**

Es el conductor que ponen en comunicación los polos de un electrólito con el circuito.

Los electrodos podemos clasificarlos en dos tipos: Desnudos y recubiertos.

1. Electrodo Desnudo.- Consiste en un alambre metálico sin recubrimiento.
2. Electrodo Recubierto.- Es un electrodo para soldadura eléctrica, consiste en una varilla metálica, con recubrimiento relativamente grueso, que protege el metal fundido de la atmósfera; mejora las propiedades del metal de soldadura y estabiliza el arco eléctrico.

Todos los electrodos tienen una designación y medidas diferentes en su diámetro, lo que varía según el uso que se necesite unir.

Tabla 2.3. Relación espesor-diámetro-intensidad

<b>Espesor chapas (mm)</b>	<b>Diámetro electrodos (mm)</b>	<b>Intensidad corriente (A)</b>
2-4	2.5-3	60-100
4-6	3-4	100-150
6-10	4-5	150-200
>10	6-8	200-400

Fuente: DIPAC.

Elaborado por: Investigador de campo

### **Designación del electrodo**

El prefijo “E” significa “electrodo” y se refiere a la soldadura por arco.



**Figura 2.11.** Electrodos.

**Fuente:**<http://soldador.org/wp-content/uploads/2011/01/indx01.jpg>

### **Resistencia a la tracción**

Para los electrodos de acero dulce y los aceros de baja aleación: las dos primeras cifras de un número de cuatro cifras, o las tres primeras cifras de un número de cinco cifras designan resistencia a la tracción:

- E-60xx, significa una resistencia a la tracción de 60,000 libras por pulgada cuadrada. (42,2 kg. /mm<sup>2</sup>).
- E-70xx, significa una resistencia a la tracción de 70,000 libras por pulgada cuadrada. (49,2kg. /mm<sup>2</sup>).
- E-100xx, significa una resistencia a la tracción de 100,000 libras por pulgada cuadrada. (70,3kg. /mm<sup>2</sup>).

### **Revestimiento**

Para los diferentes tipos de revestimiento nótese que los electrodos tipo:

- E-6010 y E-6011, Tienen un revestimiento con alto contenido de materia orgánica (celulosa).

- E-6013, Tienen un revestimiento con alto contenido de óxido de rutilo (titanio).

### Corriente y polaridad

Interpretación del último dígito:

Tabla 2.5. Corriente y polaridad del electrodo

ULTIMO DIGITO	CORRIENTE Y POLARIDAD	ESCORIA	ARCO	PENETRACION
0	-	CC+	Orgánica	Mucha
1	CA	CC+	Orgánica	Mucha
2	CA	CC-	Rutilica	Mediana
3	CA	CC-	Rutilica	Poca
4	CA	CC-	Rutilica	Poca
5	-	CC+	Básica	Mediana
6	CA	CC+	Básica	Mediana
7	CA	CC	Mineral	Mediana
8	CA	CC+	Básica	Mediana

**Fuente:** Investigador de Campo.

**Elaborado por:** Ángel Salazar

### POSICIONES PARA SOLDAR.

Hay cuatro posiciones básicas para soldar: Plana, Vertical, Sobre cabeza y Horizontal.

1. Soldadura plana: El metal de la soldadura se deposita sobre el metal base. El metal base actúa como soporte.
2. Soldadura vertical: El metal base actúa como un soporte parcial solamente, y el metal que ya ha sido depositado debe usarse como ayuda.  
La soldadura vertical puede ejecutarse de dos maneras diferentes: Una, desde la parte de abajo de la unión hacia la parte superior llamada Superior vertical y otra, de la parte superior de la unión hacia abajo llamada Bajada vertical.
3. Soldadura horizontal: Como en la soldadura vertical, el metal base da sólo soporte parcial, y el metal de la soldadura que se deposita debe usarse como ayuda.
4. Soldadura sobre la cabeza: El metal base sostiene ligeramente al metal de la soldadura depositado. Se experimentara poca dificultad en la soldadura vertical o sobre la cabeza, si el charco se conserva plano o poco profundo y no se permite que forme una gota grande.

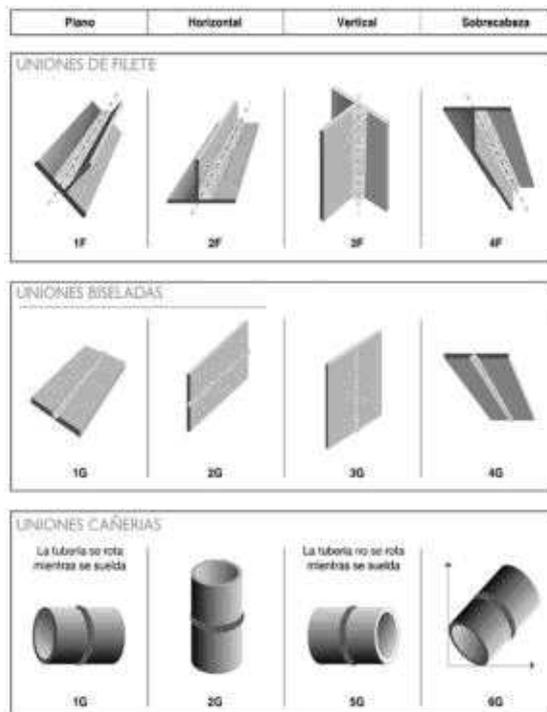


Figura 2.12. Posiciones para soldar.

Fuente: <http://wiki.ead.pucv.cl/images/3/37/UNION1.jpg>

## Uniones de soldadura

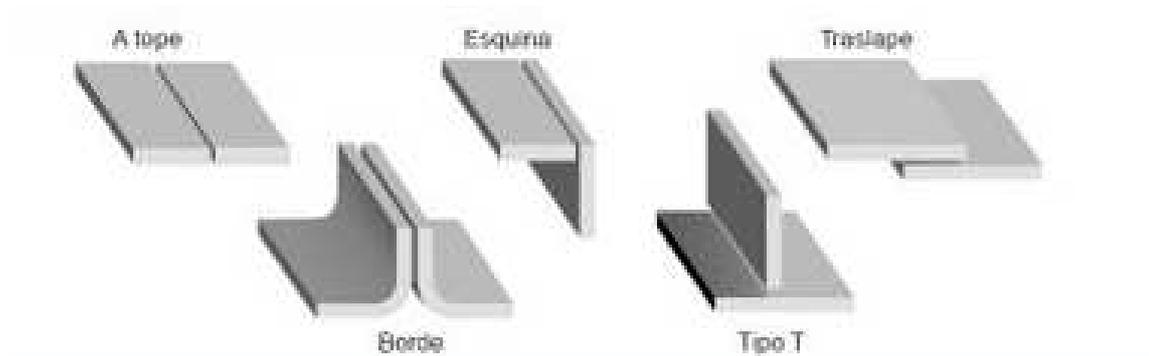


Figura 2.13. Uniones de soldadura.

Fuente: <http://t1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQhS78suzIX7>

## CAPÍTULO III 3. DESARROLLO DEL TEMA

### 3.1 Construcción de un soporte para el tren de nariz del avión fairchild fh-227

#### 3.1.1 Preliminares

El soporte se realizó con la finalidad de disminuir el esfuerzo físico y para la mejor visualización del tren de nariz y sus respectivos componentes en todas las direcciones, también el mismo que se ayudara en las instrucciones dadas por los docentes del instituto.



### **3.1.2 Diseño**

Luego de haber realizado un estudio a fondo de una serie de diseños y varias propuestas, como resultado se escogió un diseño el cual cumplía con las características técnicas y beneficios en cuanto a lo económico y el tiempo de construcción.

El diseño que se está empleando actualmente se logra gracias a la ayuda de manuales de mantenimiento y docentes del instituto, de los cuales solo se ha escogido uno y es el más factible para el tipo de actividad que se va a desempeñar.

Este diseño del soporte se dio gracias a la inventiva del estudiante y profesores, además que se observó que en el taller no existe otro tipo de soporte con estas características, el cual puede ser utilizado para realizar el desmontaje de los componentes que se puedan remover para instrucción de las mismas.

### **3.2. Cálculo estructural**

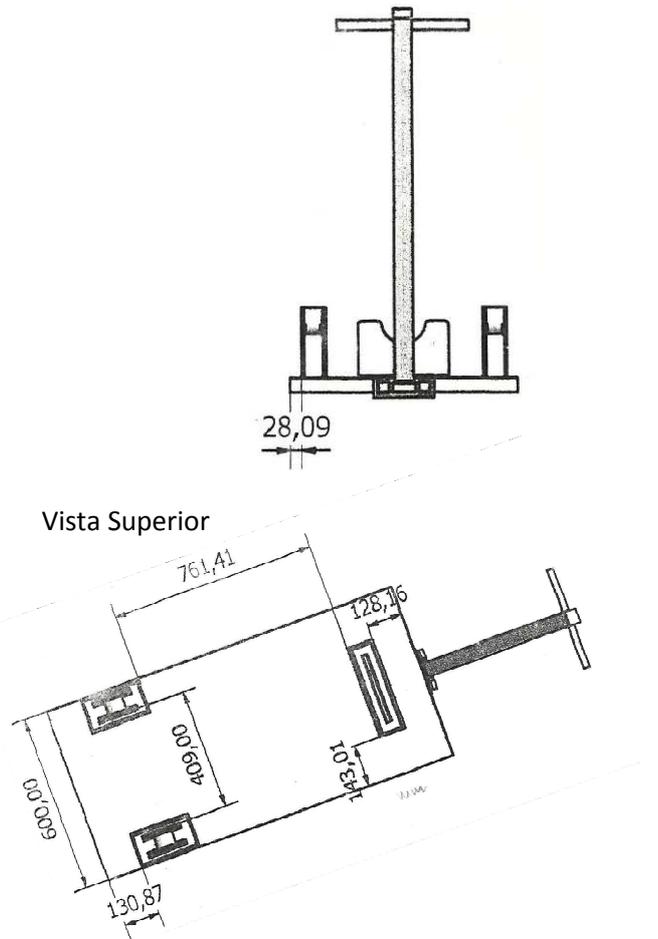
#### **Objetivo:**

Comprobar la estabilidad y la resistencia del soporte, para que brinde la mejor funcionalidad para el instituto.

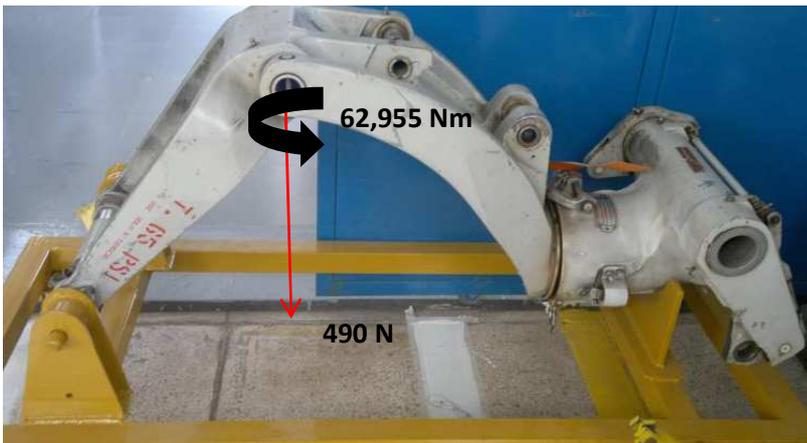
Como primer paso se va a demostrar teóricamente que la estructura está construida eficientemente y cumple con el trabajo que va a realizar.

#### **3.2.1 Cálculo de la estructura**

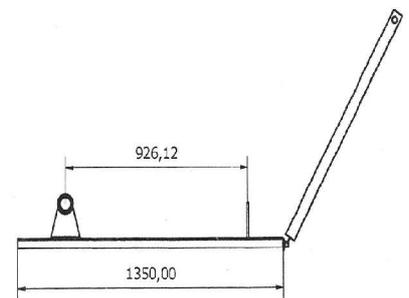
Vista lateral



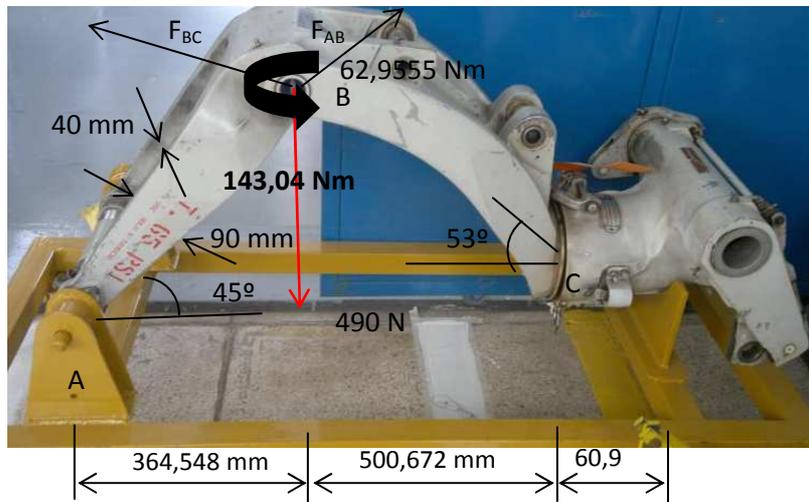
El peso se muestra como una componente de fuerzas distribuidas.



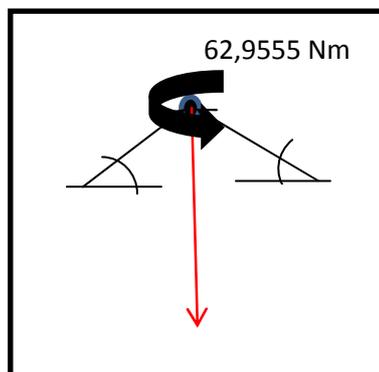
Vista lateral



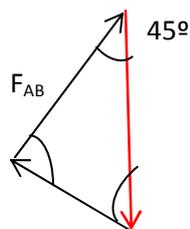
Transportamos la Fuerza al punto B para resolver el problema como una estructura



1. EL PROBLEMA SE PLANTEA COMO UNA ESTRUCTURA ENTONCES TOMAMOS EL NUBO B Y TRAZAMOS EL DIAGRAMA DEL CUERPO LIBRE



2. TRIANGULOS DE FUERZAS



3. DESARROLLO DEL PROBLEMA

## PLANTEAMOS LEY DE LOS SENOS

$$\frac{F_{BC}}{\sin 45^\circ} = \frac{F_{AB}}{\sin 37^\circ} = \frac{490}{\sin 98^\circ}$$

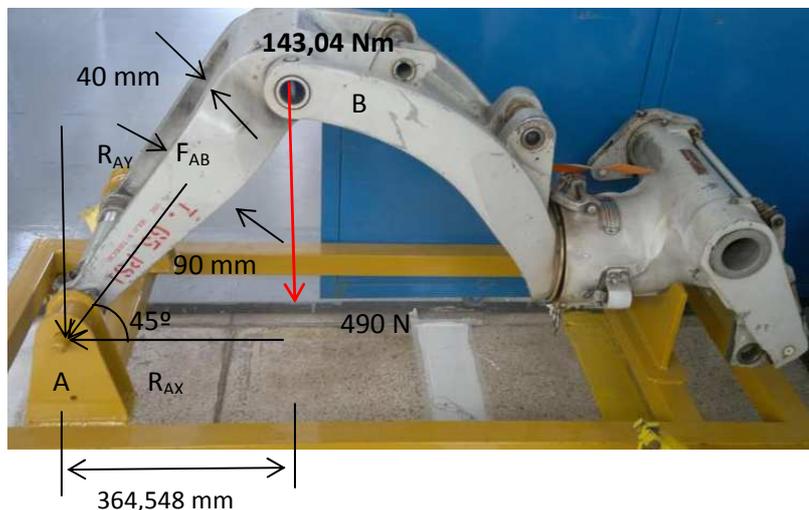
$$\frac{F_{BC}}{\sin 45^\circ} = \frac{490}{\sin 98^\circ} = F_{BC} = 349,887 \text{ N}$$

$$\frac{F_{AB}}{\sin 37^\circ} = \frac{490}{\sin 98^\circ} = F_{AB} = (-)297,787 \text{ N}$$

Claramente se puede observar por simple inspección que

$F_{BC}$  esta en Tracción

$F_{AB}$  esta en Compresión



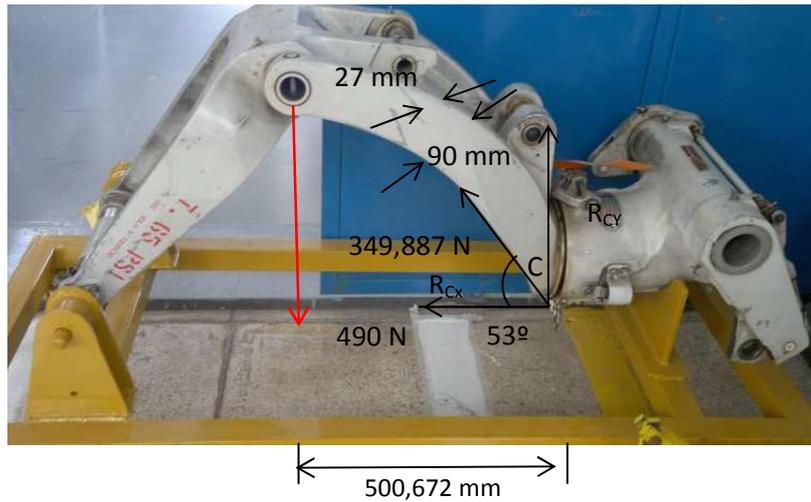
Encontramos las reacciones en el punto C

$$\sum F_X = 0 \Rightarrow F_X = R_{AX} = F_{AB} \cos 45^\circ = (-)210,567 \text{ N}$$

$$\sum F_Y = 0 \Rightarrow F_y = R_{Ay} = F_{AB} \sin 45^\circ = (-)210,567 \text{ N}$$

El Area de la Bara AB es :  $A_{AB} = 90 \times 40 = 3600 \text{ mm}^2 = 0,0036 \text{ m}^2$

$$\sigma = \frac{F_{AB}}{A_{AB}} = (-)82,7 \text{ kPa en Compresión}$$

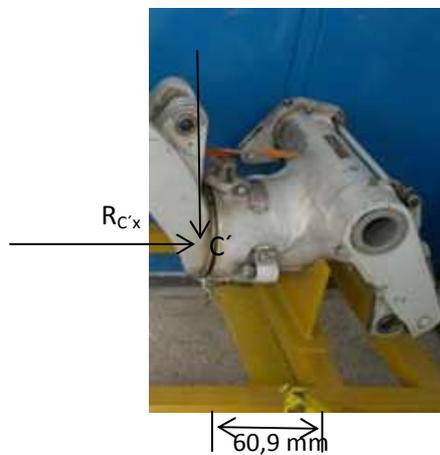


**Encontramos las reacciones en el punto C**

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F_x = R_{Cx} = F_{BC} \cos 53^\circ = (+)210,567 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow F_y = R_{Cy} = F_{BC} \sin 53^\circ = (+)279,432 \text{ N}$$

Se hace el traspaso de fuerza en el apoyo C'



Entonces vemos las fuerzas de reacción son las mismas que en el apoyo C pero en sentido contrario

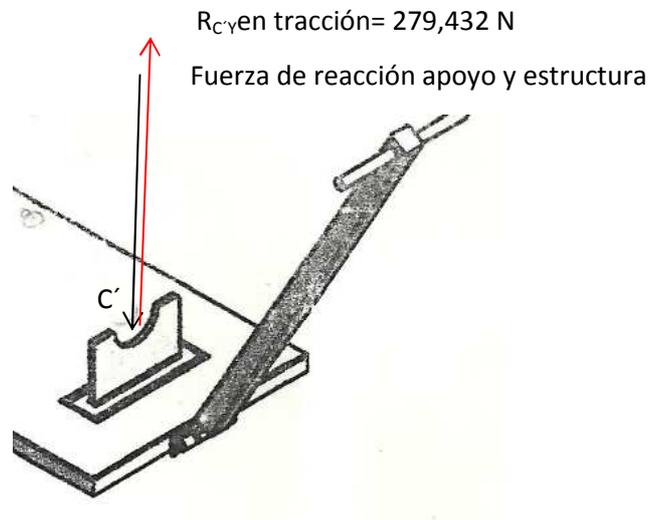
Entonces las fuerzas son

$$F_{BC} \cos 53^\circ = R_{C'x} = (-)210,567 \text{ N}$$

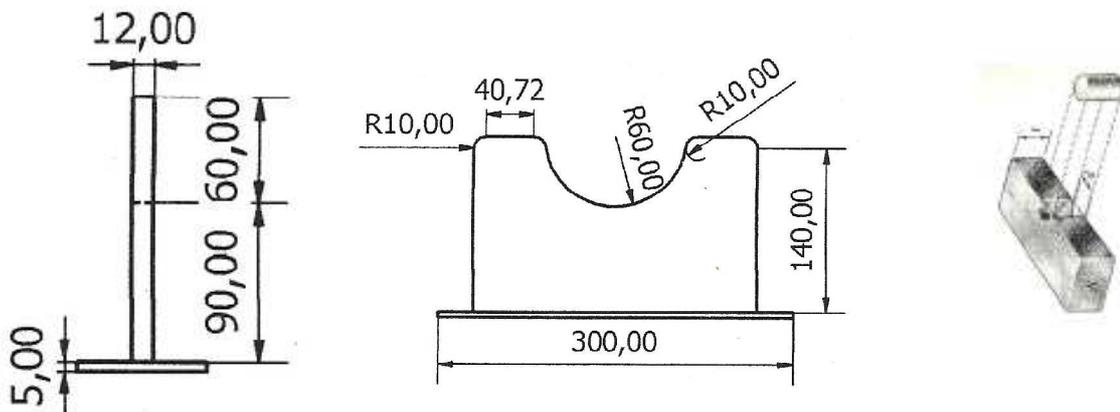
$$F_{BC} \sin 53^\circ = R_{C'y} = (-)279,432 \text{ N}$$

Pero la única que va ser esfuerzo en el apoyo C' es la

$$F_{BC} \cos 53^\circ = R_{C'Y}(-)279,432 \text{ N}$$



Entonces encontramos el esfuerzo de apoyo en conexiones de dicho apoyo de la siguiente forma

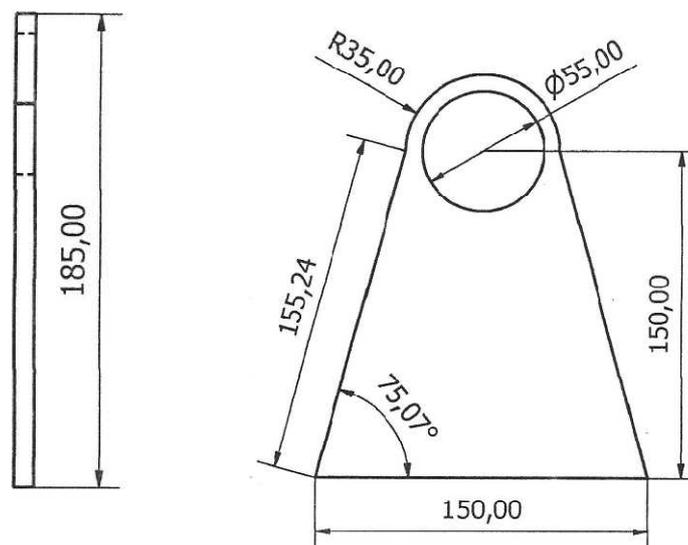


$$t = 140 \text{ mm}, d = 120 \text{ mm}, A = t \cdot d = 16800 \text{ mm}^2 = 0,0168 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{F_{BC}}{A_{BC}} = \frac{F_{BC}}{t \cdot d} = \frac{279,432}{0,0168} = (+)16,63 \text{ kPa en tracción}$$

Y analizamos el corte en el acople en A el mismo que quedaría de la siguiente forma.

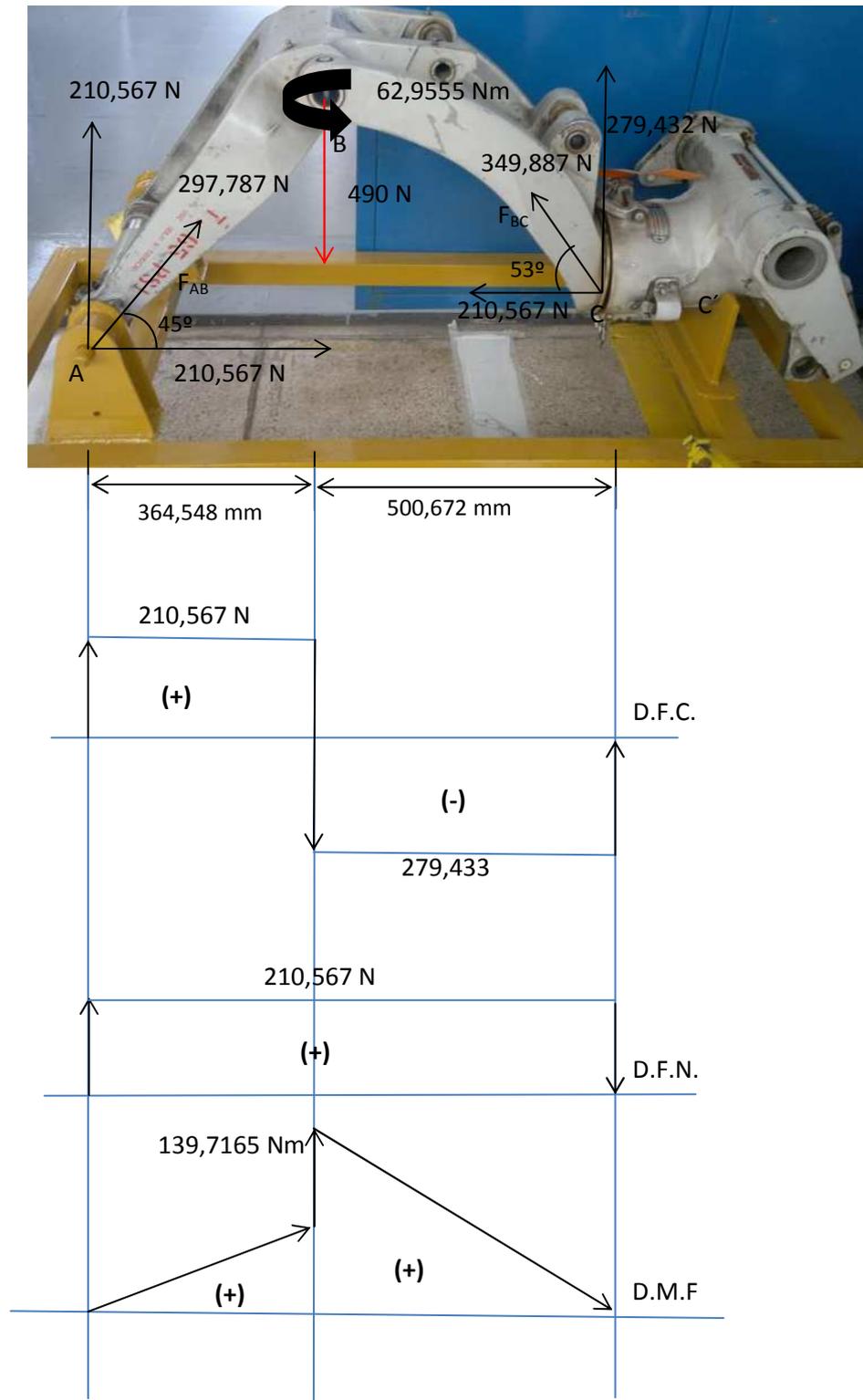
Esquema representativo de la que sucedería

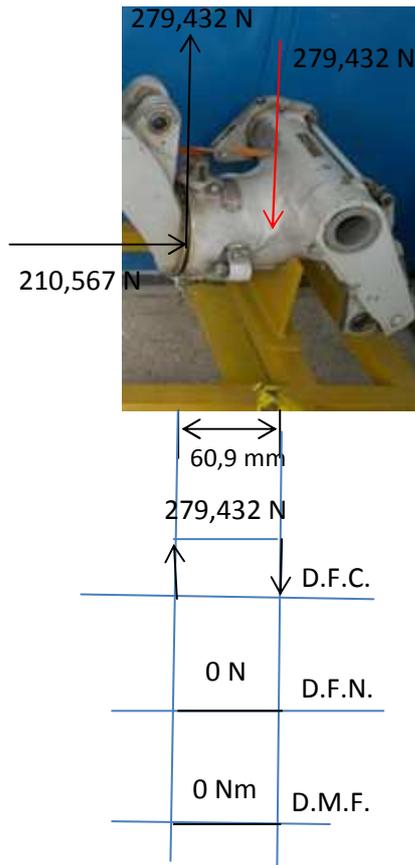


$$A = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} 55^2 = 2,3758 \times 10^3 \text{ mm}^2 = 2,3758 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\tau = \frac{297,787}{2,3758 \times 10^{-3}} = 125,34 \text{ KPa}$$

Entonces al final el esquema queda de la siguiente forma con sus respectivos diagramas de fuerza de corte, fuerzas normales y momento flector





Observamos en los Diagramas de fuerza corte, Fuerza normal que los valores máximos para estos son:

$$\begin{array}{l}
 \mathbf{F.C= 279.433} \\
 \\
 \mathbf{F.N = 210.567}
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} \mathbf{F.C= 279.433} \\ \mathbf{F.N = 210.567} \end{array}} \right\} \text{Fuerzas máximas}$$

⇒ Tenemos que el  $\sigma_{Tracción\ maxima}$  se da en el punto C de la estructura (Miembro a tracción o Tensión) y  $\tau_{Maxcorte}$  en el pasante ó tornillo en A.

$$\sigma_{maxCorte} = 16,63 \text{ KPa} \quad \tau_{maxCorte} = 125,34 \text{ KPa}$$

Tenemos que:

Densidad	Resistencia Última		Fluencia <sup>3</sup>
	Tensión Cortante	Compresión <sup>2</sup>	Tensión Cortante
Material (Kg/m <sup>3</sup> )	MPa Mpa	MPa	MPa Mpa
ACERO ✓ Estructural (ASTM –A36) 7860	400		250 145
Alta resistencia			
ASTM-A242 7860	480		345 205
ASTM-A441 7860	460		320
ASTM-A572 7860	415		290

**Tabla 2.6** Propiedades típicas de materiales seleccionados

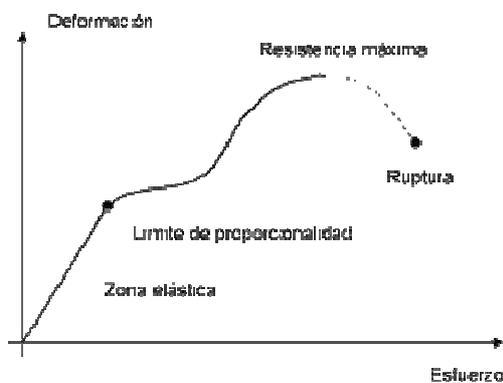
**Fuente:** Libro de Beer Jhonston

**Elaborado por:** Ángel Salazar



Tensión = 250 MPa  
Corte = 145 MPa

Comprobando los valores máximos en tensión y corte vemos que son menores a los de fluencia indicada en la tabla por lo tanto el Acero utilizado en la estructura no va a fluir.



**Figura:2.14** Esfuerzo vs Deformación

Fuente: <http://www.google.com.ec/imgres?q>

## Factores de seguridad, concepto y definición

La parte debe diseñarse para soportar una 'sobrecarga de diseño' algo mas grande que la carga normalmente esperada.

### Recomendaciones para seleccionar FS:

1. N= 1.25 a 1.5 para materiales excepcionalmente confiables que se usan bajo condiciones controladas y sujetos a cargas y esfuerzos que puede determinarse con certeza; usados en forma casi invariable donde el bajo peso es una consideración particularmente importante.

2. N = 1.5 a 2 para materiales bien conocidos, bajo condiciones razonablemente constantes del ambiente, sujetos a cargas y esfuerzos que pueden determinarse fácilmente.

3. N = 2 a 2.5 para materiales promedio que operan en ambientes comunes y sujetos a cargas y esfuerzos que pueden determinarse.

4. N = 2.5 a 3 para materiales frágiles o para los que no han sido examinados bajo condiciones promedio del ambiente, carga y esfuerzo.

5. N = 3 a 4 para materiales que no se han examinado y que se han usado bajo condiciones promedio de ambiente, carga y esfuerzo.

6. N = 3 a 4 debe usarse también con materiales mejor conocidos que se usarán en medios inciertos o estarán sometidos a esfuerzos indeterminados.

7. Cargas repetidas: los factores establecidos en los puntos 1 a 6 son aceptables, pero se deben aplicar a la resistencia a la fatiga y no a la resistencia a la fluencia.

Entonces el Factor de seguridad empleada en nuestra estructura según la fuente antes mencionada es

$$\sigma_{adm} = \frac{F_{ultimo}}{F.S} = \frac{400 \text{ MPa}}{1,25} = 320 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{F_{ultimo}}{F.S} = \frac{400 \text{ MPa}}{1,5} = 266,67 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{MAXT} = 16,63 \text{ KPa}$$

→ *σ Admisibles son relativamente grandes por lo tanto la estructura es segura.*

### 3.2.2 Cálculo de la soldadura del soporte

Para este efecto se considera que el electrodo utilizado es el E6011, que presenta una resistencia a la tracción de 60000 psi. La soldadura ha sido manufacturada íntegramente con este elemento de soldadura de modo que la resistencia de un punto de soldadura escogido por muestreo bajo el criterio de mayor soporte de carga será:

$$l := 50.8 \cdot 4 \text{ mm} = 0.203 \text{ m}$$

$$h := 10 \text{ mm}$$

$$P := 588 \text{ N}$$

$$\sigma_{\text{soldadura}} := \frac{P}{l \cdot h} = (2.894 \cdot 10^5) \text{ Pa}$$

Como el electrodo me da una resistencia de 413.6 MPa y la resistencia calculada es menor la soldadura se aprueba.

### 3.3 Diagrama de flujo operacional

#### 3.3.1 Simbología del proceso de construcción

Para la construcción del soporte debemos considerar que existen varias normas que debemos seguir para evitar daños materiales o personales, así que la construcción será un proceso de pasos y parámetros a cumplir, de manera que se ha diseñado un diagrama de proceso según la siguiente tabla:

Tabla 2.7 Simbología del proceso de construcción

FIGURA	DESIGNACION
	INICIO / FIN
	OPERACIÓN

	INSPECCIÓN Y VERIFICACIÓN
	CONECTOR
	ENSAMBLE

**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Ángel Salazar

### 3.4 Proceso de construcción

Una vez ya analizadas las alternativas disponibles y verificadas el comportamiento físico de la estructura, teniendo en consideración que cumple con las expectativas pensadas se procede a la obtención del material apropiado para la elaboración del soporte del tren de nariz.

Para la adquisición del material tomaremos como mejor opción conseguirlo desde la fábrica proveedora DIPAC para economizar gastos.

Además del material también tenemos el uso de herramientas y sus accesorios cambiantes tales como son discos de corte, de desgaste, electrodos entre otros. Estos son aditamentos de las maquinas a utilizar las cuales son de suma importancia para el proceso de realización del soporte las cuales se procedió a realizar cotizaciones en diferentes centros comerciales que se dedican al expendio de estos productos para ver la mejor propuesta económicamente.

Entre el material escogido para el soporte tenemos el tubo cuadrado con una medida de 2" x 2" x 2 con longitud de 6m cada uno, el cual se debió cortar a la medida que sea más factible en cuanto a su uso para no desaprovechar el material existente. A los cuales se procedió a marcar las diferentes distancias

donde se realizarían los cortes comenzando por uno de los extremos, aprovechando cada uno de los mismos como tal se muestra el siguiente cuadro.

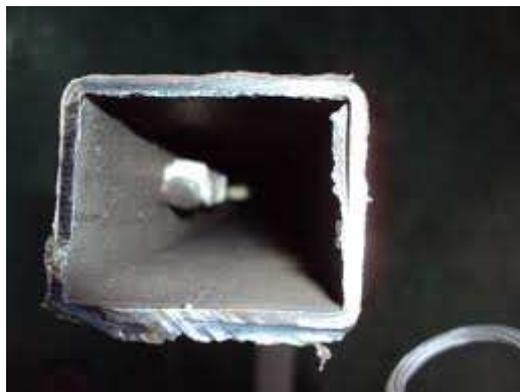
Tabla 2.8: Medición tubos

<b>CANTIDAD</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>TOTAL</b>
2	135 cm	270 cm
2	60 cm	120 cm
2	50 cm	100 cm

**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Ángel Salazar

Una vez trazada las medidas en el tubo se procede a realizar el corte con la ayuda de una amoladora y su disco de corte el cual incrementa la rapidez, efectividad y un menor esfuerzo físico en esta operación.



**Figura:** 2.15 Corte del tubo

**Fuente:** Ángel Salazar

Evitando de tal manera errores de corte que en la posteridad de su elaboración puedan ocasionar un descuadre de la estructura haciendo la inestable.



**Figura 2.16** Proceso de corte

**Fuente:** <http://t3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTT4s7pPRtBML>

Después de haber finalizado con los cortes y verificados sus longitudes pasamos a al paso de unión de sus partes cortadas.

Primeramente partimos desde la realización de su base colocando los tubos laterales de 135 cm c/u. los intermedios de 50 cm c/u, los frontales y posteriores de 60cm c/u de tal forma que su estructura coincida con lo ya premeditado con respecto a sus distancias y forma de tipo rectangular tome forma.

Para lo cual se realizara con la ayuda de una herramienta especial para sujeción como es el caso de la entenalla.

La entenalla mantiene las partes a unir estables para proceder a la unión mediante soldadura con el método punto de suelda, ayudándonos a armar la estructura ya que consecutivamente se procede a unir en su totalidad mediante la suelda las partes que quedaron en rellenar.



**Figura 2.17** Cordones de soldadura

**Fuente:** Ángel Salazar

Posteriormente se realizó aparte el ensamble de la base de sujeción lateral la cual consistía en 2 planchas 0.4 cm de espesor en una medida de 15cm x 15cm con un bocín de diámetro externo e interno de 2.6cm y 2.0 cm respectivamente con una longitud de 3cm.



**Figura 2.18** Proceso de ensamble de la base de sujeción lateral

**Fuente:** Ángel Salazar

Una vez ya efectuada esta operación unimos la base del soporte con sus respectivas bases de sujeción lateral y la base en U, para posteriormente.



**Figura 2.19** Proceso de ensamblaje

**Fuente:** Ángel Salazar

En la parte inferior se instalarán dos pares de ruedas que son el sustento de la estructura y de una lámina llana de acero en la parte inferior de toda la estructura.



**Figura 2.20** Ruedas industriales

**Fuente:** <http://t1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRBGcEFIMrYpiqkBhkxxg>

Se colocó garruchas según el peso que van a soportar y las condiciones de operación.

✓ RECOMENDABLE    ✗ NO RECOMENDABLE    ⓘ CONSULTAR CON NUESTRO DEPARTAMENTO TECNICO

TIPO DE RUEDA	CAPACIDAD DE CARGA KG.	SUPERFICIE DE TRABAJO											CONDICIONES AMBIENTALES								DUREZA (SHORE)  A-SHORE R-ROCKWELL BHN - BRINELL
		ACERO CORRUGADO	ALFOMBRA	ASFALTO	BALDOSA - LOSETA	CERAMICAS - MAYOLICAS	CONCRETO	LADRILLO VITRIFICADO	MADERA	TAPETE PLASTICO	ACETTE INDUSTRIAL	AMORTIGUACION DE CARGA	CONTACTO CON VAPOR	GRASAS ANIMALES	PROTECCION DE PISO	QUIMICOS	SUPERFICIE HUMEDA	TEMPERATURA ALTA	TRABAJO SILENCIOSO	VIRUTA METALICA	
AF	150-250	✓	ⓘ	ⓘ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	75-80 A
BA	50-500	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓	✗	ⓘ	ⓘ	ⓘ	✗	✓	214-230 BHN
BF	65-450	✗	ⓘ	✗	✓	✓	ⓘ	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✗	ⓘ	✗	✓	✗	✓	75-80 A
NEUMÁTICA	90-150	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓	65-70 A
NYLON	100-150	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	ⓘ	✗	✓	✗	60-70 D
PB	55-230	ⓘ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	ⓘ	✓	✓	✓	✓	✓	70-80 A
PR	75-500	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗	ⓘ	✓	ⓘ	✗	✓	✓	50-60 D
PU	75-680	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	ⓘ	ⓘ	✓	ⓘ	✗	✗	✓	90 A
SC	400-1.200	ⓘ	✓	✓	✓	✓	ⓘ	ⓘ	✗	✓	✗	ⓘ	✓	ⓘ	ⓘ	ⓘ	ⓘ	✗	✗	✓	90 A
ALTA TEMPERATURA	180-680	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✓	ⓘ	ⓘ	ⓘ	✗	✓	✓	50 D
MÉDICA	80-160	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	ⓘ	✓	ⓘ	✓	✗	✓	70 A
ANTIPINCHAZO NF	130	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓	50 -60 A

Figura2.21 Garruchas

Fuente: <http://www.ruedasygarruchas.com/index.php?option=com>

Se realizan las pruebas necesarias para probar que el soporte se encuentre bien conformado estructuralmente.

Finalmente se procede a pintarlo con un fondo anticorrosivo además de una pintura que permita identificar la estructura por seguridad de las personas a ocuparlo.



Figura 2.22 Estructura pintada

Fuente: Ángel Salazar

A continuación detallamos las diferentes herramientas y máquinas que se tomó para el empleo de construcción del presente proyecto, teniendo como objetivo representar de mejor forma los procesos de fabricación y poder así obtener una mejor interpretación.

Tabla 2.9: Herramientas

<b>NOMINACIÓN</b>	<b>HERRAMIENTA</b>
1	Flexómetro
2	Tiza industrial
3	Granete
4	Escuadra
5	Disco de corte
6	Disco de desbaste
7	Alicate de sujeción
8	Electrodos E 6011
9	Llaves # 13,14 y 15
10	Brocas para acero
11	Pistola de pintura
12	Anticorrosivo
13	Pintura amarilla

**Fuente:** Investigador.

**Elaborado por:** Ángel Salazar

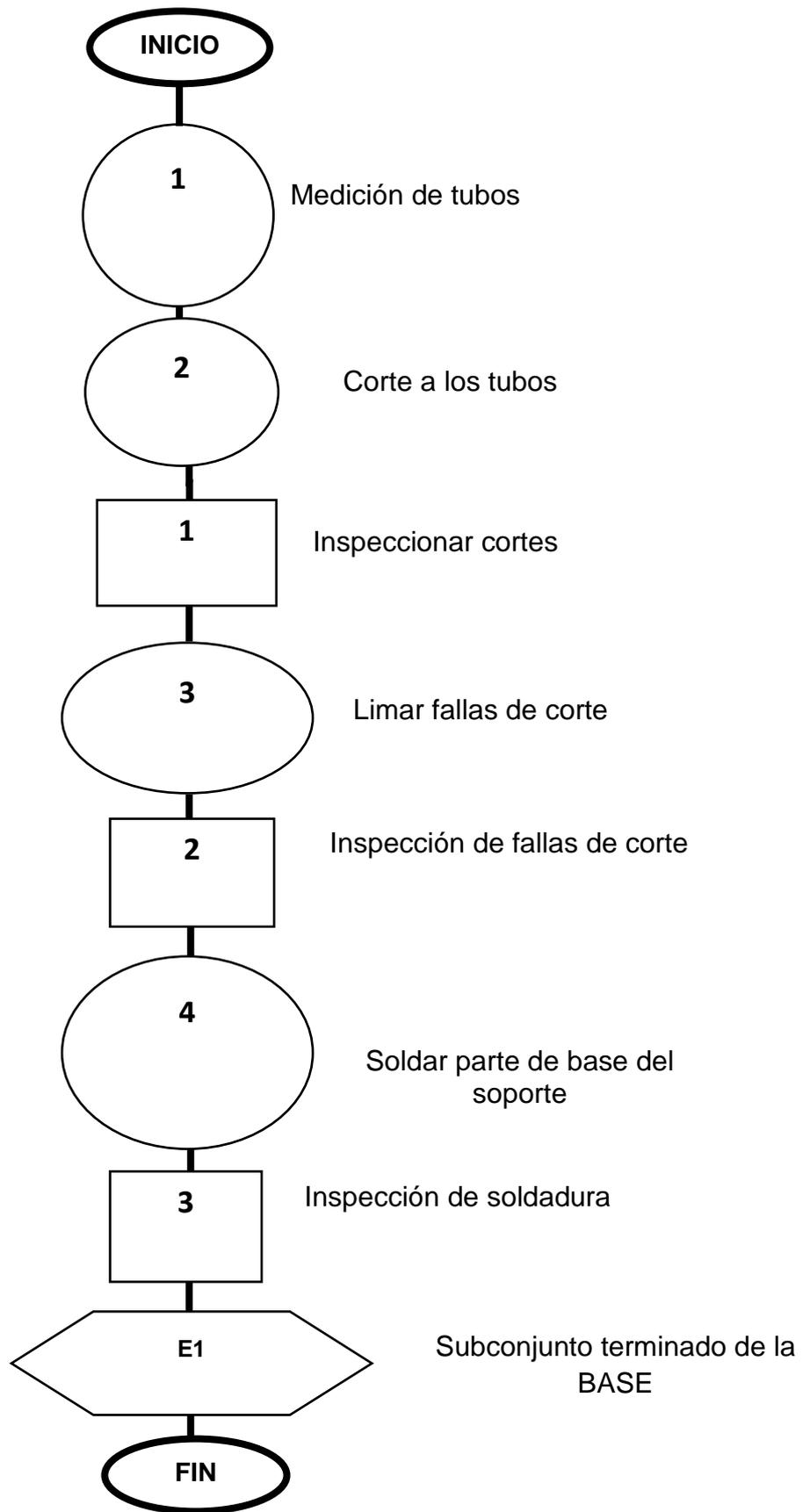
Tabla 2.10: Máquinas empleadas

<b>NOMINACION</b>	<b>MAQUINAS</b>
H-A	Amoladora
H-B	Soldadora
H-C	Taladro
H-D	Compresor

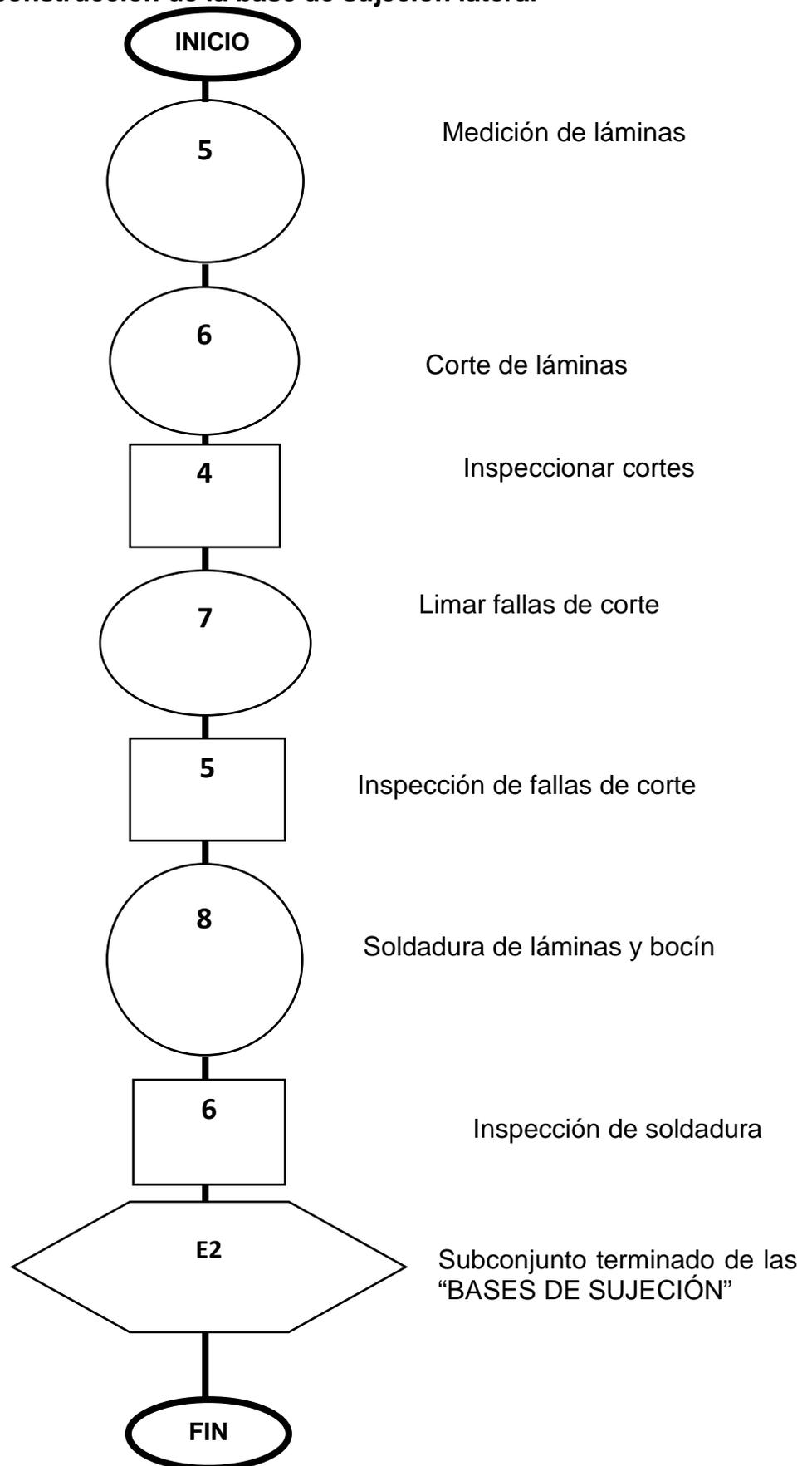
**Fuente:** Investigador.

**Elaborado por:** Ángel Salazar

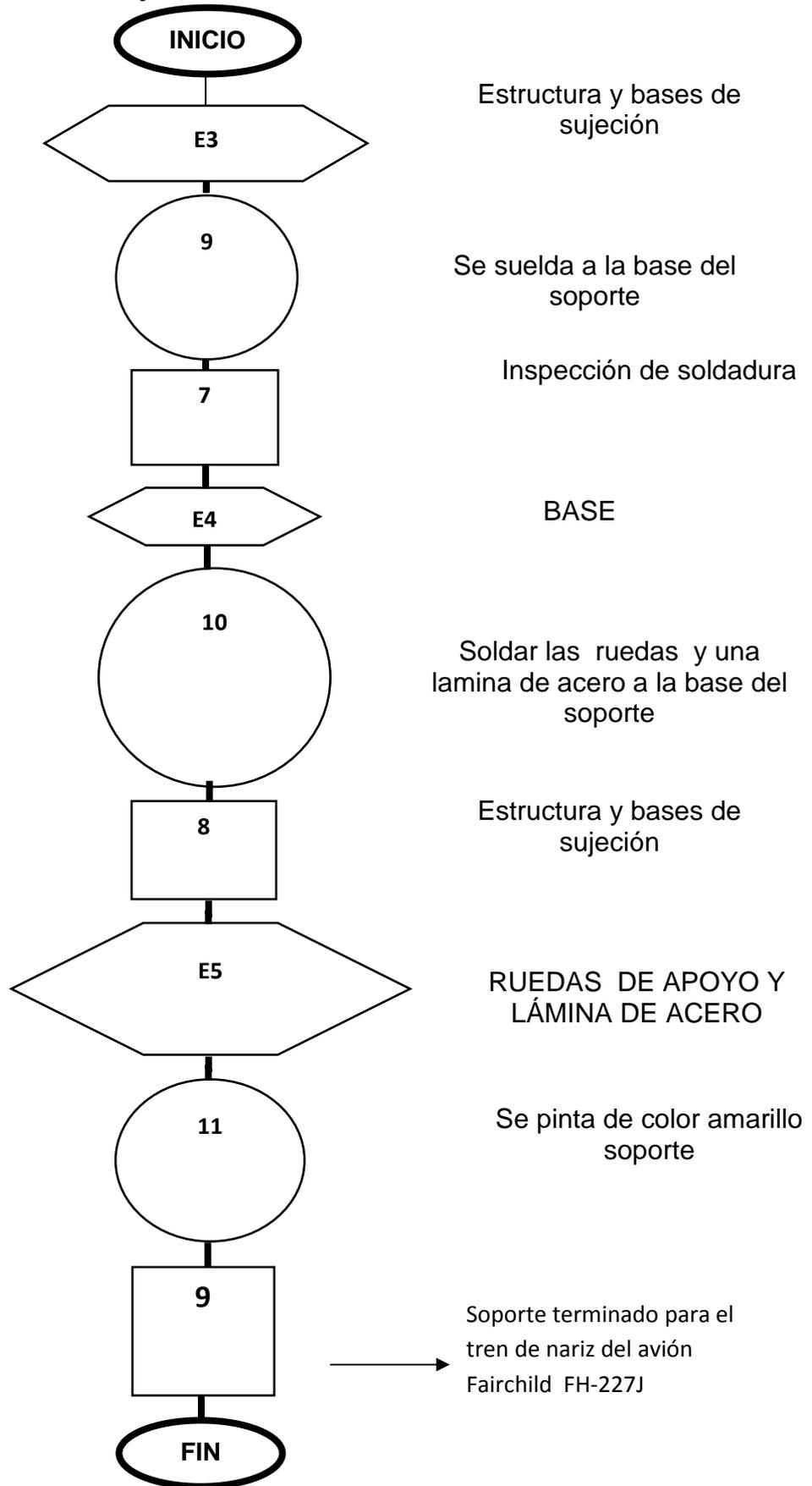
### 3.4.1 Proceso de construcción de la base del soporte



### 3.4.2 Proceso de construcción de la base de sujeción lateral



### 3.4.3 Proceso de ensamblaje de la estructura



### 3.5 Pruebas de Evaluación.

Después de haber culminado con la construcción del soporte se lo sometió a pruebas con cargas diferentes muy similares al peso del tren de nariz e incluido un peso adicional para medir su factor de seguridad.

Tabla 2.11: Pruebas realizadas

No.	PRUEBAS	CUMPLE	NO CUMPLE
		SI	NO
1	Seguridad	✓	
2	Estabilidad	✓	
3	Resistencia a la carga	✓	
4	Transportabilidad	✓	

**Fuente:** Investigación de campo.

**Elaborado por:** Ángel Salazar

Concluidas con las pruebas ya realizadas se procede a implementar protección extra en las partes donde irán asentadas las palas con el objetivo de impedir q las mismas se deformen o existan daños estructurales. Este procedimiento se lo expone en el Anexo.

### 3.6 Análisis económico

En el proceso del análisis económico se investigó el presupuesto monetario a invertirse durante todo los procesos como es la compra del material de construcción y los materiales para su elaboración, para ello se basó en proformas cotizadas, este proceso de desarrollo partiendo del estudio de factibilidad económica que se realizó en el anteproyecto.

### 3.6.1 Recursos

Los recursos humanos con los que se cuenta para la realización de este proyecto son el director de tesis y el investigador.

Tabla 2.12: Recursos humanos

<b>N°</b>	<b>Talento humano</b>	<b>Designación</b>
1	Ángel Salazar	Investigador
2	Ing. Félix Manjarres	Director del proyecto
3	Sgto. Arias	Personal Técnico

**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Ángel Salazar

### 3.6.2 Presupuesto

A continuación referente al análisis económico realizado, se presentan materiales y diferentes gastos en los cuáles se invirtió varias sumas de dinero para la correcta realización del presente proyecto, las cuáles presentan características técnicas y financieras personales necesarias durante este proceso.

A continuación se detallan los costos realizados durante la realización del proyecto.

### 3.6.3 Costos

Tabla 2.13: Costos primarios

No.	Razón de gasto	Costo (USD)
1	Equipos y herramientas	40.00
2	Tubos de acero 2"x2"x2	300.00
3	Gastos varios	40.00
<b>TOTAL</b>		<b>380.00</b>

**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Ángel Salazar

Tabla 2.14: Costos secundarios

Nº	Detalle	Costo(USD)
1	Alimentación	50.00
2	Transporte	60.00
3	Aranceles de Grado	300.00
4	Impresiones y anillados	50.00
5	<b>TOTAL</b>	<b>460.00</b>

**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Ángel Salazar

Tabla 2.15: Costo Total

No.	Razón de gasto	Costo (USD)
1	Costos primarios	380.00
2	Costos secundarios	460.00
<b>TOTAL</b>		<b>840.00</b>

**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Ángel Salazar

## CAPÍTULO IV

### 4.1 Conclusiones

- Se elaboró un modelo de soporte para el tren de nariz del avión Fairchild FH-227J cumpliendo con las especificaciones y necesidades encontradas durante el desarrollo del mismo.
- Se escogió de la forma apropiada los materiales resistentes para la estructura a construir teniendo en cuenta su seguridad y economía.
- Se construyó un soporte para el tren de nariz del avión Fairchild FH-227J con el fin de incrementar material didáctico para el instituto.
- Con el trabajo realizado en este documento, se concluyó que es importante realizar un diseño estructural en un programa computacional, lo que motivará a los estudiantes a actualizarse y a poner empeño en programas de computación.
- Realizadas las pruebas del soporte con total éxito, podemos concluir que el soporte es seguro.
- En el análisis de distribución de fuerzas se comprobó que el diseño de la estructura es adecuado para el tren de nariz del avión Fairchild, y además que es óptimo para trabajar en el ya que aguanta cargas mayores a las de su peso.

## **4.2 Recomendaciones**

- Para el prolongar la vida útil del soporte es aconsejable utilizarlo únicamente para el tren de nariz del avión Fairchild FH-227J para evitar daños estructurales.
- Se recomienda realizar continuos chequeos en las partes móviles del soporte, tales como son las ruedas.
- Antes de trasladar el soporte verificar que el seguro de la tiradera este en su posición correcta
- Para manipular el soporte siempre llevar puesto el equipo de protección personal.
- Colocar siempre los pasadores de seguridad en el soporte.

## **GLOSARIO**

Agilizar: Hacer rápido un proceso.

Antecedentes: Informes, historial, circunstancias, referencias

Aptitud: Capacidad para realizar satisfactoriamente una tarea o desempeñar un cargo.

Avión.- Vehículo con alas, más pesado que el aire, que vuela generalmente propulsado por uno o varios motores y se usa para el transporte aéreo.

Capacidad: Posibilidad que tiene algo de contener en su interior otras cosas; máximo número de bits almacenable en una memoria

Comando: Instrucción u orden que se da a un ordenador introduciéndola mediante el teclado y pulsando la tecla Intro o Return, y que es interpretada y ejecutada por la máquina.

Complementar: Poner un complemento o mejora a una cosa, añadirle algo para completarla.

Concretar: Reducir una cosa dicha o escrita a lo esencial, resumir.

Cuantioso: Que es grande en cantidad o número.

Defectuosa: Imperfecto, insuficiente, con taras.

Equipo de seguridad: Dispositivos de carácter especializado que se utilizan, individualmente o como parte de un sistema, en la prevención o detección de actos de interferencia ilícita en la aviación civil y sus instalaciones y servicios.

Evaluar: Analizar una cosa para determinar su valor, importancia o trascendencia, apreciación, valoración.

Factibilidad: Se refiere a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señalados.

Fortalecer: Dar fuerza.

Mantenimiento.- Conservación de una cosa en buen estado o en una situación óptima para evitar su degradación.

Proceso: Conjunto de operaciones lógicas y aritméticas ordenadas cuyo fin es la obtención de unos resultados determinados.

Seleccionar: Elegir, escoger a personas o cosas entre todas las de su especie por considerarlas más adecuadas.

Sistematización: Ordenamiento y clasificación bajo determinados criterios, relaciones y categorías de todo tipo de datos. Por ejemplo, la creación de bases de datos.

Soldadura: Es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos materiales, usualmente logrado a través de la coalescencia (fusión), en la cual las piezas son soldadas fundiendo ambas y pudiendo agregar un material de relleno fundido (metal o plástico).

Tipificar: Clasificar u organizar en tipos o clases una realidad o un conjunto de cosas.

## BIBLIOGRAFÍA

- [http://www.construmatica.com/construpedia/Uniones\\_por\\_Soldadura](http://www.construmatica.com/construpedia/Uniones_por_Soldadura)
- <http://www.wordreference.com/definiciones>
- CALCULO ESTRUCTURAL CONSTRUCCION Y NORMATIVA

Javier Pajón Permuy

- RESISTENCIA\_DE\_MATERIALES\_\_SINGER\_4ED
- DISEÑO EN INGENIERIA MECÁNICA SHIGLEY
- Estructuras de acero – ANALISIS Y DISEÑO

Stanley W. Crawel - Robert M. Dillon

- <http://www.garruchasyequipos.com/ruedasIndustriales.htm>
- [http://www.ruedasygarruchas.com/index.php?page=shop.product\\_details&flypage=flypage.tpl&product\\_id=66&category\\_id=20&option=com\\_virtuemart&Itemid=60](http://www.ruedasygarruchas.com/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=66&category_id=20&option=com_virtuemart&Itemid=60)
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Viga>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura>

## Guías de mantenimiento, operación y seguridad

<b>ITSA</b>  	Manual de Operación		Revisión No: 01
	SOPORTE DE ACERO		
	Elaborado por: Salazar Ángel.		
	Aprobado por: Ing. Félix Manjarrés.	Fecha: 14/02/2012	Fecha:
<p><b>Objetivo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Aplicar todos los procesos adecuados de operación al momento de colocar el tren de aterrizaje en el soporte.</li> </ul> <p><b>Proceso del uso del soporte del tren de nariz:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verificar que el soporte se encuentre con sus partes de sujeción.</li> <li>2. Asegurar los puntos de sujeción.</li> <li>3. Tener la herramienta adecuada para ajustar las partes de sujeción.</li> <li>4. Adecuar el soporte en un sitio donde sea fácil la colocación del tren y que no presente un obstáculo.</li> <li>5. Quitar las partes que se desprenden del sitio de sujeción.</li> <li>6. Colocar adecuadamente en tren de aterrizaje en los puntos de sujeción.</li> <li>7. Colocar las partes que se quitaron nuevamente en el soporte para su sujeción.</li> <li>8. Apretar con la herramienta los puntos de sujeción para que quede asegurado el tren al soporte.</li> </ol> <p><b>FIRMA DE RESPONSABILIDAD</b> _____</p>			
<b>ITSA</b>	Manual de Mantenimiento		

	<b>SOPORTE DE ACERO</b>		Revisión No: 01
	Elaborado por: Salazar Ángel.		
	Aprobado por: Ing. Félix Manjarrés.	Fecha: 14/02/2012	Fecha:

**Objetivo:**

- ❖ Tomar las precauciones necesarias para mantener en buen estado el soporte de acero, para preservar su vida útil.

**Acciones de mantenimiento**

1. Comprobar el correcto estado de los puntos de sujeción, que no se encuentren con corrosión, alguna rajadura o algún tipo de daño.
2. Verificar que en las uniones de la soldadura no exista costes, rajaduras o algún desprendimiento.
3. Observar que los pernos de sujeción y otros se encuentren en un buen estado, tomando en cuenta los hilos del perno con su tuerca y evitar algún mal funcionamiento por el motivo de estar oxidados o aislados y en el caso de tener algún tipo de daño reemplazarlos por otros en buen estado.
4. Revisar la estabilidad del soporte con respecto al suelo, observando que no exista ningún tipo de pandeo.
5. Verificar que el soporte no presente algún tipo de oxidación.
6. Realizar un chequeo rápido antes y después de usarlo para mantener el soporte en óptimas condiciones.

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

# ANEXOS

# ANEXO A

# FOTOS DEL

# TREN



VISTA LATERAL DERECHA



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL IZQUIERDA



VISTA SUPERIOR

# **ANEXO B**

# **PLANOS DEL**

# **SOPORTE**

# ANEXO C

# HOJA DE

# VIDA

## HOJA DE VIDA

### DATOS PERSONALES

NOMBRE: SALAZAR HERRERA ANGEL ANDRÉS

NACIONALIDAD: ECUATORIANA

FECHA DE NACIMIENTO: 16 DE MAYO 1990

CÉDULA DE CIUDADANÍA: 171543680-2

TELÉFONOS: 097003440

CORREO ELECTRÓNICO: santana\_90fenix@hotmail.com

DIRECCIÓN: Carapungo

### ESTUDIOS REALIZADOS

Primaria:

Centro Educativo Integral Antonio Flores (1996-2002)

Secundaria:

Colegio Técnico Experimental de Aviación Civil (2002-2008)

Superior:

Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (2008-2011)

### TÍTULOS OBTENIDOS

Bachiller en Ciencias Básicas

Suficiencia en el idioma inglés del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico

### EXPERIENCIA PROFESIONAL O PRÁCTICAS PREPROFESIONALES

- Servicio Aeropolicial
- Saereo S.A
- Saereo S.A
- Ala de Transporte N° 11

## **EXPERIENCIA LABORAL**

- Servicio Aeropolicial
- Saereo S.A
- Saereo S.A
- Ala de Transporte N° 11

**HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS**

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

---

**Angel Andrés Salazar Herrera**

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

---

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

---

Latacunga, 27 de abril de 2012

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

Yo, Salazar Herrera Angel Andrés, Egresado de la carrera de Mecánica Aeronáutica, en el año 2012, con Cédula de Ciudadanía N°171543680-2, autor del Trabajo de Graduación Construcción de un soporte para el tren de nariz del avión Fairchild fh-227 con matrícula HC-BHD para ser trasladado del ala de transporte n°11 hasta el campus del instituto tecnológico superior aeronáutico, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

---

**Angel Andrés Salazar Herrera**

---

Latacunga, 27 de abril de 2012